

Е. Э. Смирнова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Е. Э. Смирнова

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Монография

Санкт-Петербург
2024

УДК 502.72:502+504

ББК 65.9.23:65.28-21

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *Н. В. Мензелинцева*
(Волгоградский государственный университет);

д-р экон. наук, профессор *И. П. Нужина*
(Томский государственный архитектурно-строительный университет)

Смирнова, Е. Э.

Экологические стандарты управления качеством окружающей среды : монография / Е. Э. Смирнова ; под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора А. Н. Ларионова ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2024. – 537 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1361-0

Рассмотрены общие теоретические вопросы, особенности функционирования и улучшения международных и национальных систем стандартизации управления качеством окружающей среды. Анализируются основные понятия и базовые принципы концепции устойчивого развития и «зеленой» экономики. Учет требований «зеленых» стандартов (LEED, BREEAM, DGNB, CASBEE, GREEN ZOOM, ГОСТ Р 54964–2012, ГОСТ Р 70346–2022 и др.) позволяет оценить соответствие объектов строительства и технологий их возведения целям экологической безопасности.

Изучены системы экологической сертификации в сфере строительства с помощью рейтинговых показателей: сферы применения, структуры разделов и критериев оценки, процесса и результата сертификации. Представлены алгоритмы моделирования и методы прогнозирования для обеспечения экологической безопасности строительства.

Будет полезна студентам, обучающимся по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 20.04.01 «Управление техносферной безопасностью», а также преподавателям и специалистам в области экологической безопасности.

Табл. 95. Ил. 74. Библиогр.: 411 назв.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

ISBN 978-5-9227-1361-0

© Смирнова Е. Э., 2024

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2024

Введение.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В XXI в. строительная отрасль оказала значительное негативное влияние на сохранение окружающей среды и устойчивое развитие во всем мире. За 1990–2017 гг. энергетические выбросы углерода в мире возросли на 60 %. Согласно отчету Глобального альянса по зданиям и строительству, в 2020 г. на строительный сектор приходилось 36 % мирового конечного потребления энергии и 37 % глобальных выбросов CO₂, связанных с энергетикой [1].

В разных странах мира разрабатываются стратегии низкоуглеродного развития, в рамках которого строительство все больше становится энергоэффективным и ресурсосберегающим с полной перестройкой прежней энергосистемы. Активизация структурного энергетического фактора основана на переходе к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), масштабной электрификации (в том числе и транспорта) с целью сокращения парниковых газов и т. п.

Международное энергетическое агентство IEA приняло два основных сценария развития энергетики и динамики выбросов CO₂ [2]. Основной сценарий (Stated Policy Scenario, SPS) связан с ростом ежегодных инвестиций в сферу энергетики. Если в 2014–2018 гг. в мировую энергетику ежегодно направляли в среднем 2,1 трлн долл., то к 2040 г. объем финансовых вливаний возрастет до 2,7 трлн долл. Предполагается удержание прироста углеродного следа за счет ужесточения экологических стандартов и технических регламентов.

Устойчивый целевой сценарий (Sustainable Development Scenario, SDS) связан с удержанием прироста среднемировой температуры в пределах 1,5 °C относительно доиндустриального уровня, резким сокращением энергетических выбросов CO₂ в три раза относительно текущего уровня (около 10 млрд т CO₂-экв. к 2050 г.). Переход от основного к устойчивому сценарию планируется за счет повышения энергоэффективности (37 %), широкомасштабного внедрения ВИЭ (32 %), всех остальных факторов (31 %). Все это потребует еще больших среднегодовых капиталовложений (3,2 трлн долл., т. е. почти на 60 % больше, чем в настоящее время). Очевидно, что в контексте

мер по сокращению выбросов парниковых газов и переходу к глобальному устойчивому развитию повышение энергоэффективности выступает одним из главных факторов модернизации строительной индустрии.

Экологичное строительство считается жизненно важным методом смягчения антропогенного воздействия на окружающую среду. Оно обеспечивает экологическую безопасность, энергосбережение, использование экологически чистых материалов, технологий и инновационных систем (эффективного охлаждения, освещения и др.), снижение загрязнения, здоровую жилую среду, комфортные условия эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла. По сравнению с традиционным строительством «зеленые» здания имеют ряд существенных преимуществ, в том числе: низкое негативное воздействие на окружающую среду, отсутствие выбросов токсичных газов, приоритет переработанным материалам и использованию возобновляемых источников энергии, благополучию и высокой удовлетворенности пользователей и жителей.

Антропогенное загрязнение экосистем стало причиной того, что большинство традиционных зданий «больно». Имея замкнутое искусственное воздухообеспечение с ограниченным контролем качества воздуха, кондиционирование с микробиологическим загрязнением, такие сооружения создают условия для появления всевозможных синдромов и заболеваний (аллергии, головных болей, депрессии, профессионального выгорания и пр.). «Зеленые» дома снижают синдром «больного» здания, улучшая качество внутренней среды, адаптационный комфорт, акустический, визуальный и тепловой. Ощущение комфорта, эстетический вид здания, инсоляция в совокупности создают психологически гармоничную среду обитания, ощущение пребывания человека среди природы. Возведение мультикомфортной застройки приводит к минимизации не только экологических, но и экономических (окупаемости инвестиций для застройщиков) и социальных (улучшению состояния здоровья жильцов) последствий строительства. Таким образом, это – «здоровые» объекты, спроектированные и построенные ресурсосберегающим образом с использованием экологических принципов. Стоит добавить, что термин «зеленое» строительство часто заменяется понятиями «устойчивое строительство» и «высокоэффективное строительство» [3–5].

Чтобы оценить экологические качества строительной продукции и услуг, существуют системы их стандартизации и рейтинга. Речь идет о методах, используемых для сертификации «зеленых» зданий и служащих средством снижения техногенного воздействия проектов на протяжении всего их жиз-

ненного цикла. Рейтинговые системы измеряют эффективность строительных активов по целому ряду принципов устойчивого развития. Интегрированный процесс оценки начинается с создания ресурсосберегающих проектов командой разработчиков и всех заинтересованных лиц, экологически ответственных на всем протяжении сертификации: от концептуальных планов до проектирования, строительства, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и сноса. Основной причиной создания рейтинговых систем стала необходимость более четкого определения, реализации и измерения (качественного и количественного) экологических целей. Некоторые рейтинговые системы основаны на нескольких критериях и сосредоточены исключительно на воде или энергии, в то время как другие представляют собой многокритериальные системы, учитывающие не только воду и энергию, но и выбросы, токсичность, общие экологические, экономические и социальные показатели. Несмотря на то что философия, подход и метод сертификации различаются в зависимости от рейтинговой системы, общая цель заключается в том, что сертифицированные проекты предназначены для снижения общего техногенного воздействия искусственной среды на природную, для улучшения здоровья и благополучия людей.

Существует ряд факторов, которые следует учитывать, чтобы определить, какую рейтинговую систему следует использовать для сертификации здания. Во-первых, имеет значение, какая организация проводит оценку и проводится ли она первой, второй или третьей стороной. Во-вторых, тип системы сертификации, используемой для проекта, зависит от конкретного проекта, поскольку ни один из «зеленых» протоколов не является универсальным. Некоторые рейтинговые методики оценивают дома на одну семью и коммерческие здания, в то время как другие – целые районы и сообщества. Есть системы, доступные для нового строительства и капитального ремонта. Они сосредоточены на решениях, принятых в процессе планирования и проектирования, и действиях, предпринятых в ходе строительства (с оценкой всего жизненного цикла и без него). Другие системы разрабатываются для существующих зданий и ориентированы на эксплуатацию и техническое обслуживание на протяжении всего срока службы объекта. Динамический характер проектов может соответствовать одному рейтингу, но благоприятствовать другому. В конечном счете выбор зависит от уникальности каждого проекта, а также его потребностей и требований, таких как местоположение, размер, бюджет и общие цели. Сравнивая основные требования стоимости, простоты использования и характеристик здания, можно принять решение

о том, какой «зеленый» протокол оценки подходит и какой уровень сертификации возможен.

В мире существует около 600 рейтинговых систем. К ведущим инструментам оценки экологически чистых зданий относятся: LEED и LBC (США), BREEAM (Великобритания), Green Globes (Канада), CASBEE (Япония), ITACA (Италия), DGNB (Германия), HQE (Франция), Green Star (Австралия), VERDE (Испания), Green Mark (Сингапур), AQUA (Бразилия), Estidama Pearl (ОАЭ) и ряд других уникальных систем оценки – BEAM Plus (Гонконг), GBI (Малайзия), CSUS/GBC 07–2015 (стандарт Макао), EDGE (Латинская Америка), GSAS (Ближний Восток и Северная Африка), GRINA (Индия) и т. д.

Все эти инструменты оценки «зеленого» строительства являются скорее добровольными, чем обязательными. Они были разработаны советом по экологическому строительству в каждой стране/регионе. Оценка проводится аккредитованными специалистами, уполномоченными советами по экологическому строительству. Всемирный совет по экологическому строительству WGBC был создан для координации усилий различных советов по экологическому строительству во всем мире. Структуры протоколов «зеленого» строительства во многом схожи, т. е. охватывают различные аспекты устойчивости, количество кредитов, доступных в каждой категории, различные инструменты оценки для различных типов проектов. BREEAM была первой рейтинговой системой, разработанной в начале 1990-х гг., и за ней последовало множество других методологий [6].

Сертификация обеспечивает проверку достижения экологических целей и является ценным маркетинговым инструментом для владельцев, а также для проектных и строительных групп в процессе разработки экологических зданий. Сертификация также может быть способом побудить клиентов, владельцев и пользователей продвигать высокоустойчивые методы строительства и минимизировать экологические и социальные последствия строительных проектов.

Рейтинговые системы определяют, какие экологические стандарты необходимо соблюдать и какие типы продуктов должны быть включены в строительные спецификации. Экономические и экологические преимущества устойчивого проектирования, часто достигаемые за счет сертификации экологически чистых зданий, были определены количественно и послужили для продвижения новых проектов.

Многочисленные исследования показали, что энергию, углерод, воду и отходы можно сократить, что приведет к экономии затрат на 40–60 %.

Эксплуатационные расходы «зеленых» зданий могут быть снижены на 8–13 % при увеличении их стоимости до 7,5 % по сравнению с обычными зданиями. Во многих экологических зданиях наблюдается увеличение рентабельности инвестиций до 10 %, заполняемости на 6 % и арендной платы на 3 %. Другие преимущества «зеленых» зданий, такие как более высокая их производительность, улучшение здоровья жильцов, защита окружающей среды, интеграция и оптимизация, объясняются лучшим качеством внутренней среды, увеличением естественного дневного освещения и более «здоровыми» материалами и продуктами, не содержащими формальдегид или летучие органические соединения (ЛОС) с их способностью оказывать долгосрочное хроническое воздействие на организм человека. Стоит отметить, что сертификация в большинстве случаев является добровольным процессом, но в последнее время она стала стандартом для строительных проектов и требованием для многих частных и государственных зданий.

Оценка эффективности (показателей производительности) в рейтинговых системах строится на двух видах подходов.

Первый основан на многокритериальной кредитной системе, в которой несколько кредитов в установленных категориях оценивают уровень устойчивости, и затем проекту присуждаются баллы. Эта система следует предписываемому пути, оценивая, реализует ли проект функции достижения приоритетов и целей в области экологически чистого строительства, «зеленых зданий» и экологической устойчивости. Например, воздействие на окружающую среду в рейтинговой системе LEED оценивается по следующим критериям: интеграционный процесс (2 балла), местоположение и транспорт (18 баллов), эффективность использования воды (12 баллов), энергия и атмосфера (38 баллов), материалы и ресурсы (13 баллов), качество внутренней среды (17 баллов), инновации процесса проектирования (6 баллов, включая пилотный кредит до 5 баллов за образцовое представление инноваций в дизайне) и региональные приоритеты (4 балла). Общая оценка является суммой баллов по каждому критерию. Всего имеется четыре возможных уровня сертификации – рейтингов экологичности: платиновый (≥ 80 points-баллов), золотой (≥ 60), серебряный (≥ 50) и сертифицированный (≥ 40).

Второй подход основан на количественных показателях с помощью процедуры оценки жизненных циклов (ОЖЦ, LCA). Анализ LCA является научным методом и более сложен. Эта система следует по пути производительности, рассматривая функционирование и работу проекта. Устойчивость здания можно оценить с помощью нескольких методов и инструментов

маркировки, которые характеризуются различными кредитами, весами (взвешиванием), процедурами расчета и анализом эффективности. Эти различия могут повлиять на окончательные оценки и уровень устойчивости, достигнутый каждым проектом.

Кроме того, методы оценки определяются в соответствии с местным климатом и географическими условиями, что приводит к адаптации устойчивости к местному или национальному уровню. Даже ранжирование критериев адаптировано к местным условиям и может не совпадать на международном уровне. Как бы то ни было, на глобальном уровне устойчивое строительство представляет собой проблему, хотя и сопоставимо в разных условиях и странах, несмотря на различия в характеристиках и методах. Анализ отдельных фаз и жизненного цикла в целом (преимущественно новых и эксплуатируемых зданий) в монографии уделяется пристальное внимание.

Системы оценки зданий находятся в состоянии изменений и эволюции и продолжают совершенствоваться, чтобы отражать новые стандарты и цели для достижения все более высоких уровней устойчивости на глобальном уровне. Поэтому исследовались как прежние, так и самые последние версии систем, чтобы понять требования, необходимые для достижения наилучших результатов.

В связи с изложенным монография разделена на главы, чтобы, во-первых, раскрыть основные понятия и базовые принципы концепции устойчивого развития; во-вторых, перейти к анализу типов национальной сертификации в сфере экологического менеджмента и «зеленого» строительства; наконец, в-третьих, исследовать аналитические оптимизационные и имитационные модели и методы прогнозирования для обеспечения экологической безопасности строительства. «Зеленое» строительство, как и обычное, типовое, остается в зоне риска, так как любая стройка оказывает воздействие на окружающую среду, вызывая отрицательные или положительные изменения [7]. Экологические преимущества «зеленых» зданий значительны, однако их возведение имеет и «теневую» сторону, о которой почти ничего не известно. Фоновое значение риска присуще всей природно-технической системе, т. е. опасность и ущерб заложены в любое отношение (даже «зеленое») к природной среде, потенциально присутствуя в неопределенной степени. Невозможно точно предсказать исход будущих событий, связанных с устойчивым развитием. Такого рода неопределенность характеризуется распределением вероятностей, которое основано на сочетании предшествующего опыта аналитика и исторических данных. Но в условиях неопреде-

ленности полностью отсутствует фоновая информация о событии, даже если оно было идентифицировано. Учет же неопределенности – одно из главных требований системного подхода. В этой связи разработка имитационной модели управления рисками в стандартах безопасности и вопросы экологического менеджмента обеспечивают перманентную адаптивность прогнозного инструментария к реальным условиям развития строительства. Данное обстоятельство представляется важным для понимания систем оценки риска в экологических стандартах.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И «ЗЕЛЕННОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

1.1. Траектории ресурсозависимой экономики: риски истощения и обесценивания природной среды

Сегодня существует опасная асимметрия в том, как мы измеряем, и, следовательно, в том, как мы думаем о ценности природных ресурсов. Почти все компоненты экосистемы находятся под растущим давлением человеческой деятельности, и их количество или качество ухудшаются. Страна может исчерпать свои минеральные ресурсы, вырубить свои леса, разрушить свои почвы, загрязнить свои водоносные горизонты и уничтожить свою дикую природу и рыбные запасы, но исчезновение этих активов не повлияет на измеряемый доход. В основе этой аномалии лежит неявное ложное предположение, что природные ресурсы настолько богаты, что не имеют никакой предельной ценности. Это недоразумение. Независимо от того, выходят ли они на рынок напрямую или нет, природные ресурсы вносят важный вклад в долгосрочную экономическую продуктивность и, строго говоря, являются экономическими активами [8; 9, с. 48–61].

Еще одно заблуждение лежит в основе утверждения о том, что природные ресурсы являются «бесплатными дарами природы». Искусственные активы, например здания и оборудование, оцениваются как производительный капитал и списываются за счет стоимости продукции по мере их износа. Тем самым признается, что уровень потребления, поддерживаемый за счет использования основного капитала, превышает устойчивый уровень дохода. Активы же природных ресурсов не оцениваются таким образом, и их потеря не влечет за собой дебетовых отчислений (куда вносятся все получаемые ценности, долги и расходы) против текущих доходов, которые объясняли бы снижение потенциальной добычи в будущем.

Таким образом, в том же смысле, в каком обесценивается машина, почвы обесцениваются по мере того, как снижается их плодородие, поскольку они могут производить только при более высоких затратах или более низкой урожайности. Эта разница в отношении к природным ресурсам и другим материальным активам усиливает ложную дихотомию между экономикой и окружающей средой, которая заставляет власть игнорировать или уничтожать последнюю во имя экономического развития, а предприниматели путают истощение ценных активов с получением дохода. Ими продвигается идея о том, что быстрые темпы экономического роста могут быть достигнуты и поддерживаться за счет эксплуатации ресурсной базы. Результатом могут стать иллюзорный прирост дохода и необратимая потеря природных богатств [10, 11].

Действительно, активы природных ресурсов законно используются для финансирования экономического роста, особенно в странах, зависящих от добычи полезных ископаемых. Доходы, полученные от добытых ресурсов, финансируют инвестиции в промышленные мощности, инфраструктуру и образование. В национальных счетах доходы и инвестиции будут расти по мере строительства зданий и сооружений, но доходы также будут расти по мере вырубки леса. Стоимость древесины за вычетом стоимости любых промежуточных закупок (например, бензина и масла для бензопил) будет отнесена на счет добавленной стоимости в лесозаготовительной отрасли. В результате хозяйственной деятельности человека исчезнет лес, однако потеря столь ценного актива нигде не будет отражена. Скажем, если токсичные вещества просочатся со свалки, загрязняя почву, в водоносные горизонты, измеряемый доход, увы, не снизится, несмотря на возможное серьезное ухудшение жизненно важных экосфер. Миллионы будут потрачены на устранение загрязнений, однако при прочих равных условиях измеряемый доход возрастет, потому что такие расходы считаются покупками конечных товаров и услуг. Еще одно противоречие: если за очистку берется сама промышленная компания, пусть даже и по решению суда, доходы, как ни удивительно, не возрастут, потому что те же расходы считаются промежуточными производственными издержками, если они осуществляются предприятиями [12, 13].

Это может привести к серьезным ошибкам в оценке потенциала развития ресурсозависимой экономики из-за смешения валового (амортизация рассматривается как часть нового дохода) и чистого накопления (амортизация как затраты, связанные с заменой изношенного основного капитала, которые должны быть вычтены из общей величины инвестиций для оценки «реальной» стоимости) капитала [14]. Кроме того, если доходы от истощения

природных запасов будут использоваться для финансирования текущего потребления, тогда экономическая траектория в конечном итоге окажется неустойчивой. В этом заключается вся суть ресурсопотребляющей экономики: по факту потери природных компонентов национальный доход зарегистрировал бы только прирост от их употребления [15–18].

Амортизационные счета отражают тот факт, что, если основные фонды не будут поддерживаться и заменяться, будущие возможности потребления неизбежно уменьшатся. В ресурсозависимых странах неспособность распространить эту концепцию амортизации на основные фонды, воплощенные в природных ресурсах, которые являются столь значительным источником дохода и потребления, говорит о растущих рисках обесценивания окружающих экосистем ради неустойчивого финансирования текущих расходов на развитие [19].

Многие страны в настоящее время сильно зависят от полезных ископаемых. Они истощают активы природных запасов, используя доходы как для финансирования потребления, так и для субсидирования инвестиций, имеющих небольшую экономическую ценность или не имеющих никакой экономической ценности. Вследствие нерационального обращения с экосистемами значительно возрастают риски, связанные с обеспечением экологической безопасности [20–24]. Поэтому уместно увязывать и далее сравнивать валовые внутренние инвестиции со стоимостью истощения природных ресурсов. Если валовые инвестиции меньше, чем истощение ресурсов, то в итоге страна сокращает, а не наращивает свою базу активов и использует свои природные ресурсы для неустойчивого финансирования текущего потребления.

Курс на истощение экосистемы компенсирует значительную часть валового накопления капитала, вместе с тем, как уже отмечалось, чистые инвестиции могут быть отрицательными. Другими словами, текущее увеличение производства, например нефти и газа, вопреки долгосрочному обеспечению требований экологической безопасности достигается почти полностью за счет потенциального будущего производства. Поскольку население страны вряд ли в ближайшем будущем будет меньше, чем сейчас, процессы загрязнения и эрозии почв, нарушение структурного равновесия подземных вод и их связи с водными экосистемами из-за добычи полезных ископаемых представляют собой перенос богатства из будущего в настоящее. Вот почему, игнорируя будущие затраты на рекультивацию обширных загрязненных, разрушенных, истощенных территорий, отчеты, например по нефтегазовому сектору, будут неизбежно завышать рост своих доходов. Например, Д. Соладей еще в 1980 г. подсчитал, что фактическая добыча из новых ме-

сторожений и резервуаров в США более чем в семь раз превышала объем, первоначально заявленный как обнаруженный. Как и в случае полезных ископаемых, общий показатель лесных ресурсов также превышает экономический резерв, поскольку значительная часть общего запаса древесины на корню в любой стране не может быть рентабельно заготовлена и продана при существующих технологиях и рыночных условиях [25].

Часто в качестве довода против экологического природопользования приводят аргумент о том, что экономическая ценность природных ресурсов, находящихся в общественном достоянии, таких как поверхностные воды, атмосфера и нетронутая природа, лежит за пределами рыночной системы, и установить ее нелегко. Вот почему в современных условиях истощение и деградация природных ресурсов, как правило, игнорируются, а вопросы, связанные с петлями положительной обратной связи в долгосрочном планировании и финансировании производительности ресурсов, не решаются (например, разложение органических отходов, производство кислорода, регулирование химического состава атмосферы и океанов, локального и глобального климата, циклическое хранение и распределение пресной воды, фиксация и преобразование солнечной энергии, управление эрозией почвы и контроль отложений, формирование плодородного слоя почвы и поддержание ее плодородия и т. д.). Однако экономическое развитие должно полностью учитывать в своих измерениях роста улучшение или ухудшение экосистем. Устранение указанных аномалий возможно, если признать, что текущая стоимость ожидаемого будущего потока доходов, получаемого от разрабатываемого ресурса, является мерой стоимости его актива.

Как в индустриально развитых, так и в ресурсозависимых странах правительства оказывают минимальную поддержку экологически чистым технологиям, которые могут принести пользу окружающей среде. Так, стоимость атмосферного регулирования газов оценивается в 1,3 трлн долл./год; 2,3 трлн – переработка отходов. Однако в Германии для создания рабочих мест власти утвердили субсидию в 6,7 млрд долл./год на добычу угля в Рурской долине. В США 464 млрд долл./год государственных инвестиций пошли в автомобильную промышленность, включая строительство дорог, и на войну в Персидском заливе. Были выданы суммы для ограничения избыточного сельскохозяйственного производства в размере 330 млрд долл./год, в том числе 800 млн долл./год для табачных фермеров. В России, по подсчетам *Forbes*, тратится около 400 млн долл./сут. на проведение СВО [26]. Выделяются огромные средства горнодобывающей, лесозаготовительной и мусороперерабатывающей отраслям, которые производят отходы

и препятствуют эффективному использованию ресурсов. Дешевле было бы расплатиться с рабочими, закрыть шахты и табачные плантации, воздержаться от дорогих дорожных проектов, все подоходные налоги и налоги на заработную плату переложить на источники истощения ресурсов, отходов и загрязнения (речь идет о выбросах газов, вызывающих изменение климата, атомной энергии, токсичных видах топлива, пестицидах, синтетических удобрениях, табаке, полезных ископаемых, отходах, отправляемых на свалку или в мусоросжигательные заводы и т. д.) [27]. Отмена подоходного налога будет способствовать увеличению занятости, поскольку наем сотрудников будет стоить не так дорого. Более низкие затраты на рабочую силу снизят норму прибыли, требуемую инвестором от вложенных средств, и тем самым принесут пользу окружающей среде, поскольку чем выше норма прибыли на вложенные инвестиции, тем выше вероятность ликвидации того или иного природного актива.

1.2. Причины продвижения стандартов «зеленого» строительства

В чем же состоит смысл эффективной эксплуатации «зеленого» здания? Он заключается в снижении материалоемкости строительства и принципиальном повышении его энергоэффективности. В соответствии с ISO 14001 строительное предприятие обязано разработать свою экологическую политику, а также провести документированные процедуры мониторинга и измерения на основе экологических аспектов производственных процессов. «Зеленое» строительство должно учитывать антропогенное воздействие процессов добычи сырья, изготовления строительных материалов, самого строительства, уничтожения, захоронения строительных отходов или рециклинга [28, 29].

Для инвесторов-девелоперов, планирующих эксплуатировать недвижимость, рациональной является стратегия увеличения капитальных затрат с целью минимизации операционных расходов в долгосрочной перспективе. Данный подход предполагает рассмотрение полного жизненного цикла здания, оценку инвестиций в экологическое строительство и их окупаемости в эксплуатационный период. «Зеленое» строительство связано с синергетическим эффектом, который проявляет себя, когда экологические, экономические, технологические и другие эффекты взаимодополняют и усиливают друг друга, создавая общий эффект, многократно количественно и качественно превосходящий эффект каждого из факторов, вовлеченных в экономиче-

ский процесс. Биопозитивные строительные проекты создают условия для равновесного и устойчивого отношения между экосистемой и экономикой строительства в условиях изменяющейся среды и внутренних трансформаций. Но есть и другие причины для поддержки и продвижения стандартов «зеленого» строительства.

Согласно динамической модели, разработанной Д. Мидоуз, самообеспеченность экосистем Земли нарушена из-за роста населения [30]. Благоприятные сценарии экологического и экономического равновесия стали недостижимыми. Потребление природных ресурсов и разрушение окружающей среды все более непредсказуемым образом ведут к крайне мрачному (базовому) сценарию. Речь идет о пяти основных показателях – ускоряющейся индустриализации, росте населения, увеличении недоедающих, истощении природных ресурсов, ухудшении качества окружающей среды. Продолжает расти антропогенная нагрузка на окружающую среду, а развитие строительной промышленности, несмотря на заявленную экологическую эффективность, при нарастающих темпах спроса на сырье не отвечает целям устойчивого развития. Усиливается опустынивание, обезлесивание, не решены проблемы городского смога, изменения климата, истощения озонового слоя, биологических ресурсов и т. д. [31]. Урбанизированные территории существуют при постоянном воздействии человека на экосистему, которая интенсивно разрушается [32]. Общее состояние таких территорий – критическое, а местами катастрофическое. Реакцией экосистем на нерациональное природопользование и антропогенное давление стало отсутствие экологического резерва для равновесного и устойчивого развития [33].

Нарушено экологическое равновесие природных систем, исчерпан лимит потребления природных ресурсов, интегральные оценки наступивших техногенных изменений говорят о том, что реальная живучесть биоценозов естественных природных комплексов фундаментально подорвана (например, невозможно уже восстановить Арал в его первозданном виде, как и непрерывное и полноводное течение Волги, и пр.). Из-за фактического несоблюдения требований и норм экологической безопасности не избежать критических ситуаций в техносфере, и они, вызванные активной деградацией природной среды, нагрянули в российские города (завоз 12 тыс. т урановых отходов из Германии на Уральский электрохимический комбинат в Свердловской области и электрохимический завод в Красноярском крае, самая масштабная катастрофа за всю историю Арктики в Норильске, мощные взрывы на НПЗ «Лукойл-Ухтанефтепереработка» в Ухте, техногенная авария на Камчатке,

взрыв резервуара с мазутом в Находке, загрязнение рек Сисим и Сейба в Красноярском крае и т. д.). Надо отметить первенство Красноярского края в обрушившихся на него техногенных авариях. Недаром Красноярск с его черным небом стал самым грязным городом не только в России, но и в мире. Сибирское градостроительство фактически функционирует вне режима экологических требований, по сути дела – хаотично.

Важно учитывать фундаментальную значимость второго биогеохимического закона В. И. Вернадского [34]. Требуется непосредственное или опосредованное участие живых организмов для того, чтобы произошел обмен химических элементов в биосфере; иначе говоря, их земная миграция в целом происходит при помощи «живого вещества». Ныне высокие темпы строительства при расширенном потреблении природных ресурсов приводят к быстрому исчезновению разнообразных видов живого. При том что эта деградация живого набирает скорость и масштаб. Деструктивные процессы, связанные с уничтожением «живого вещества», развиваются в 10, а в некоторых случаях в 100 тыс. раз интенсивнее, чем прежде. Видовое многообразие живого не просто исчезает: под воздействием строительных технологий трансформируется его структура [35].

Прогноз различных вариантов антропогенных опасностей (изменения климатических условий, опустынивания стран, невнимание и откровенное пренебрежение к системному принципу Ле Шателье – Брауна, т. е. закону равновесия в природе) показывает, что скорое исчерпание природных ресурсов и загрязнение экосистемы грозят человечеству мировой катастрофой. На этом фоне модель Месаровича – Такахары [36] учитывает размерность и детальность связей. С помощью этой модели рассмотрены многие сценарии развития мировой цивилизации, но и они не утешительны. Алгоритм рекомендаций для повышения эффективности иерархического порядка подсистем предполагает именно минимизацию производства при различных вариантах распределения ресурсов. Эффективность многоуровневых иерархических систем в том и заключается, что она строится через обобщение множества экспертных оценок и прогнозов снижения ресурсообеспеченности, учета диссонансов, устранения конфликтов и поиска оптимальных с точки зрения минимизации затрат алгоритмов для построения математических моделей, включающих анализ компонентов природных взаимодействий, механизмов саморегулирования в экосистеме, а также влияния на нее антропогенного фактора. Время для реализации благоприятных сценариев безвозвратно потеряно. Мидоуз подчеркивает, что без существенных изменений в потре-

блении природных ресурсов в ближайшем будущем неизбежно произойдут катастрофические изменения [37]. Известный эколог Н. Ф. Реймерс предупреждает: запас прочности природы ограничен [38].

Модель устойчивости, которая представлена в обязательных требованиях LEED-сертификации, допускает определенное истощение запасов и ухудшение состояния окружающей среды, однако потенциал природных ресурсов не становится ниже уровня их изъятия или темпов изменения условий проживания, а по некоторым позициям (энерго-водопотреблению, использование материалов из вторсырья и т. д.) данный стандарт способствует непрерывному улучшению качества жизни и обеспечивает защищенность природной среды от негативного воздействия типовой застройки, воплощающей в себе экстенсивный путь развития с неустойчивой инфраструктурой и ничем не ограниченной ресурсной базой [39, 40].

1.3. Бережливое мышление как главный компонент непрерывного улучшения экосистемы

Приведем рассуждения Дж. Уомака и Д. Джонсона о бережливом мышлении как одном из главных компонентов непрерывного улучшения экосистемы [41, с. 38–43]. К примеру, проследим происхождение банки английской колы. Удивительно, но сама банка оказывается более дорогой и сложной в производстве, чем напиток. Бокситы добывают в Австралии и доставляют грузовиками на завод химического восстановления, где получасовой процесс очищает каждую тонну боксита до полутонны оксида алюминия. Затем его загружают на гигантские рудовозы и отправляют в Швецию или Норвегию с их дешевой электроэнергией.

После месячного путешествия через два океана оксид помещают в плавильню, где он остается целых два месяца. Агрегату требуется два часа, чтобы превратить каждые полтонны оксида алюминия в четверть тонны металлического алюминия в слитках длиной 10 м. Они отверждаются в течение двух недель перед отправкой на вальцовые мельницы в Швеции или Германии. Там каждый слиток нагревается почти до 900° по Фаренгейту (482,22 °C) и раскатывается до толщины в 1/8 дюйма (0,04 см). Полученные листы заворачиваются в десятитонные рулоны и транспортируются на склад. Потом они поступают на стан холодной прокатки в той же или другой стране, где их делают в 10 раз тоньше: в итоге они готовы к производству. Затем алюминий отправляется в Англию. Там листы перфорируются и формуются

в банки, которые затем моются, высушиваются, окрашиваются базовым покрытием, а затем слоем с указанием конкретной информации о продукте. Далее банки лакируются, отбортовываются (они все еще без крышки), внутри наносят защитное покрытие, чтобы кола не разъедала банку, и проверяют. Банки укладываются на поддоны вилочным погрузчиком и складироваться, пока не потребуются. Затем их отправляют на завод по розливу, где их еще раз моют и очищают. Их наполняют водой, смешанной с ароматизированным сиропом, фосфором, кофеином и углекислым газом. Сахар собирают со свекловичных полей во Франции и подвергают измельчению и очистке. Фосфор поступает из американского штата Айдахо, где его добывают в глубоких карьерах (в ходе этого процесса также обнаруживаются кадмий и радиоактивный торий).

Круглосуточно горнодобывающая компания использует столько же электроэнергии, сколько город с населением 100 тыс. человек, с целью довести содержание фосфатов до качества, пригодного для пищевых продуктов. Кофеин отгружается от производителя химикатов производителю сиропа в Англии.

Наполненные банки запечатываются алюминиевой крышкой со скоростью 1,5 тыс. банок в минуту, а затем вставляются в картонные коробки с соответствующими цветовыми и рекламными наклейками. Картонные коробки изготовлены из лесной целлюлозы, которую могли привезти откуда угодно: от Швеции или Сибири до старовозрастных девственных лесов Британской Колумбии.

Уложенные на поддоны банки отправляются на региональный распределительный склад, а вскоре после этого в супермаркет, где банка покупается в течение трех дней. Потребитель покупает 12 унций (около 0,4 л) сахарной воды с фосфатным оттенком, пропитанной кофеином и карамельным вкусом. Несмотря на столь длительный и ресурсоемкий процесс своего изготовления, потребление колы занимает несколько минут; выбрасывание же банки занимает секунду. В Англии потребители выбрасывают 84 % всех банок, а это означает, что общий уровень алюминиевых отходов после подсчета производственных потерь составляет 88 %. При этом интенсивно используется переработанный алюминий и каждые три месяца выбрасывается такое количество алюминия, что им хватило бы заменить весь парк коммерческих самолетов.

Ряд примеров расточительности и разбазаривания ресурсов можно продолжить. Количество отходов, образующихся при производстве полупроводни-

кового чипа, более чем в 100 000 раз превышает его вес; а ноутбука – почти в 4000 раз. Для производства 1 л апельсинового сока требуется 1000 л пресной воды. Для производства 1 т бумаги требуется 98 т различных ресурсов.

Если говорить о США, то эта страна тратит впустую около 1 млн фунтов материалов на человека в год (1 фунт = 0,45 кг). Отправляется на свалку 3,5 млрд фунтов ковров, 28 млрд фунтов продуктов, 3,7 трлн фунтов строительных обломков. Несчастные случаи на шоссе обходятся стране в 150 млрд долл. в год; заторы на шоссе – в 100 млрд долл. в год; 200 млрд долл. в год тратятся на потраченную впустую энергию из-за отсутствия эффективных методов ее потребления; 250 млрд долл. – на завышенные и ненужные медицинские накладные расходы; 250 млрд долл. – на процедуры учета налогового кодекса.

За последние 50 лет мир потерял 1/3 своего лесного покрова и 1/4 верхнего слоя почвы. За последние 30 лет была израсходована 1/3 природных богатств планеты. Следствием возросшего антропогенеза стала крайняя уязвимость природной среды: каждая живая система на планете ныне теряет способность поддерживать непрерывность жизненного процесса.

1.4. Об инвестировании в окружающую среду и экологическое строительство

Столь развернутое описание расточительного использования ничем не ограниченной ресурсной базы показывает, что затратный подход основан на прямом расширении анализа «затраты – выпуск» для отслеживания «поставок» различных материалов из различных запасов ресурсов в производящие и потребляющие секторы, а также «поставок» материалов из производящих и потребляющих секторов в различные принимающие органы, связанные с окружающей средой [42, с. 318–338].

Подобным же образом оцениваются сбросы отходов в воду, землю и воздух в каждом секторе промышленности, а также использование каждым сектором первичного водного сырья, земли и других природных ресурсов. Этот концептуально простой подход имеет то достоинство, что приводит общепринятые экономические модели производства и потребления в приблизительное соответствие с физическими законами природы. Более того, данные, организованные таким образом, обеспечивают важный промежуточный шаг к подходам, которые реализуют оценку денежных значений. Однако правдоподобное предположение о приблизительной линейности связи образования отходов с деятельностью по производству и потреблению не может

быть приписано влиянию выбросов на состояние окружающей среды или качества окружающей среды на благосостояние человека. Обе эти связи часто сильно нелинейны из-за порогов и химических или биологических взаимодействий. Согласно В. И. Вернадскому, любая потеря в составе живого вещества вызовет экспоненциальные, усиливающиеся с каждым разом волны разрушения всей биогеохимической системы [34].

Тот факт, что более совершенная технология добычи ресурсов по-прежнему приводит к падению цен на природные товары, создает иллюзию процветания, потому что бизнес получает свой доход не из прибыли, а из основного капитала, из унаследованного богатства: воды, минералов, нефти, газа, воздуха, почвы, рыбы. Это также живые системы – луга, водно-болотные угодья, озера, моря, океаны, коралловые рифы, горы, прибрежные зоны, тундра, тропические леса. Эти живые системы поставляют не только невозобновляемые ресурсы. Они еще служат потребностям людей в регенерации атмосферы, борьбе с экстремальными погодными условиями, хранении и очистке воды, удобрении почвы, переработке отходов. Хотя трудно определить денежную стоимость услуг экосистемы, таких как производство кислорода зелеными растениями, для которых нет заменителей ни при какой цене, по предварительным оценкам, можно утверждать, что эти услуги во всем мире стоят 39 трлн долл. в год. Примерно столько стоит валовой мировой продукт [9, с. 154].

Бытует мнение, что создание стоимости представляет некую линейную последовательность извлечения, производства и распределения сырья, иначе говоря, оно ввозится «откуда-то», рабочая сила использует технологии для преобразования ресурсов в продукты, которые затем продаются для получения прибыли. Отходы же выделяются «куда-то». Данный подход не учитывает затраты на извлечение или поступление отходов в окружающую среду. Но окружающая среда не второстепенный фактор, а животворящая оболочка, содержащая, обеспечивающая и поддерживающая всю экономику.

Эффективность производства как одно из главных требований экологической безопасности замедляет истощение ресурсов, с одной стороны, уменьшает загрязнение, с другой стороны, создает, наконец, больше рабочих мест. Благодаря использованию промышленных технологий производительность труда растет за счет использования ресурсов, чему способствуют улучшения в технологиях и дизайне.

Биопозитивные технологии (бионика, биомимикрия) устраняют саму идею отходов, переводя промышленные системы на биологические прин-

ципы. Пауки делают прочную шелковую нить из переваренных сверчков и мух без необходимости кипящей серной кислоты. Диатомовые водоросли (диатомеи, «опалины») укрепляют раковину кремнеземом, растворенным в воде, посредством опалесценции сооружая полупрозрачные, ажурные чертоги как будто бы из стекла, без использования печи. Деревья превращают солнечный свет и воду в глюкозу, а сахара – в целлюлозу, более жесткую и прочную, чем нейлон, и связывают ее в древесину, природный композит с более высокой прочностью на изгиб и жесткостью, чем бетон или сталь. В контексте ресурсосбережения и расширения применения биотехнологий застройщики должны перестать быть продавцами продуктов и стать поставщиками услуг, представляемых долговечными модернизируемыми товарами длительного пользования.

Например, компания – установщик оборудования по кондиционированию воздуха должна продавать «холод», а не кондиционеры и оборудование для обслуживания и модернизации. Компания, занимающаяся внутренним интерьером здания, должна торговать теплом, красотой и комфортом, а не просто продавать ковры и напольные покрытия. Другими словами, в Европе утверждается принцип интеллектуальных системных продуктов, согласно которому производителям предлагается взять на себя ответственность за отходы, если их продукт не может быть переработан. Поэтому продукты – это не просто товары для продажи, а системные интеллектуальные технологии экологической безопасности, изначально предполагающие повторное включение отходов в так называемые технические питательные циклы, в которых ничего нельзя выбрасывать. Такие системы потребляют значительно меньше энергии, чем при добыче новых материалов, и обеспечивают больше рабочих мест.

Инвестирование в экологическую безопасность включает в себя разработку таких строительных рынков, которые улучшают и восстанавливают окружающую среду, и это должно быть выполнено на уровне международных стандартов, поскольку, скажем, деградация окружающей среды, глобальное потепление и сопутствующие им штормы и наводнения затрагивают весь мир.

В типичной же застройке раскрываются масштабные и непредсказуемые негативные последствия неумения (а часто и нежелания) застройщиков следовать «естественным» экологическим принципам переработки и разрабатывать так называемые петли обратной связи. Поэтому критическая разница между биологическими и промышленными процессами заключается

именно в том, что живые системы регулируются такого рода обратными петлями, а техногенные – нет. Природные процессы совершенны. В природе нет такой вещи, как отходы, зато неэкологическое строительство, подобно затратной экономике, потребляет и распоряжается неограниченным количеством безвозвратных природных ресурсов.

1.5. «Экологический след» строительства

Жизненный цикл здания включает длинный список материалов, ресурсов, воздействий и сопутствующих отходов, образующихся в результате эксплуатации и последующей утилизации материалов строительства. Согласно М. Вакернагелю и У. Рису, «расходную» статью застройки можно назвать «экологическим следом», мерой антропогенного воздействия на среду обитания [43].

Другими словами, речь идет о расходе экологических ресурсов для того или иного вида производства и потребления. Экологический след (на одного человека) представляет собой сумму площадей:

- 1) пашни для выращивания зерновых;
- 2) пастбищ для скота;
- 3) лесов для производства древесины и бумаги;
- 4) моря для производства рыбы и морепродуктов;
- 5) жилья и инфраструктуры;
- 6) лесов для абсорбции выбросов CO_2 , образующихся при душевом потреблении энергии.

Отсюда строительство из местных природных материалов (особенно с точки зрения сноса, восстановления и утилизации домов), не требующих затратной доставки, энергии на их обработку, является оптимальным средством минимизации ущерба окружающей среде. Уменьшение углеродного (составной части экологического) следа зданий и количества ресурсов для строительства, использование экологически чистых материалов для создания менее энергоемких объектов, визуализация различных компонентов проектов с помощью цифровых технологий с целью обнаружения проблем до внедрения плана и т. д. – все это позволяет повысить качество строительства и сохранить названные слагаемые природного окружения, т. е. леса, пахотные земли, пастбища и пр.

Экологический след рассчитывается путем суммирования потоков материалов и энергии, необходимых для поддержания любой экономики или ее части. Эти потоки затем преобразуются в стандартные меры производ-

ства потребляемых ресурсов и хранения отходов применительно к земельным и водным площадям¹.

Итак, общая площадь земли, вовлеченная в хозяйственную деятельность с целью производства и потребления продуктов, является вышеупомянутым «следом». Как отмечают М. Вакернагель и У. Рис, площадь продуктивной земли, доступная на душу населения, с 1900 г. сократилась с 14 акров (5,6 га) до 3,7 (1,5 га), из которых менее одного акра пригодно для возделывания. С другой стороны, площадь земли, необходимой для пропитания населения в промышленно развитых странах, увеличилась с 2,5 акра (1 га) на человека в 1900 г. до 10 акров (4 га) в среднем на настоящее время. Таким образом, за 100 лет от избытка продуктивной земли, доступной на душу населения (≈ 10 акров) в развитых странах, экономика пришла к дефициту земли, необходимой для пропитания населения (≈ 7 акров), в расчете на человека [43, с. 13–15]. Эта разница означает, что человечество находится в состоянии экологического перерасхода, используя по крайней мере на 50 % больше природных товаров и услуг, чем регенерируют экосистемы. При этом углекислый газ, в основном образующийся в результате производства ископаемого топлива и цемента, является единственным рассматриваемым потоком отходов [44]. Чтобы весь мир жил как американцы или канадцы, потребуется еще две Земли; чтобы удовлетворить всех, еще три, если население удвоится; и 12, если мировой уровень жизни удвоится в течение следующих 40 лет.

Экологический след США составляет 8,1 га на человека (в 2018 г.), а глобальная биоемкость – 1,6 га на человека. Следовательно, всем жителям планеты понадобилось бы $8,1 / 1,6 = 5,1$ земных планет, если бы все жили как американцы. Еще один пример: если бы все жили как россияне, то

¹ Рассмотрим случай с питьевой водой. Вычисления суммарного потребления пресной питьевой воды человеком показали, что одной чашке потребляемого кофе соответствует 140 л «виртуальной» воды, новой стандартной меры для потребления стратегических ресурсов. Расчет ученого Дж. А. Аллана строился на суммировании потребления пресной воды при выращивании кофе-бобов, сборе урожая, упаковке, обработке, доставке потребителю. Учитывались все виды воды, включая сточные воды. В итоге оказалось, что на изготовление одного гамбургера необходимы 2400 л «виртуальной» воды. В 1993 г. средний американец «забирал» около 6800 л «виртуальной» воды в день, китаец – в три раза меньше, россиянин – в пять раз меньше. Таким образом, ученым обосновывается необходимость развития принципиально нового рынка ресурсов – «виртуальной» воды как существенного элемента в стабилизации экономики стран с дефицитом пресной воды.

потребовалось бы 3,4 земных планет. Экологический след Японии составляет 4,6 га на человека (в 2018 г.), а биоемкость Японии – 0,6 га на человека. Следовательно, потребуется $4,6 / 0,6 = 7,8$ Японий, чтобы удовлетворить спрос местных жителей на природу [45].

В глобальном масштабе человеческое общество в настоящее время находится в состоянии перерасхода, при этом глобальный экологический след превышает глобальную биоемкость более чем на 68 % (2013 г.). Этот перерасход истощает природный капитал, от которого зависит человеческое общество [46, 47].

Можно возразить: экологический след практически равен углеродному следу [48]. Мол, ни одна из пяти неуглеродных категорий землепользования не имеет существенного экологического дефицита, поэтому истощения пахотных земель, пастбищ, лесных угодий и рыболовных угодий не происходит на совокупном глобальном уровне. Потери биоемкости из-за деградации земли/почвы и чрезмерного вылова рыбы не так страшны.

Но, увы, все как раз наоборот. На самом деле углеродный след составляет лишь небольшую часть экологического следа многих стран (выбросы CO_2 намного превышают поглощающую способность экосферы; в настоящее время углеродный след составляет около 60 % общего экологического следа человечества). Эксплуатация различных рыбных запасов или лесных экосистем, превышая местную регенеративную способность, возможна лишь в силу того, что общая биоемкость может превышать масштаб добычи. Большинство стран испытывает все большую зависимость от потенциально ненадежной торговли биоемкостью природных ресурсов. Человечество достигло или превысило глобальную пропускную способность для ключевых категорий потребления, особенно для сельского хозяйства. Глобальные поглотители углеродных отходов переполнены. Совокупный метаболизм человеческой экономики превышает регенеративные возможности экосферы, и этот разрыв только увеличивается [49, 50].

Промышленность, например в США, перемещает, добывает, извлекает, перекачивает, сжигает, выбрасывает, перекачивает и утилизирует 4 млн фунтов (2 млн кг) материала, чтобы обеспечить потребности одной средней американской семьи среднего класса в течение года. В 1990 г. экономическая и личная деятельность среднего американца мобилизовала примерно 123 фунта (примерно 62 кг) сухого материала в день, что эквивалентно 1/4 млрд грузов полуприцепов в год. В целом американцы выбрасывают почти 1 млн фунтов (500 тыс. кг) материалов на человека в год, включая 3,7 трлн

фунтов (почти 1,9 трлн кг) строительного мусора. Если принять во внимание сточные воды, общее годовое количество отходов в американской промышленной системе составляет 250 трлн фунтов, при том что перерабатывается менее 2 % общего потока отходов – в основном это бумага, стекло, пластик, алюминий и сталь [9, с. 52–53].

Столь ошеломляющий уровень отходов не является предельным. Быстро развивающиеся страны: Япония, Китай, Южная Корея, Индия, Индонезия и многие другие, где проживает почти половина населения планеты, производят еще больше мусора, демонстрируя еще более масштабную модель потерь и расточительства. Предположение классического индустриализма о том, что *summum bonum* коммерческого предприятия заключается в использовании большего количества природных материалов и капитала и меньшего количества людей, в современных условиях является контрпродуктивным и не отвечает целям экологической безопасности.

Общество, которое тратит впустую свои ресурсы, тратит впустую своих людей, и наоборот. Точно так же, как перепроизводство может истощить верхний слой почвы, перепроизводство может истощить рабочую силу. Гипотеза о том, что более высокая производительность труда приведет к большему благополучию людей, была верной в течение многих десятилетий, а теперь оказывается несостоятельной. Современная апелляция к производительности труда – это навязчивое желание экономистов объяснить развитие природно-техногенных систем с позиций именно такой расточительности. Постоянное изнурительное стремление к большей производительности продолжает быть причиной чрезмерного использования энергии и ресурсов, а расточительство каждый раз в конечном итоге приводит к еще более низкому уровню жизни, более высоким затратам, сокращению доходов, социальному расслоению, неравномерному распределению богатства в обществе. С другой стороны, повышение производительности труда человека, имея решающее значение для поддержания доходов и экономического благосостояния, приводит к профессиональному «выгоранию» работников, сокращение же уровня занятости существенно понижает качество и благополучие населения [51].

Отходы – это неотъемлемая часть устаревшей промышленной системы. Можно предположить, что 2/3 всего ВВП (измеряющий только потраченные деньги, а не полученную стоимость) России приходится на ту или иную форму отходов [52]. Использование слишком большого количества ресурсов для того, чтобы еще в большей мере сконцентрировать богатства в руках отдельных групп населения, – эта все более дорогая промышленная формула является пережитком прошлого [53].

Учет экологического следа (биоемкостей) суммирует потребности человека в регенеративной способности планеты. Выступая показателем, измеряющим экологическую устойчивость, он удовлетворяет максимальному общественному благополучию и минимизирует экологические риски, связанные с заменой древних редколесий и тропических лесов монокультурными лесами или плантациями, а также с урожайностью органического земледелия и т. д. В данном плане экологические следы просто документируют ресурсную зависимость городов от сельских районов. Китай, США, Индия, Россия, Япония, Бразилия, Индонезия, Германия, Республика Корея и Мексика оказывают наибольшую нагрузку на глобальные экосистемные услуги [54].

Сегодня более 80 % населения мира проживает в странах с экологическим дефицитом. Люди используют больше ресурсов, чем могут восстановить их экосистемы. Общая тенденция заключается в том, что более высокие стандарты жизни становятся менее устойчивыми. Тем не менее «зеленое» строительство может существенно снизить экологический след и связанные с ним риски разрушения экосферы. В качестве примера можно привести «зеленую» застройку Beddington Zero Energy Development (BedZED), экологически чистого жилого комплекса (82 дома) недалеко от Лондона (рис. 1).



Рис. 1. BedZED – экорайон с «зеленой» застройкой и минимальным экологическим следом. (Источник: <https://www.bioregional.com/projects-and-services/case-studies/bedzed-the-uks-first-large-scale-eco-village>)

Проект был предназначен для использования энергии только из возобновляемых источников, вырабатываемых на месте, включая солнечную энергию. Дома выходят на юг, чтобы использовать солнечные лучи, имеют тройное остекление и высокую теплоизоляцию. Большая часть дождевой воды, попадающей на территорию, собирается и используется повторно. Приборы выбираются таким образом, чтобы они были водосберегающими и по возможности использовали оборотную воду. Строительные материалы были получены из возобновляемых или переработанных источников в пределах 80 км от площадки, чтобы свести к минимуму энергию, необходимую для транспортировки. Установки для сбора мусора предназначены для поддержки переработки и т. д. Кроме того, «зеленое» строительство благодаря высокопроизводительным конструктивным решениям уменьшило образование отходов, загрязнение воздуха и воды, сократило сток ливневых вод, устранило тепловые острова, улучшило экосистему, защитило биоразнообразие, сохранив зеленые насаждения, существенно снизило уровень шума. Потребление энергии и воды уменьшилось на 60 % [55, с. 171].

Несмотря на то что средний экологический след Великобритании составляет 5,45 га на душу населения с вариациями между регионами от 4,80 (Уэльс) до 5,56 га (Восточная Англия), в BedZED площадь на душу населения составляет 3,20 га. Все это благодаря производству возобновляемой энергии на месте, энергоэффективной архитектуре и обширной программе «зеленого» образа жизни. Таким образом «зеленое» строительство, существенно снижая уровень использования ресурсов и углеродный след зданий, предотвращает высокий уровень экологического перерасхода на душу населения и освобождает биоемкость планеты для поддержания биоразнообразия [55, с. 44].

«Зеленое» строительство имеет также и экономические преимущества. Оно может снизить эксплуатационные расходы, увеличить срок службы систем зданий за счет надлежащего обслуживания объектов и обучения менеджеров, а также повысить конкурентоспособность зданий, поскольку у них будут:

- меньшие эксплуатационные расходы;
- признание на рынке благодаря сертификации;
- высокая эффективность и производительность труда сотрудников;
- оптимальные экономические показатели жизненного цикла.

Стоит упомянуть и о социальных преимуществах «зеленых» проектов:

- улучшение вентиляции;

- удаление загрязняющих веществ в помещении;
- использование «зеленых» материалов;
- предоставление жильцам личного контроля над открывающимися окнами;
- кондиционирование воздуха, системы распределения воздуха под полом, использование дневного света, снижение уровня окружающего освещения с помощью рабочего и т. д.

1.6. Устойчивое развитие как фактор обеспечения экологической безопасности «зеленого» строительства

Главной характеристикой современного общества является контраст между быстрым временем трансформации социумом и медленным временем биологических циклов и преобразования окружающей среды. Поэтому с этой точки зрения необходимо обновить правила развития, добиваясь устойчивости каждой трансформации, происходящей в обществе и окружающей среде. Вот почему набор ключевых правил для «зеленого» строительства должен основываться на следующих допущениях [56]:

- устойчивое развитие направлено на текущее и экономическое развитие общества, благополучие людей и сохранение окружающей среды с прицелом на долгосрочную перспективу;
- устойчивое развитие удовлетворяет потребности нынешних поколений, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности;
- скорость использования любого ресурса не должна превышать скорость регенерации ресурса;
- воздействие на экологические системы необходимо существенно ограничить, уделяя особое внимание крупным глобальным проблемам, таким как изменение климата, истощение запасов ископаемого топлива, новые технологии, генетически модифицированные продукты и распространение болезней.

С точки зрения обеспечения экологической безопасности в настоящее время новые ресурсосберегающие технологии, энергоэффективное и производительное строительство различного назначения разрабатываются в трех аспектах устойчивого развития:

- *экономическом*. Его можно определить как способность экономической системы генерировать устойчивый рост экономических показателей и, в частности, способность генерировать доход и работать для поддержания населения. В рамках территориальной системы экономическая устойчивость также означает способность производить и поддерживать максимальную добавленную стоимость на территории, эффективно комбинируя ресурсы для повышения специфики местных продуктов и услуг;

- *экологическом*. Экологический баланс обеспечивает связь между поколениями, и без него любое будущее человеческого вида было бы исключено. Под экологической устойчивостью подразумевается способность сохранять во времени три функции природной среды: поставщика ресурсов, реципиента отходов и непосредственного источника полезности. В рамках территориальной системы экологическая устойчивость означает способность улучшать состояние экосистемы как «отличительного элемента» территории, обеспечивая при этом защиту и возобновление природных ресурсов и исторического наследия;

- *социальном*. Данный аспект является следствием гарантии для каждого человека в настоящем и будущем жить в одинаковых условиях безопасности и здоровья, тем самым санкционируя принцип «равных возможностей». В рамках территориальной системы социальная устойчивость означает способность субъектов совместно и эффективно защищать свою социальную идентичность [57].

Для достижения целей устойчивого развития за счет улучшения экономических, экологических и социальных показателей в последние годы внимание сосредоточено на роли строительного сектора, который является одним из наиболее динамичных секторов, а также прямо или косвенно отвечает за использование природных ресурсов с точки зрения истощения невозобновляемых ресурсов, производства отходов, потребления энергии и выбросов CO₂ в атмосферу.

Устойчивое развитие в строительном секторе на самом деле представляет собой очень широкое понятие, которое может касаться очень разных аспектов [58]. Можно сказать, что устойчивость в строительном секторе включает:

- существующие отношения между самими зданиями;
- связь между природной и социальной средой;
- экономический выбор, который приводит к сложной серии приоритетов, определяемых на каждом этапе жизненного цикла здания.

Например, экономические аспекты устойчивости должны учитываться не только на этапе строительства здания, но и на этапе эксплуатации с точки зрения обслуживания зданий и поддержания их функциональности на протяжении всего срока службы. Эти экономические аспекты могут быть оценены с использованием различных подходов, в том числе расчета стоимости жизненного цикла LCC, т. е. аналитической методологии, основанной на экономической оценке всего жизненного цикла конструкции и связанной с конструктивными характеристиками и энергоэффективностью здания [59].

Социальное измерение устойчивости применительно к строительному сектору часто связано с социально-политическими последствиями, которые включают:

- общественное признание;
- справедливость и социальные возможности;
- адекватное предоставление услуг;
- здоровье;
- безопасность;
- обоснование деятельности по реализации проектов;
- благополучие и комфорт проживания.

Таким образом, социальная устойчивость в основном направлена на обеспечение условий благополучия и качества жизни для каждого человека в среде, в которой он работает, принимая во внимание многочисленные аспекты, в том числе: здоровье, благополучие и производительность для пользователей инфраструктуры, способность иметь дело с функциональными проблемами при использовании объекта, личная и общая безопасность [60].

Некоторые исследования подтвердили тесную связь между средой проживания и возникновением недугов у жильцов. Эти «заболевания, вызванные зданиями», обозначаемые аббревиатурой BRI (Building Related Illness), представляют собой, например легионеллез; опухоли, вызванные газом радоном и асбестом; заболевания от пыли – астму, пневмонию, ингаляционную лихорадку и т. д. Они серьезны, но легко диагностируемы [61]. Более проблематичным является выявление болезней, менее связанных со средой внутри здания. И в этом случае речь идет о SBS (Sick Building Syndrome – «синдром больного здания»). Считается, что SBS вызван наличием загрязняющих веществ внутри жилого помещения (плохая вентиляция, влажность, плесень, окись углерода от каминов и печей, летучие органические соединения, выделяемые ковровым покрытием, волокна ткани, яркие, мерцающие огни, проблемы с уборкой и планировкой и т. д.). Однако SBS трудно определить, по-

тому что его симптомы могут быть вызваны многими другими причинами, такими как аллергия или стресс, психологическими факторами, такими как неприязнь к работе или рабочему месту. Даже масштабные ремонтные работы могут не решить проблему SBS [62, 63]. До 30 % новых и реконструированных зданий имеют проблемы с внутренним качеством воздуха в помещении, достаточным для возникновения проблем со здоровьем (головная боль; головокружение; тошнота; раздраженные глаза, нос или горло; сухой кашель или раздражение кожи и др.). Задача проектировщиков состоит в том, чтобы определить наличие определенных микроклиматов и распознать их возможное влияние на здоровье человека, чтобы избежать появления факторов риска и, следовательно, создать «здоровое» здание [64].

Применительно к строительной отрасли и ее функциям социальная устойчивость не только зависит от рисков для здоровья человека, связанных с выбросом потоков вредных веществ в окружающую среду, но и касается возможных человеческих потерь из-за уязвимости крупных городских областей. Это делает оценку общего риска и снижение уязвимости важным компонентом оценки социальных аспектов устойчивости в дополнение к экологическим и экономическим. Фактически, сосредоточив внимание на данных об ущербе, нанесенном, например, в результате нескольких крупных землетрясений, можно сказать, что ущерб, как правило, сосредоточен на жилых зданиях. В Турции при землетрясении жилые дома составили более 90 % от числа поврежденных зданий. Социально-экономические последствия касаются не только потерянных единиц жилья, но и всех трудностей, с которыми сталкиваются жильцы в вопросах, связанных с переоборудованием, ремонтом, финансированием и реконструкцией.

В свете сказанного понятно, что оценка социальных аспектов устойчивости в строительном секторе включает факторы, связанные как с качеством окружающей среды внутри здания, так и с его конструктивными характеристиками, способными гарантировать определенный уровень безопасности жильцов в течение срока службы объекта. По этой причине социальные аспекты (показатели качества и благополучия жильцов) основных экологических протоколов, используемых в строительном секторе, оказываются одними из важнейших макропоказателей рейтинговой оценки [65].

Таким образом биопозитивные строительные проекты создают условия для равновесной и устойчивой связи между экосистемой и экономикой строительства в условиях изменяющейся среды, а само «зеленое» строительство связано с проявлением синергетического эффекта, когда экологические,

экономические, технологические, социальные и другие последствия дополняют и усиливают друг друга, создавая общий эффект, многократно превышающий в качественном и количественном отношении вовлеченные в него факторы.

1.7. Классификация инструментов рейтинга «зеленого» строительства

Обратимся к различным инструментам добровольной сертификации «зеленых» зданий. Их можно разделить на шесть категорий, включая:

- структуры-схемы;
- контрольные списки и руководства;
- инструменты рейтинга и ранжирования;
- аналитические инструменты;
- программное обеспечение и экспертные системы;
- инструменты организации (рис. 2).

Ряд авторов разделяют инструменты экологической оценки на три типа:

- сбор справочных знаний (служит информационным материалом для проектировщиков);
- учет производительности (инструменты оценки воздействия и моделирования жизненного цикла используются для расчетов, таких как потребление энергии, освещение и качество воздуха в помещении);
- рейтинг зданий (представляет собой калькулятор кредитного ранга, помогающий заказчикам в определении критериев проектирования и документировании предлагаемых проектных характеристик) [66].

Помимо этого, в раздел инструментов экологической оценки на основе справочных материалов включают категории структур, контрольных списков и руководств по «зеленым» зданиям. Например, ISO 15686 5:2017 «Здания и сооружения. Планирование срока службы. Ч. 5. Расчет стоимости жизненного цикла» (Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing) [67] относится к *первому типу* инструментов экологической оценки.

Раздел, связанный с учетом производительности, включает в себя аналитические и программно-экспертные инструменты оценки строительных объектов. Например, пакеты программного обеспечения, такие как SimaPro (служит для принятия обоснованных решений по поводу изменения жизненного цикла продукта и оценки устойчивости, составления отчетов об устойчивом развитии, углеродном и водном следах, определения ключевых показателей эффективности, создания соответствующих экологических де-

клараций продукции и пр.) и GaVi (известное в мире приложение для оценки жизненного цикла продуктов и их воздействия на окружающую среду, выбросов углерода, потребления воды и отходов и проч.), могут быть идентифицированы как *второй тип* инструментов оценки экологической безопасности строительства [68].



Рис. 2. Классификация инструментов рейтинга «зеленого» строительства

Наконец, с помощью категории рейтинга (звезд или уровней сертификации) оценивают экологические характеристики зданий. Софт Green Star Design & As Built, версия 1.3, является примером инструмента такого рода оценки.

Помимо прочего, процесс оценки включает три этапа:

- классификацию, которая касается ожиданий изменений в окружающей среде и исследует входы/выходы;
- характеристику, определяющую воздействие каждого входа/выхода;
- оценку путем взвешивания разного рода воздействий. Например, в Green Star Design & As Built версии 1.3 перечислены девять ключевых критериев, в соответствии с которыми рассматривают результаты устойчивого развития при проектировании и строительстве новых зданий или после капитального ремонта [69].

Сертификацию экологичного строительства можно разделить на следующие две больших категории:

- оценку по одному критерию;
- оценку по группе критериев (скажем, рейтинг Green Mark присуждают по одному или нескольким показателям, в то время как LEED-сертификат – за выполнение всех параметров системы оценки).

Рейтинговые техники могут предоставить индикаторы количественных характеристик, чтобы помочь в принятии решений по проектам. В разных странах разработаны различные типы систем оценки экологически чистых зданий, направленные на снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду [70].

Обычно содержание «зеленого» ранжирования включает рассмотрение экологических проблем и охватывает различные этапы жизненного цикла здания. Критерии эффективности проекта должны быть проверены во время проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию [71, 72].

Связанные со строительством стороны могут иметь разные интересы. Например, владелец здания может ожидать увеличения его цены, в то время как жильцы могут беспокоиться о качестве воздуха в помещении, комфорте жилья и вопросах безопасности. Следовательно, использование одного метода для оценки здания может не удовлетворить всех требований его пользователей. Тем не менее идеальный инструмент оценки экологически чистых зданий должен включать все требования заинтересованных сторон [73].

Можно выделить пять основных географических областей. В каждой из этих зон используются разные инструменты оценки (табл. 1).

Таблица 1

**Инструменты оценки экологического строительства
в основных географических зонах**

Страна	Область	Название Совета по экологическому строительству GBC	Инструмент рейтинга экологически чистых зданий
Аргентина	Америка	Аргентинский совет по экологическому строительству	LEED
Австралия	Азиатско-Тихоокеанский регион	Совет по экологическому строительству Австралии	Green Star
Бразилия	Америка	Совет по экологическому строительству Бразилии	LEED, Alla Qualidade Ambiental (AQUA)
Великобритания	Европа	Британский совет по экологическому строительству	BREEAM
Германия	Европа	Немецкий совет по устойчивому строительству	DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), BREEAM Germany
Гонконг	Азиатско-Тихоокеанский регион	Гонконгский совет по экологическому строительству	BEAM Plus (Building Environmental Assessment Method)
Индия	Азиатско-Тихоокеанский регион	Индийский совет по экологическому строительству	IGBC-Rating (Indian Green Building Council)
Испания	Европа	Совет по экологическому строительству Испании	VERDE (Green), BREEAM, LEED
Иордания	Ближний Восток и Северная Африка	Иорданский совет по экологическому строительству	LEED

Продолжение табл. 1

Страна	Область	Название Совета по экологическому строительству GBC	Инструмент рейтинга экологически чистых зданий
Канада	Америка	Канадский совет по экологическому строительству	LEED Canada, Green Globes
Колумбия	Америка	Колумбийский совет по экологическому строительству	Selo Ambiental Colombiano para las Edificaciones
Малайзия	Азиатско-Тихоокеанский регион	Конфедерация зеленого строительства Малайзии	Green Building Index
Нидерланды	Европа	Голландский совет по экологическому строительству	BREEAM
Новая Зеландия	Азиатско-Тихоокеанский регион	Новозеландский совет по экологическому строительству	Green Star (на основе Green Star Австралии)
ОАЭ	Ближний Восток и Северная Африка	Совет по экологическому строительству Эмиратов	LEED, BREEAM, ESTIDAMA (Sustainability)
Перу	Америка	Перуанский совет по экологическому строительству	LEED
Польша	Европа	Польский совет по экологическому строительству	LEED, BREEAM
Сингапур	Азиатско-Тихоокеанский регион	Сингапурский совет по экологическому строительству	Green Mark

1.7. Классификация инструментов рейтинга «зеленого» строительства

Окончание табл. 1

Страна	Область	Название Совета по экологическому строительству GBC	Инструмент рейтинга экологически чистых зданий
США	Америка	Американский совет по экологическому строительству	LEED, Green Globes
Тайвань	Азиатско-Тихоокеанский регион	Тайваньский совет по экологическому строительству	EEWH (Ecology, Energy saving, Waste reduction and Health), LEED
Турция	Европа	Турецкий совет по экологическому строительству	BREEAM, LEED, DGNB
Франция	Европа	Французский совет по экологическому строительству	HQE (Haute Qualité Environnementale)
Хорватия	Европа	Хорватский совет по экологическому строительству	LEED, BREEAM, DGNB
Чили	Америка	Чилийский совет по экологическому строительству	LEED
Швеция	Европа	Шведский совет по экологическому строительству	BREEAM SE, LEED
Южная Африка	Африка	Совет по экологическому строительству Южной Африки	Green Star SA (на основе Green Star Австралии)
Япония	Азиатско-Тихоокеанский регион	Японский консорциум по устойчивому строительству	CASBEE (Comprehensive Assessment System Built Environment Efficiency)

Географическая зона Северной и Южной Америки включает семь стран: Аргентину, Бразилию, Чили, Колумбию, Перу, Канаду и США. Во всех этих странах LEED используется в качестве основного инструмента рейтинга экологически чистых зданий. Скажем, хотя в Бразилии оценивают здания на основе Alta Qualidade Ambiental (AQUA), LEED также широко распространен.

Эти системы предоставляют набор показателей для оценки показателей устойчивости зданий, которые могут помочь владельцам управлять воздействием своих строительных проектов. Хотя количество показателей в «зеленых» протоколах может различаться, все они содержат стандартный набор критериев для оценки строительных проектов на основе их экологических, социальных и экономических аспектов. Например, в LEED существует восемь основных критериев для оценки «зеленых» зданий, включая местоположение и транспорт, устойчивые объекты, эффективность использования воды, энергию и атмосферу, материалы и ресурсы, качество внутренней среды (1EQ), региональный приоритет и инновации. В США политика «зеленого» строительства часто распространяется на правительственные здания. В пяти штатах предлагаются ограниченные гранты для покрытия расходов на сертификацию, а в десяти введены налоговые льготы для сертифицирующих фирм. Местные власти поощряют различные новаторские стратегии для продвижения «зеленых» зданий, включая мораторий на переоценку налога на имущество, «зеленые» фонды, льготную парковку, скидки на оплату счетов за электроэнергию и предписания о «зеленых» крышах.

Системы сертификации оценивают различные характеристики и присваивают различные рейтинги. Некоторые из них оценивают весь жизненный цикл здания, другие уделяют больше внимания аспектам, связанным с биоклиматическим проектированием или средой здания, а третьи также учитывают транспортные средства пользователей или близость к общественному транспорту. Эти инструменты обеспечивают объективный механизм измерения и оценки потребления ресурсов зданиями. В карибских странах широко распространена сертификация Green Globus. Например, в Колумбии, по примеру Бразилии, здания сертифицируются французской программой HQE. Также представлены американские системы LEED, WELL Building Standard, Living Building Challenge, EDGE и Referencial CASA Colombia.

Стоит сказать немного о южноамериканской системе EDGE. В 2012 г. Всемирный банк через Международную финансовую корпорацию (IFC) при поддержке Великобритании, Дании, Канады, Финляндии, Швейцарии, Австрии, Венгрии, Нидерландов, Японии создал протокол под названием

«Превосходство в дизайне для большей эффективности» (Excellence in Design for Greater Efficiencies, EDGE).

EDGE – это система сертификации различных типов зданий, разработанная исключительно для развивающихся стран (Боливия, Доминиканская Республика, Сальвадор, Никарагуа, Гватемала и др.). В настоящее время она присутствует во всех странах Латинской Америки, Африке (Гана, Кения, Нигерия, ЮАР) и даже Индии. Данный инструмент предлагает три уровня оценки:

- базовый;
- продвинутый с готовностью к нулевому выбросу углерода;
- нулевой углерод;
- уровень EDGE Advanced – сертифицирует здания со 100%-ными возобновляемыми источниками энергии на месте или приобретенными квотами на выбросы углерода с учетом дизельного топлива и сжиженного газа.

Сертифицированный объект *Viviendas Pareada Las Brisas*, комплекс из двух домов в Санта-Крус-де-ла-Сьерра (Боливия), дает представление о достаточно высоком уровне экологичного строительства (рис. 3).



Рис. 3. *Viviendas Pareada Las Brisas* в Санта-Крус-де-ла-Сьерра.

Пример эффективности использования ресурсов в жилищном секторе Боливии.
(Источник: <https://edgebuildings.com/project-studies/viviendas-pareada-las-brisas>)

Здание спроектировано так, что позволяет экономить 76 % энергии за счет уменьшенного соотношения окон и стен, отражающей плитки на крыше, внешних устройств затенения, изоляции крыши и наружных стен, стекла с более высокими тепловыми характеристиками, системы охлаждения с переменным объемом хладагента VRV, энергоэффективных приборов, солнечных фотоэлектрических элементов, энергосберегающей экономии освещения во внутренних и наружных пространствах, управления освещением коридоров и лестничных клеток.

Необходимо также отметить, что в странах Латинской Америки и Азии появляются местные государственные и частные системы сертификации, которые имеют большой потенциал для более широкого применения. Эти системы сертификации направлены на повышение стандартов строительства и мотивацию профессионалов к внедрению экологически безопасных мер. Так, в 2014 г. в Чили, подобно бразильскому AQUA, разработан стандарт «Сертификация устойчивого строительства» Seal CES. Он позволяет оценивать, квалифицировать и сертифицировать экологические характеристики зданий общественного назначения в Чили как новых, так и существующих без дифференциации государственного (частного) управления или собственности. Seal CES основан на соблюдении набора переменных, разбитых на обязательные и добровольные требования, которые обеспечивают баллы. Система выделяет три категории: «сертифицированное здание», «выдающаяся сертификация» и «отличная сертификация». Чтобы пройти сертификацию, необходимо соответствовать обязательным требованиям и иметь не менее 30 баллов, максимальный балл – 100. Эта система ориентирована на весь жизненный цикл здания: от предпроектных работ, строительства, ввода в строй, технического обслуживания в ходе эксплуатации и до сноса (рециклинга материалов).

Анализируются следующие аспекты:

- снижение потребности в энергии (пассивный дизайн, энергоэффективность, выработка электроэнергии, выбросы);
- качество внутренней среды для пользователей;
- подход спроса и предложения для рационального использования воды;
- план обращения с отходами при проектировании, строительстве и эксплуатации здания;
- управление проектированием здания (комплексное проектирование) и эксплуатацией.

По состоянию на конец 2019 г. в Чили было сертифицировано 40 зданий и 294 здания находились в процессе сертификации. Благодаря Seal CES удалось сэкономить 10,6 тыс. т выбросов CO₂-экв. в год с 2018 г. по настоящее время в 38 проектах. Упомянутое эквивалентно экономии затрат на электроэнергию для более чем 20 тыс. домов в год или эквивалентно поглощению углерода с более чем 5 тыс. га леса.

Совет по устойчивому строительству Колумбии (CCCS) разработал собственную систему Referencial CASA Colombia для жилищного строительства и устойчивых решений по экономии воды и энергии в новых зданиях.

Европейские страны, такие как Франция, Германия, Нидерланды, Испания, Швеция, Соединенное Королевство и др., создали советы по экологическому строительству (см. табл. 1). В них широко используются пять рейтинговых инструментов экологичного строительства, в том числе LEED (США, 1998), BREEAM (Великобритания, 1990), DGNB (Германия, 2008), VERDE (Испания, 2012) и HQE (Франция, 1996). DGNB, VERDE и HQE являются признанными инструментами в своих странах, однако они адаптированы и к зарубежным условиям. В Европе (Словении, Франции, Испании, Литве, Бельгии, Польше и Нидерландах и др.) широко используется BREEAM-стандарт (2008), который включает 10 критериев оценки: управление, здоровье и благополучие, энергетика, транспорт, вода, материалы, отходы, землепользование и экология, загрязнение и инновации. Помимо рейтинговых инструментов для «зеленых» зданий, для продвижения инновационных идей введено множество стимулов, которые можно разделить на три типа:

- финансовые и фискальные;
- экономические;
- для повышения уровня осведомленности.

DGNB, помимо Германии, преобладает в Австрии и Швейцарии. LEED широко распространен в Испании, Турции, Италии, Швеции и Финляндии.

Ключевая стратегия в ЕС состоит в продвижении энергоэффективности как обязательного аспекта национальных строительных норм. Так, в настоящее время в Великобритании, известной своими разработками в области энергоэффективности, действуют две схемы оценки энергопотребления домов (HERS, Home Energy Rating scheme):

- схема национального энергетического рейтинга дома (National Home Energy Rating scheme, NHERS) измеряет тепловую эффективность жилых помещений с точки зрения эксплуатационных расходов на энергию по шкале от 0 до 10; процедура оценки осуществляется с использованием компьютерной программы, созданной в соответствии с моделью внутренней энергии Исследовательского центра зданий (Building Research Establishment Domestic Energy Model, BREDEM);

- данный вид оценки служит в качестве основы для Стандартной процедуры оценки (Standard Assessment Procedure, SAP), Национального рейтинга энергопотребления дома (National Home Energy Rating, NHER) и Коэффициента выбросов CO₂ в жилых помещениях (Dwelling Emission Rate, DER). Энергопотребление домов рассчитывается, принимая во внимание описания их размеров, изоляции и систем отопления.

Стандартная процедура оценки SAP была разработана британскими органами планирования для энергетической маркировки и рейтинга домов. Оценка включает такие показатели, как система отопления, теплоизоляция, вентиляционные характеристики жилых помещений и вид топлива. Однако указанный стандарт может быть неточным в обеспечении измерений энергии в проектах пассивной архитектуры, как того требует Ассоциация экологически ответственных зданий (Association for Environment Conscious Buildings, AECB). Недостатки стандартной процедуры восполняет рейтинг NHER. Он служит для анализа потребления энергии, принимая во внимание местоположение дома, дизайн, конструкцию, систему нагрева воды, приготовление пищи, освещение, вентиляцию и бытовую технику. Для расчета рейтинга предлагается стандартный сценарий занятости, в котором количество жильцов оценивается исходя из площади дома и стандартных режимов отопления [74].

Дания, являясь пионером в области энергосбережения в ЕС, применяет энергетический аудит, известный как «Закон о содействии экономии энергии и воды в зданиях» с присуждением энергетических сертификатов для больших и малых зданий (включая промышленные), а также оценкой выбросов CO₂ предприятиями.

Реализация рейтинговой системы проходит в несколько этапов. Сначала аккредитованный специалист сообщает о годовом потреблении воды и энергии и выбросах CO₂ в сравнении с другими подобными зданиями по шкале от A1 до C5 (от максимальной до минимальной эффективности). Затем составляется энергетический план по экономии энергии и воды с оценкой связанных с этим затрат. На заключительном этапе рейтинга представляется информация о текущем состоянии здания с точки зрения его размера, системы отопления и энергопотребления, а также стоимости энергии и отопления [75].

Субсидии и налоговые льготы, стимулирующие повышение энергоэффективности зданий, действуют во всех странах – членах ЕС. К примеру, освобождение от платежей за использование электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников энергии, предоставляется в Германии, Румынии, Словакии, Дании, Швеции, Польше и других странах; в Бельгии, Франции, Чехии и Люксембурге действуют налоговые льготы в отношении доходов физических лиц. Экологические налоги и сборы являются наиболее широко используемыми инструментами для продвижения «зеленой» политики в ЕС [76].

В Азиатско-Тихоокеанском регионе существует множество инструментов оценки экологического строительства, разработанных соответствующими советами по экологическому строительству (табл. 2).

Таблица 2

**Инструменты оценки экологического строительства
в Азиатско-Тихоокеанском регионе**

Критерии энергоэффективности	Национальные стандарты «зеленого» строительства						
	GREEN-SHIP, Индонезия	GBI, Малайзия	BERDE, Филиппины	Green Mark, Сингапур	TREES, Таиланд	LOTUS, Вьетнам	VACEE, Вьетнам
Использование возобновляемых источников энергии	+	+	+	+	+	+	+
Мониторинг использования энергии в здании	+	+	+	+	–	+	+
Энергосбережение при кондиционировании и вентиляции	+	+	+	+	+	+	+
Минимальная энергоэффективность здания	+	+	+	+	+	+	+
Энергоэффективная внешняя оболочка здания	+	+	+	+	+	+	+
Энергоэффективность систем освещения в здании	–	+	+	+	+	+	+
Общее сокращение использования электроэнергии	+	+	+	+	+	+	+

Окончание табл. 2

Критерии энергоэффективности	Национальные стандарты «зеленого» строительства						
	GREEN-SHIP, Индонезия	GBI, Малайзия	BERDE, Филиппины	Green Mark, Сингапур	TREES, Таиланд	LOTUS, Вьетнам	VACEE, Вьетнам
Использование индивидуальных счетчиков и калибровка	–	+	+	–	–	–	–
Использование систем автоматизации в здании	–	–	+	–	–	–	+
Энергоэффективность лифтового оборудования	–	–	–	+	–	–	–
Оценка ввода здания в эксплуатацию	+	+	–	–	–	–	–
Оценка обслуживания здания	–	–	–	–	–	–	+
Общий объем использования энергии в здании	–	–	–	–	–	+	+
Эффективность рекуперации тепла в здании	–	–	–	–	–	–	+
Использование солнечной энергии в здании	–	–	–	–	+	–	+
Использование ветряной энергии в здании	–	–	–	–	+	–	–

Источник: <https://jungledistrict.com/comparison-of-asean-green-building-rating-systems-on-energy-efficiency/>

В табл. 2 показаны сходства и различия критериев энергоэффективности в разных рейтинговых системах. Можно заметить, что все рейтинги рассматривали возобновляемую энергию, систему кондиционирования и вентиляции, минимальные показатели энергоэффективности, мониторинг и контроль энергии, а также снижение потребления электроэнергии как часть своих критериев энергоэффективности.

Помимо аспектов общего интереса, есть еще несколько критериев кредитования, доступных только в определенных системах, например ввод здания в эксплуатацию или эксплуатацию и техническое обслуживание, что отражает различия в приоритетах каждой страны в отношении важных характеристик «зеленых» зданий.

«Зеленое» строительство имеет свои преимущества в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Если говорить о стоимости коммунальных услуг, то она значительно ниже, чем в обычных зданиях: затраты на электроэнергию понижаются на 50 %, а на воду – на 30 %. Например, потребление энергии и воды самым энергоэффективным проектом во Вьетнаме – швейной фабрикой Deutsche Bekleidungswerke (DBW) – на 44 и 50 % соответственно меньше, чем аналогичными зданиями без учета стандарта «зеленого» строительства.

В Новой Зеландии адаптированную версию Green Star из Австралии начали применять с 2007 г. В Индии и на Тайване LEED используется в качестве одного из важнейших инструментов оценки. Сингапурский индекс «зеленого» строительства Green Mark учитывает энергоэффективность, качество внутренней среды, устойчивое планирование и управление, материалы и ресурсы, эффективность использования воды и инновации.

В гонконгской программе BEAM Plus (Building Environmental Assessment Method) перечислены шесть критериев: характеристики стройплощадки, материалов, использование энергии, воды, качество внутренней среды, инновации и дополнения. Индийский национальный рейтинг IGBC оценивает устойчивую архитектуру и дизайн, выбор и планирование участка, сохранение воды, строительные материалы и ресурсы, качество внутренней среды и инновации.

Японский CASBEE отличается от других рейтингов в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Данный инструмент включает два типа оценки, такие как качество застройки (Built Environmental Quality, Q) и заложенная нагрузка на окружающую среду (Built Environmental Load, L). Согласно комплексной системе оценки эффективности застроенной среды (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, CASBEE), цели энерго- и ресурсо-

эффективности местной окружающей и внутренней среды переклассифицированы по типам Q и L.

В Малайзии существует четыре вида налоговых льгот:

- за использование энергии из возобновляемых источников;
- по энергосбережению;
- по гербовому сбору подоходного налога для зданий, сертифицированных Советом по экологическому строительству Малайзии;
- система льготных тарифов.

В Сингапуре с целью сохранить имидж «города в саду» местное правительство внедрило 35 схем финансирования и стимулирования, связанных с энергоэффективностью и экологически чистой энергией, экологичными зданиями и строительством, водными и экологическими технологиями, экологичным транспортом и судоходством, минимизацией отходов, экологическими инициативами и развитием «зеленого» потенциала [77].

Ближневосточный и Североафриканский регионы, в частности Иордания и ОАЭ, используют I.EED и BREEAM в качестве основного инструмента оценки «зеленого» строительства. В Дубае также распространена застройка по стандарту ESTIDAMA PBR (Pearl Building Rating system), разработанному с использованием элементов LEED и BREEAM применительно к уникальным местным потребностям и условиям. ESTIDAMA, основанная в Абу-Даби, столице ОАЭ, представляет собой методологию для «зеленого» строительства. ESTIDAMA гарантирует, что устойчивость постоянно рассматривается с четырех заранее определенных точек зрения: экологической, экономической, социальной и культурной. ESTIDAMA в переводе с арабского означает «устойчивость».

В рамках ESTIDAMA существует система рейтинга экологически чистых зданий под названием Pearl Building Rating System, которая используется для оценки методов устойчивого развития зданий в Абу-Даби. Система оценки зданий Pearl поощряет минимизацию воды, энергии и отходов, использование местных материалов и направлена на улучшение цепочек поставок экологически чистых и переработанных материалов и продуктов. Введенная в 2010 г., она является обязательной в Абу-Даби: все здания должны иметь как минимум один рейтинг Pearl (из пяти максимально возможных «жемчужин»), а все здания, финансируемые государством, – два рейтинга Pearl (1 «жемчужина» – 20 баллов; 2 – 60; 3 – 85; 4 – 115; 5 – 140). В городе уже появилось более 1 тыс. зданий с рейтингом в две «жемчужины» и более и 1,4 тыс. – в одну «жемчужину». Рейтинговая система может применяться

к зданиям во всех секторах застроенной среды, включая виллы. Среди заявленных целей – снизить потребление энергии и воды на 30 % до 2030 г. и повысить использование топлива, позволяющего получить экологически чистую энергию, до 75 % к 2050 г.

По данным Совета по экологическому строительству США, ОАЭ имеет 3,13 млн м² сертифицированных площадей и входит в десятку стран по LEED-показателю [78].

Например, здание ICD Brookfield Place площадью 1 млн кв. футов (более 100 тыс. м²) в Международном финансовом центре Дубая получило три наивысших рейтинга: платиновый уровень LEED, SmartScore и WiredScore. Это одно из самых высоких и масштабных сооружений с мультирейтингом. ICD Brookfield Place находится в топе-20 небоскребов мира с платиновым сертификатом LEED.

Проект отличается уникальными «зелеными» характеристиками. В нем на 30 % больше свежего воздуха по сравнению с требованиями ASHRAE Std 62.1–2004 «Вентиляция и качество воздуха в помещении», что значительно выше местных стандартов HVAC. Спроектирована технологическая система дезинфекции ультрафиолетовым светом, предотвращающая 100 % потенциальной передачи бактериальных и вирусных инфекций. Установлены умные датчики, влияющие на самочувствие, непрерывно производится мониторинг CO₂.

Почти все помещения (95 % пространства) имеют открытые обзоры. Здание имеет фасадное остекление с высокими эксплуатационными характеристиками для контроля солнечного излучения и потери тепла, а также сохранения прохлады. Миллионы тонн воды ежегодно экономятся за счет рециркуляции воды для питания деревьев и растений. В ряде элементов объекта использовались переработанные материалы, была заказана древесина из сертифицированных устойчивых лесов. Размещены 46 высокоскоростных лифтов с интеллектуальным управлением, не говоря о сверхбыстром Wi-Fi во всех общественных местах, резервном генераторе, усовершенствованной панели управления производительностью здания и др. (рис. 4).

В ОАЭ реализовано около 500 LEED-проектов, зарегистрировано – более 3 тыс. С учетом локальных программ сертификации Абу-Даби занимает первое место в мире, где более 22,4 тыс. объектов признаны экологичными согласно ESTIDAMA. Далее приводится краткое сравнение показателей строительства LEED и ESTIDAMA (табл. 3).



Рис. 4. ICD Brookfield Place в топе-20 «зеленых» небоскребов мира.
(Источник: <https://www.brookfieldproperties.com/en/our-properties/icd-brookfield-place-332.html>)

Таблица 3

Краткое сравнение нормативов в Дубае

Критерий	ESTIDAMA	LEED
Применимость	Все здания в Дубае (новые, существующие, отремонтированные и т. д.), но не временные	Все здания с региональными решениями, признавая при этом местные реалии
Инновации	Поощряются инновации и альтернативные методы	Инновации в дизайне. Образцовое представление и пилотный кредит до пяти баллов
Стоянка	Здание с более чем 20 парковками: 5 % от общего числа автомобилей будут выделены для парковки автомобилей с низким уровнем выбросов, экономичных транспортных средств	5 % от общей парковки для автомобилей с низким уровнем выбросов и экономичных автомобилей, 3 % для заправочных станций на альтернативном топливе, 3 % для эквивалента полной занятости (FTE) жильцов

Критерий	ESTIDAMA	LEED
Ландшафтный дизайн	25 % общей площади растений должны быть адаптированы к климату Дубая	Нет спецификации
Наружное освещение	Экранированное освещение с автоматическим управлением, препятствующим освещению ночного неба. Настенные светильники должны пропускать за фасад здания не более 10 % светового потока	Плотность мощности наружного освещения не должна превышать указанную в стандартах ANSI*/ASHRAE**/IESNA Std*** с элементами управления. Максимальное начальное значение освещенности – не более 0,10–0,20 фут-кандел по горизонтали и вертикали
Крыша	Если 30 % крыши не покрыто растительностью, то 75 % площади крыши должно иметь: минимальный показатель коэффициента солнечного отражения SRI > 29 для крутых скатных крыш; для плоских и пологих крыш > 78	Если только 50 % крыши не покрыто растительностью или не соответствует определенным критериям, то 75 % поверхности крыши должно иметь: для крыш с малым уклоном SRI минимум 78; с крутым уклоном SRI минимум 29
Ориентация застекленного фасада	50 % застекленного фасада должно быть ориентировано на север под углом 150° с востока на север	Связь с внешним пространством должна быть обеспечена через обзорное остекление на высоте от 30 до 90 дюймов над уровнем чистового пола для жилых зданий в 90 % всех регулярно занятых площадей
Искусственный ландшафт (hardscape)	50 % хардскейпа с минимальным SRI 29	50 % архитектурных материалов с показателем SRI не ниже 29
Тепловой комфорт	Система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха HVAC должна быть применима в течение 95 % годового времени при температуре сухого термометра от 22,5 до 25,5 °C. Относительная влажность от 30 (min) до 60 % (max)	HVAC и ограждающие конструкции здания должны соответствовать требованиям ASHRAE или ISO 7730:2005 – Ergonomics of the Thermal Environment, «Эргономика тепловой среды»****

Критерий	ESTIDAMA	LEED
Акустический контроль	Согласно документу E 2003 UK	Должны соответствовать стандартам ASHRAE или CEN***** (часть, посвященная качеству внутренних помещений)
Энергетическая производительность	U (коэффициент теплопередачи и оптических свойств) равен $0,3 \text{ Вт/м}^2$ для крыши и $0,57 \text{ Вт/м}^2$ для наружной стены. U для остекления колеблется от 1,9 до $2,1 \text{ Вт/м}^2$, если менее 40 % остекления. SC (shading coefficient, коэффициент затенения) от 0,25 до 0,4 max, если менее 40 % остекления	Ограждающие конструкции и системы здания должны соответствовать базовым требованиям с использованием всего энергетического моделирования здания. Предписание по соответствию требованиям ASHRAE
Древесина	25 % древесины, используемой для временного или постоянного строительства, должно быть сертифицировано	Минимум 50 % древесины должно быть сертифицировано в соответствии с принципами и критериями Лесного попечительского совета FCS для деревянных строительных компонентов
Переработанные материалы	5 % от общего количества материалов в строительстве	10 или 20 %, в зависимости от стоимости
Местные материалы	Материалы, доступные на региональном уровне, должны составлять не менее 5 % от общего объема используемых при строительстве здания	Использование в строительстве материалов местного производства от 10 до 20 % с учетом процентного отношения стоимости использованных местных материалов к стоимости общего объема материалов, используемых на объекте

* ANSI (American National Standards Institute, Американский национальный институт по стандартам) входит в организации ISO и IEC.

** ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, Американское общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха) является руководящим органом, который создает и публикует стандарты качества воздуха в помещении, теплового комфорта и энергоэффективности.

*** IESNA (Illuminating Engineering Society of North America, Светотехническое общество Северной Америки).

**** ISO (International Organization for Standardization, Международная организация по стандартизации).

***** CEN (Comité Européen de Normalisation, European Committee for Standardization, Европейский комитет по стандартизации).

Особенность системы ESTIDAMA состоит в том, что она, подобно стандарту BREEAM, придает наивысшее значение категории «Энергетика». Тогда как LEED отдает приоритет категории «Качество внутренней среды». Однако достижение улучшенных энергетических характеристик, связанных с возобновляемыми источниками энергии, в соответствии с ESTIDAMA не является строгим (как в BREEAM). LEED же наиболее мягок в кредитах энергоэффективности. Из сравнения двух систем оценки экологичного строительства видно, что ближневосточные требования почти совпадают с LEED-показателями. Такова же ситуация и в Северной Африке (Египет, Тунис, Марокко и др. страны).

Особо стоит упомянуть современное правительственное здание DEWA Al Sheraa (площадью 2 млн кв. футов) в Дубае. Новая штаб-квартира Управления водоснабжения и электроснабжения (DEWA) под названием Al-Sheraa («парус») стала самым высоким, самым большим и умным зданием с нулевым потреблением энергии (ZEB) в мире стоимостью 1 млрд дирхамов ОАЭ.

С самого начала здание DEWA было спроектировано таким образом, чтобы получить платиновый рейтинг LEED и серебряный рейтинг WELL. На нем размещено более 22 тыс. м² фотоэлектрических солнечных панелей, которые производят более 4.4 тыс. кВт пиковой мощности. Установлено около 1 тыс. м² интегрированных фотоэлектрических систем BIPV. Общий годовой объем возобновляемой энергии, вырабатываемой зданием, составил более 6,5 тыс. МВтч из возобновляемых источников энергии. Интенсивность использования энергии EUI здания составила 58 кВт/м²/год. В комплексе используются новейшие технологии, включая Интернет вещей (IoT), большие данные и открытые данные, искусственный интеллект (AI), роботы для очистки солнечной крыши PV. Кроме того, объект потребляет на 50 % меньше воды, чем в обычных зданиях (рис. 5).



Рис. 5. DEWA Al Sheraa в Дубае. Здание напрямую соединено мостом со станцией метро Jadaf, что стимулирует использование общественного транспорта для уменьшения трафика и углеродного следа. (Источник: <https://www.dewa.gov.ae/en/about-us/media-publications/latest-news/2019/10/dewa-awards-contract>)

При разработке проекта было создано 25 моделей в программной среде BIM, объединенных в древовидную систему отчетности для понимания, фильтрации, определения приоритетов, управления и в конечном итоге разрешения сотен тысяч возможных конфликтов. Масштаб задачи заставил проектировщиков отказаться от устаревшего табличного формата обнаружения коллизий (рис. 6).

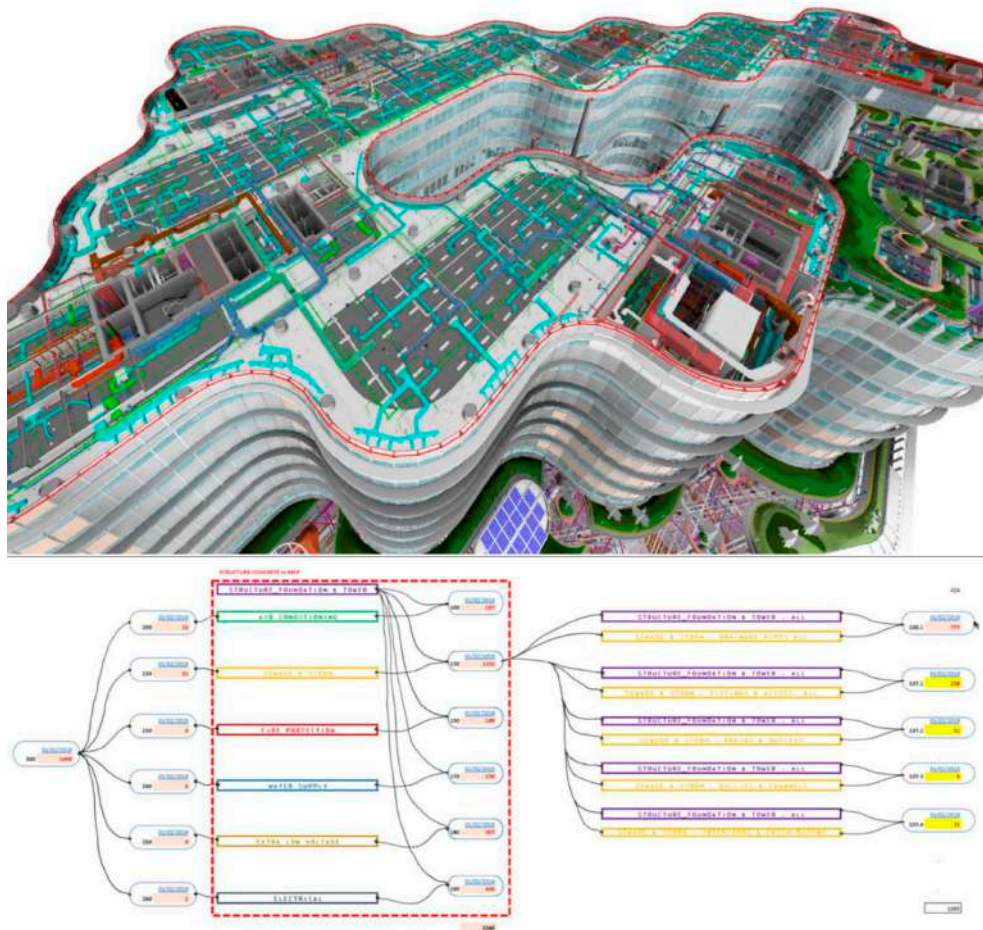


Рис. 6, начало. Новаторская BIM-координация расчетов для DEWA Al Sheraa (Дубай). Исполнитель: EB/Architects.
(Источник: <https://www.ebarchitects.eu/work/bim-for-dewa>)

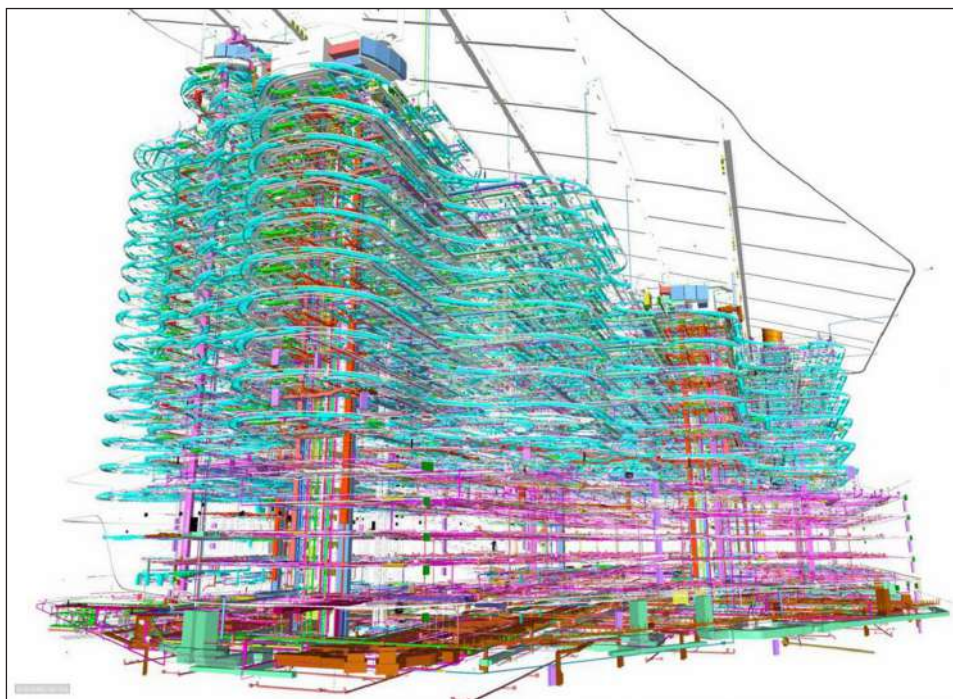


Рис. 6, окончание. Новаторская BIM-координация расчетов для DEWA Al Sheraa (Дубай). Исполнитель: EB/Architects.

(Источник: <https://www.ebarchitects.eu/work/bim-for-dewa>)

В Южной Африке применяется австралийский стандарт Green Star в качестве основного инструмента оценки «зеленого» строительства. Бюро стандартов Южной Африки (SABS) разработало набор стандартов, обеспечивающих основу для контроля и управления, и минимальные требования к передовой практике «зеленых» зданий. Наряду с Green Star для рейтинга используется Инструмент оценки устойчивого строительства (Sustainable Building Assessment Tool, SBAT). Совет по экологическому строительству в Южной Африке поддерживает практику дополнительных стандартов, сосредоточенных на одном или двух аспектах «зеленых» зданий:

- EDGE фокусируется на выбросах и сокращении выбросов углерода, экономии воды и снижении стоимости жизни в жилых зданиях;
- Energy Water Performance обеспечивает ориентиры и показатели для потребления энергии и воды в жилых домах;

- Net Zero связан с оценкой углерода, воды, выбросов и экологии (климатической нейтральности). Достижение целевых показателей чистого нуля требует перехода от ископаемого топлива к устойчивым источникам энергии. Если выбросы CO₂, возникающие непосредственно в результате строительства, сократить до чистого нуля, концентрация CO₂ в атмосфере снизится и глобальная средняя температура поверхности стабилизируется. Стандарт фокусируется на поддержании баланса между антропогенными выбросами из источников и абсорбцией парниковых газов поглотителями. Чтобы остановить глобальное потепление, стандарт предлагает меры по снижению всех выбросов, включая метан, окись азота и фторированные газы.

Таким образом, обзор систем сертификации экологичного строительства в мире показал, что ключевые критерии, такие как потребление энергии и воды, устойчивые объекты, материалы, отходы и загрязнение, управление и качество внутренней среды, упоминаются всеми перечисленными инструментами оценки. Однако существуют и различия. Например, критерий «экологические показатели» охватывает более широкий спектр показателей в сингапурской Green Mark. По сути, он включает в себя несколько подкатегорий, охватывающих устойчивое строительство, экологически чистые продукты, управление хладагентами и озеленение. Все подкатегории связаны с экологически чистыми материалами, ресурсами и устойчивым использованием участков. В Green Mark большое внимание уделено энергоэффективности. Почти 50 % кредитных баллов в Green Mark связаны с критериями по энергетике. Основной причиной обращения внимания на энергию стал ожидаемый рост ее потребления в будущем.

Итак, причина интереса большинства инструментов «зеленого» рейтинга к кредитам по энергетике заключается в том, что бережливое использование энергетических запасов имеет глобальное измерение. Этому есть объяснение. С 1970-х гг. Земля находится в состоянии перерасхода ресурсов. Из-за интенсификации хозяйственной деятельности люди используют больше биомассы и производят отходы со скоростью, создающей угрозу безопасности экосистеме.

LEED также фокусируется на энергетических критериях. По сравнению с BREEAM, BEAM Plus и CASBEE рейтинг LEED является наиболее строгим и относительно менее гибким в своих критериях оценки с точки зрения энергопотребления. Несмотря на строгие критерии, фактическое потребление сертифицированных по LEED зданий сопоставимо с BREEAM

и BEAM Plus. Green Star выделяет 24 кредита из 100 на энергию. Тем не менее в «Зеленой Звезде» нет минимальных требований в качестве условий конкурса, т. е. здание может быть сертифицировано на основе двух или трех критериев из восьми. Сокращение выбросов парниковых газов не является обязательным, хотя строительный сектор производит существенную долю парниковых газов. Качество внутренней среды (IEQ) включает такие факторы, как освещение, качество воздуха и влажность, и связано со здоровьем тех, кто в нем находится. Если внутренняя среда помещения неудовлетворительна, появляется синдром «больного» здания. Вот почему японский CASBEE больше фокусируется на критериях IEQ. В Green Star 17 % кредитов относятся к IEQ.

Сумма баллов может быть настроена так, чтобы отражать возможности и ограничения каждого здания. Это делается путем проверки пунктов, не применимых к рассматриваемому проекту, которые затем исключаются из суммы возможных баллов.

Рейтинг производительности всегда будет присваиваться на основе производительности на протяжении всего жизненного цикла здания, т. е. на основе общего количества полученных баллов. Индексы устойчивости SI в разных системах сертификации присваиваются в соответствии с оценкой, полученной отдельно по каждой оцениваемой категории в соответствии со шкалами. В качестве примера можно привести стандартизацию (категоризацию) оцениваемых элементов в BREEAM, BEAM Plus, LEED™, MSDG (Master in Management of Sustainable Development Goals), GBTOOL (Green Building Challenge process) и CASBEE (табл. 4).

Таблица 4

Стандартизация (категоризация) оцениваемых элементов в BREEAM, HKBEAM, LEED™, MSDG, GBTOOL и CASBEE

Стандарт	Категория	Баллы, %
<i>Управление использованием энергии</i>		
BREEAM	Индивидуальное измерение (представление) (16) + политика энергопотребления (8) + аудит энергопотребления (8) + распространение результатов (8) + мониторинг CO ₂ (24) + потребление ниже эталонного (8) + программирование эксплуатации и технического обслуживания (16)	80/1062 (7,53 %)

Стандарт	Категория	Баллы, %
BEAM Plus	Энергопотребление (13) + снижение пикового спроса (3) + запрет озоноразрушающих веществ (ODP) (5)	21/59 (35,59 %)
LEED™ v.2	Оптимизация производительности (10) + возобновляемая энергия (4) + сокращение выбросов озоноразрушающих веществ (OBKV-HVAC и талоны) (1)	15/69 (21,74 %)
MSDG	Расположение и конфигурация здания (2) + тепловые характеристики оболочки (2) + интеграция дневного освещения (2) + эффективные системы искусственного освещения (2) + механические системы с максимальной производительностью (2) + эффективное оборудование и устройства (1) + альтернативные источники энергии (3) + снижение энергопотребления (12)	26/100 (26 %)
GBTool (взвешивание)	Энергия, заложенная в материалах (2 %), + потребление энергии при эксплуатации (2 %)	Только % (4 %)
CASBEE (взвешивание)	Тепловая нагрузка здания ($5 / 220 \cdot 0,3 \cdot 0,5$); использование природной энергии ($10 / 220 \cdot 0,2 \cdot 0,5$); КПД строительных систем ($5 / 220 \cdot 0,3 \cdot 0,5$); эффективная работа ($10 / 220 \cdot 0,2 \cdot 0,5$)	30/220 3,5 (вес) (9,63 %)
<i>Управление качеством внутренней среды</i>		
BREEAM	Профилактика легионеллеза в строительных системах (12) и градирнях (6) + качество воздуха в помещении и вентиляция (24) + легкий комфорт (24) и доступ к видам (6) + комфорт тепловой (6) + акустический комфорт (6) + график технического обслуживания (30) + инспекция безопасности системы горячего водоснабжения (ГВС) (6) + опрос удовлетворенности пользователей (12)	132/1062 (12,43 %)
BEAM Plus	Биологическое загрязнение + легионеллез из градирен (2) + измерительное и контрольное оборудование (3) + качество воздуха в помещении (5) + летучие органические соединения и опасные материалы (2) + световой комфорт (2) + акустический комфорт (2)	16/59 (27,12 %)

Продолжение табл. 4

Стандарт	Категория	Баллы, %
LEED™ v.2	Мониторинг CO ₂ (1) + вентиляция (1) + план обеспечения качества воздуха во время строительства (2) + летучие органические соединения (4) + химические загрязнители (1) + температурный комфорт (2) + естественное освещение и доступ к обзорам (2)	13/69 (18,84 %)
MSDG	Чистая и здоровая среда (3) + контроль влажности (3) + вентиляция для контроля загрязняющих веществ и температурный комфорт (6) + тепловой комфорт (3) + эффективное освещение (3) и доступ к обзорам (3) + акустический комфорт (3)	24/100 (24 %)
GBTool (взвешивание)	Качество воздуха в помещении и вентиляция (IAQ) (6 %) + тепловой комфорт (5 %) + естественное и искусственное освещение (5 %) + акустический комфорт (шум и акустика) (3 %) + электромагнитное загрязнение (1 %) + уединение и доступ к солнечному свету и обзорам (3 %)	Только % (23 %)
CASBEE (взвешивание)	Шум и акустика (15 / 220 · 0,15 · 0,5); тепловой комфорт (15 / 220 · 0,35 · 0,5); освещение (20 / 220 · 0,25 · 0,5); качество воздуха (15 / 220 · 0,25 · 0,5)	65/220 8,125 (вес) (22,35 %)
<i>Управление материалами и сокращение отходов</i>		
BREEAM	Отсутствие использования асбеста (8) + соответствие спецификациям Green Guide (32) + сертифицированная древесина (16) + повторное использование в строительстве (16) + использование вторичного заполнителя (8) + информация о наличии опасных материалов (8) + выделенное место к хранению и сбору вторсырья (8) + политика утилизации (8)	104/1062 (9,79 %)
BEAM Plus	Использование древесины (3) + объекты/сооружения для переработки (1) + использование вторичного сырья (4) + жидкие стоки (сброс остаточной строительной воды) (1) + доступ автотранспорта для сбора отходов для утилизации (2)	11/59 (18,6 %)

Стандарт	Категория	Баллы, %
LEED™ v.2	Повторное использование в строительстве (3) + повторное использование материалов (2) + переработанные материалы (2) + местные материалы (2) + быстро возобновляемые материалы (1) + сертифицированная древесина (1) + + управление устройством защитного отключения (RCD) (2)	13/69 (18,84 %)
MSDG	Низкий уровень воздействия (3) + повторно используемые и/или переработанные материалы (2) + продукты с содержанием вторичного сырья (1) + возобновляемые (1) + местные (1) + низкий уровень выбросов летучих органических соединений (VOC) (3) + долговечный (1) + + пригодный для вторичной переработки материал (2) + + повторное использование зданий (3) + проект по сокращению использования материалов (2) + + проект по разборке/сносу (2) + управление отходами (повторное использование и переработка отходов сноса; сокращение и переработка строительных, упаковочных и произведенных отходов пользователями; сокращение и надлежащая утилизация опасных отходов) (5)	26/100 (26 %)
GBTool (взвешивание)	Повторное использование в строительстве (1,6 %) + + отправка существующих материалов на переработку за пределами объекта (1,4 %) + повторное использование материалов, поступающих извне (1,3 %), + сертифицированная древесина (1,3 %) + материалы с перерабатываемым содержанием (1,3 %) + жидкие стоки (хозяйственно-бытовые сточные воды) – 1,25 %) + надлежащее обращение с опасными материалами, образующимися в результате RCD (1,25 %), + обращение с твердыми отходами (2,5 %)	Только % (12 %)
CASBEE (взвешивание)	Экологически чистые материалы (30 / 220 · 0,85 · 0,3)	30/220 7,65 (вес) (21,05 %)

Если проанализировать оценку категорий различными системами стандартизации, то обнаруживаются различные подходы к понятию экологичного строительства. Скажем, LEED™ v. 2 отводит трем категориям (использованию энергии, управлению качеством внутренней среды, материалам

и сокращению отходов) 41 балл из 69 (59,42 %), т. е. почти 2/3 всех баллов. CASBEE – 125 баллов из 200 (53,03 %), можно сказать, больше половины. GBTools – 39 %. BREEAM – 316 (29,75 %), т. е. меньше 1/3 всех баллов (1062). Это говорит о том, что перед нами – развивающиеся оценки и стратегии постепенного внедрения. С другой стороны, использование уровней рейтинга производительности стало результатом периодического пересмотра систем оценки и классификации зданий [79].

Некоторые критерии, такие как региональный приоритет в LEED, обслуживание на основе подхода жизненного цикла и планирование жизненного цикла в BREEAM, не приняты в Green Star. Очевидно, что игнорирование соображений стоимости в инструментах оценки, а в некоторых случаях отсутствие кадастров жизненного цикла здания препятствует развитию экологичного строительства. Если бы данным затратам можно было уделить внимание на начальных этапах, включая планирование «участников жизненного цикла» в программной среде, развитие экологически чистых зданий продвигалось более быстрыми темпами. Следует указать на отсутствие конкретных модулей для оценки финансовых выгод и возможностей для бизнеса, связанных с устойчивым строительством. Таким образом, из существующих основных типов инструментов «зеленого» строительства выбор варианта экологической сертификации² важен, чтобы оценить производительность строительных продуктов (их жизненного цикла и воздействия на окружающую среду), в то время как рейтинговые техники могут послужить ориентиром для принятия решений по определению критериев проектирования (табл. 5).

Подводя итог, можно сказать следующее. Рейтинговые системы LEED и BREEAM являются основными инструментами рейтинга экологически чистых зданий не только в США и Соединенном Королевстве, но и в мире. В табл. 6 перечислены наиболее существенные различия и сходства между двумя наиболее распространенными экологическими сертификатами.

² К примеру, Energy Star является государственной сертификацией США, основанной на оценке эффективности использования электроэнергии; Water Sense – знаком эффективного расхода воды в зданиях; Forest Stewardship Council связан с оценкой продукции деревообработки; Scientific Material Content Certification создан для анализа широкого спектра продукции в области экологии и устойчивого развития; Green Seal (Certified to Type I ISO) применяется для сертификации красок, светильников, дверных блоков, индивидуальных мебельных композиций и т. д. с подтверждением высоких стандартов качества материалов без вредных излучений; Cradle to Cradle оценивает материалы на экологичность; Greenguard – качество воздуха в помещениях и многие другие системы.

Другие рейтинги, например Green Mark или Green Star, в большинстве случаев остаются невостребованными, так как в них отсутствуют обязательные критерии по сравнению с LEED, а сертификация может быть получена без выполнения всех ключевых критериев. Кроме того, на фоне высоких затрат на строительство важны правила и стимулы для продвижения «зеленых» зданий (налоговые льготы, льготы по акцизным сборам, минимальный уровень квалификации для профессионалов в качестве предварительного условия для лицензий, выдаваемых подрядчикам, приоритет при получении кредита, помощь в получении экологических лицензий и сертификатов качества и др.).

Таблица 5

Критерии оценки рейтинговых техник

LEED	BREEAM	Green Mark	Green Star
Площадки (Sites)			
Чувствительная защита земли. Площадки с высоким приоритетом. Окружающая плотность и разнообразное использование. Оценка площадки. Защита или восстановление среды обитания. Открытое пространство. Уменьшение теплового острова	Близость к удобствам. Выбор площадки. Экологическая ценность участка и охрана. Улучшение экологии площадки. Долгосрочное воздействие на биоразнообразие. След здания	Сохранение деревьев, защита зеленых насаждений на территории и придорожной полосе, а также реализация пышного озеленения в рамках проектов застройки. Предоставление зеленых насаждений	Экологическая ценность. Устойчивые площадки. Эффект теплового острова. Световое загрязнение
Энергия (Energy)			
Расширенный ввод в эксплуатацию. «Зеленая» энергия и компенсация выбросов углерода. Усовершенствованное управление хладагентом. Возобновляемая энергия. Усовершенствованный учет энергии. Оптимизированная энергоэффективность	Энергоэффективность. Мониторинг энергии. Внешнее освещение. Низкоуглеродные и нулевые технологии. Энергоэффективное холодильное хранение. Энергоэффективный транспорт. Энергоэффективное оборудование. Воздействие хладагентов	Оболочка здания. Эффективная вентиляция. Лифты и эскапаторы. Энергоэффективные практики. Возобновляемая энергия. Хладагенты	Выбросы парниковых газов. Пиковое снижение спроса на электроэнергию. Измерение и мониторинг воздействия хладагента. Возобновляемые источники энергии

<i>Voda (Water)</i>			
Управление дождевой водой. Сокращение использования наружной воды. Сокращение потребления воды внутри помещений. Использование воды градин. Учет воды	Качество воды. Потребление воды. Мониторинг воды. Обнаружение и предотвращение утечки воды. Водосберегающее оборудование. Поверхностный сток	Водосберегающие фитинги. Использование воды и обнаружение утечек. Система орошения и ландшафтный дизайн. Расход воды градинками. Ливневая вода	Питьевая вода. Ливневая вода
<i>Качество внутренней среды (IEQ)</i>			
Усовершенствованные стратегии качества воздуха в помещениях. Материал с низким уровнем излучения. Качество воздуха в помещении при строительстве. План управления. Оценка качества воздуха в помещении. Тепловой комфорт. Внутреннее освещение. Дневной свет. Качественные обзоры. Акустические характеристики	Визуальный комфорт. Качество воздуха в помещении. Тепловой комфорт. Акустические характеристики. Шумоподавление	Дневной свет. Искусственное освещение. Вентиляция на парковках. Вентиляция в местах общего пользования. Тепловой комфорт. Уровень шума. Загрязнители воздуха в помещении. Управление качеством воздуха в помещении. Высококачественный балласт (ВЧ балласты спроектированы так, чтобы иметь меньшие потери мощности, что обеспечивает дальнейшее повышение эффективности схемы высококачественных светильников)	Качество воздуха в помещении. Акустический комфорт. Комфорт освещения. Визуальный комфорт. Внутренние загрязнители. Температурный комфорт

Окончание табл. 5

LEED	BREEAM	Green Mark	Green Star
<i>Материалы (Materials)</i>			
Снижение воздействия жизненного цикла здания. Экологическая декларация продукта. Источники сырья. Материальные ингредиенты	Влияние жизненного цикла на изоляцию. Ответственный подход к выбору материала. Проектирование с расчетом на надежность. Переработанные заполнители. Предполагаемая отделка пола и потолка	Устойчивые продукты. Устойчивое строительство	Воздействие на жизненный цикл. Ответственные строитель- ные материалы. Устойчивые продукты. Отходы строительства и сноса
<i>Управление (Management)</i>			
LEED аккредитация	Устойчивые закупки. Участие заинтересованных сторон. ЖЦС и планирование срока службы. Практика ответственного строительства. Воздействие на строитель- ную площадку	Практика экологического менеджмента	Аккредитация «Зеленая Звезда». Профессиональный ввод в эксплуатацию и настройка. Адаптация и устойчивость. Информация о здании. Приверженность эффектив- ности. Экологический менеджмент строительства

Отходы и загрязнение (Waste & pollution)			
Отходы строительства и сноса. Доступ к качественному транспорту. Велосипедный транспорт. Уменьшение площади парковок. Экологичные автомобили. Световое загрязнение	Управление строительными отходами. Эксплуатационные отходы. Доступность общественного транспорта. Альтернативные виды транспорта. Максимальная вместимость автостоянки. План путешествия. Выбросы NOx (оксида азота). Уменьшение светового загрязнения	«Зеленый транспорт»	Устойчивый транспорт. Эксплуатационные отходы
Другое (Other)			
Интегративный процесс. Региональный приоритет	Безопасный доступ. Опасности (Hazards)		Микробный контроль

Таблица 6

Различия и сходство между LEED и BREEAM

Аббревиатура	LEED	BREEAM
Полное название	(Leadership in Energy and Environmental Design) – Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании	(Building Research Establishment Environmental Assessment Method) – Метод экологической оценки эффективности зданий британского научно-исследовательского строительного института BRE Global
Используется	С 1998 г.	С 1990 г.
Страна происхождения	США	Великобритания
Вкратце	LEED – наиболее широко используемая в мире система сертификации экологически чистых зданий. Единая общая стратегия LEED USGBC. Чтобы пройти сертификацию, здание должно соответствовать определенным минимальным требованиям	BREEAM – ведущая система экологической классификации в Европе. Отдельные версии: – для Великобритании; – Европы; – Дании; – стран Персидского залива; – международная; – индивидуальная. Стандарт предназначен для минимизации воздействия строительства на окружающую среду

Категории оценки	Землепользование. Использование воды. Энергопотребление и выбросы. Материалы и строительные ресурсы. Внутреннее пространство и инновационный дизайн	Управление проектом. Использование энергии. Здоровье и благополучие. Транспорт. Использование воды. Использование материала. Обработка отходов. Землепользование и воздействие на ближайшую среду. Загрязнение
Типы зданий	Особенно хорошо подходит для офисов, торговых центров. Подсистемы для типов проектов: – арендное жильё; – магазины; – школы; – больницы; – логистика; – центры обработки данных; – жилые дома	Подходит: – для школ; – больниц; – жилых домов; – офисов; – промышленных, складских и коммерческих зданий; – торговых центров; – арендного жилья. Также хорошо подходит для реновации. Все типы зданий удовлетворяют требованиям заказчика

Окончание табл. 6

Аббревиатура	LEED	BREEAM
Рейтинговая шкала	Сертифицировано. Серебро. Золото. Платина	Зачтено. Хорошо. Очень хорошо. Отлично. Выдающийся результат
Одобрение	В системе LEED проектная группа самостоятельно собирает необходимую документацию, а затем представляет ее в USGBC (Совет по экологическому строительству США) для оценки. Заявка на сертификацию проверяется GBCI (Green Building Certification Inc.) под контролем USGBC. Сертифицированные бизнес-консультанты LEED AP ведут проекты к сертификации. Итоговую оценку здания проводят две независимые компании, члены LEED	Система BREEAM требует, чтобы всегда привлекался обученный оценщик BREEAM. Оценщик проверяет выполнение всех требований проекта
Документация	Для проектной группы требуется довольно много бумажной работы	Меньше бумажной работы, чем в LEED, которой занимается оценщик, а не команда проекта

Индикаторы	На основе стандарта ASHRAE (Американское общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха)	Для измерения выбросов углекислого газа (предназначены для их уменьшения)
Положительные стороны	Общие критерии во всем мире, легко проводить сравнения	Единственная в мире система, рассматривающая 50 лет функционирования здания с помощью LCA. Индикаторы, разработанные для европейских условий, могут быть легко применены к европейской части России
Отрицательные	Многие требования основаны на американской политике, но к некоторым требованиям можно применить европейские нормативы	Не так широко используется, как LEED, поэтому вариантов для сравнения меньше

Существующие в мире образцы «зеленого» строительства демонстрируют относительно сбалансированные ISO-показатели в экологических, социальных и экономических аспектах [80]. DGNB лучше всех охватывает большинство показателей ISO. Система BREEAM является единственной рейтинговой системой, которая охватывает все показатели экономического аспекта ISO. LEED и ITACA уделяют больше внимания экологическим аспектам, а глубина оценки LEED в этом аспекте выше, чем у остальных. AQUA подчеркивает местный сценарий. HQF – это единственная рейтинговая система, которая оценивает все показатели ISO, связанные с внешней средой. Модель мультисертификации также полезна для рассмотрения широкого спектра устойчивого строительства.

Переход к «зеленому» строительству должен сочетаться с переходом к «зеленой» культуре и инновациям, к инфраструктуре, которую должны обеспечить местные власти, привлекая при этом частный сектор и различные категории заинтересованных сторон. Ключевая стратегия «зеленого» строительства состоит в продвижении энергоэффективности как обязательного аспекта национальных строительных норм.

2. НАЦИОНАЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА И «ЗЕЛЕННОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1. Экологическая сертификация зданий в Австралии: Green Star

Строительство – искусственная среда, и оно является крупнейшим в мире источником выбросов парниковых газов (двуокись углерода, метан, окись азота), влияющих на изменение климата. Большое количество отходов образуется в результате производства, транспортировки и использования материалов. На здания приходится 50 % мирового потребления материалов, 71 % потребления электроэнергии. Именно здания производят 42 % (15Гт из 36,3) годовых выбросов парниковых газов на планете.

Еще за 38 % отвечает энергетика, тесно связанная со строительством. На долю промышленного водопользования (термоэлектростанции, производственные предприятия, рудо- и нефтеперерабатывающие заводы, плотины гидроэлектростанций) приходится 22 % мирового потребления воды. В мире строительство, горное дело, карьерные работы, производство вместе с домохозяйствами потребляют 295,3 млн м³ из 389 млн м³ всей забранной пресной воды (около 3/4 потребляемой пресной воды). Ежегодно для строительства потребляется около 40 % мирового сырья – камней, гравия и песка и 25 % первичной древесины. Следует отметить, что в США на долю строительной деятельности приходится около 29 % промышленных отходов в год, более 50 % в Великобритании, примерно столько же в Европейском союзе [81].

Человечество превысило глобальную пропускную способность для ключевых категорий потребления. Ожидается, что в период с 2020 по 2060 г. в мире будет наблюдаться крупнейший в истории человечества рост объемов строительства и инфраструктуры, в результате которого площадь новых зданий составит около 241 млрд м², что эквивалентно ежемесячному увеличению площади всего Нью-Йорка в течение 40 лет. Кроме того, три

четверти инфраструктуры, которая будет существовать в 2050 г., еще не построены. Соответственно, чтобы приблизиться к целям по декарбонизации, такие объекты должны быть с нулевыми выбросами парниковых газов. Это означает минимизацию энергопотребления, использование полностью электрических систем для предотвращения выбросов при сжигании газа на объекте и его привязку к энергии, генерируемой из возобновляемых источников (энергии солнца, ветра, геотермальной и т. п.). Следует также учитывать и воздействие на экологию строительных материалов, выбирая при их производстве альтернативы с более низким содержанием углеродного сырья в виде сжигаемого топлива.

В Австралии инструменты экологической оценки строительных объектов дают количественные результаты для поддержки принятия решений среди альтернатив. Кроме того, тип рейтинга иллюстрирует производительность, основанную на согласованных (гармонизированных) стандартах строительства.

«Зеленый» стандарт Green Star решает проблему загрязнения посредством системы контрольных показателей передового опыта в области устойчивого развития. Green Star – одна из международно признанных систем экологической сертификации с целью оценить устойчивость застроенной среды (по состоянию на 2019 г. сертифицировано более 1450 проектов).

Данный протокол также популярен в Южной Африке. Стандарт призван изменить способ проектирования, строительства и эксплуатации как отдельного здания, так и целых комплексов застройки. Сфера энергетического менеджмента и «зеленого» строительства контролируется Австралийским советом по экологическому строительству (GBCA), созданным в 2003 г. На настоящий момент указанная организация является единственной в Австралии национальной добровольной рейтинговой системой для оценки экологического качества зданий, отделки, строительных ассоциаций и «зеленых» сообществ [82, 83].

Рейтинг экологической устойчивости Green Star может быть получен для зданий на разных этапах:

- проектирования (рейтинг «Дизайн»);
- строительства (рейтинг «Как построено»);
- отделки (рейтинг «Интерьеры») и текущей эксплуатации (оценка по категориям удобства для жизни):
 - экономическому процветанию;
 - окружающей среде;

- дизайна;
- управлению и инновациям.

Речь идет о демонстрации инноваций, внедрении устойчивых методов строительства, технических средств защиты здоровья жителей от негативных воздействий и загрязнений, решениях, повышающих производительность и экономию материалов и эксплуатационных расходов. Так, ряд новых кредитов данного рейтинга был разработан для решения собственно экологических проблем, т. е. рекультивации загрязненных земель, повторного использования земли, минимизации ПВХ при строительстве, использования экологической (легальной) древесины, рециклинга бетона и стали для строительства, достижения минимальной энергоэффективности и т. д.

Проекты оценивают по девяти категориям: управлению, качеству внутренней среды, энергии, транспорту, воде, материалам, землепользованию и экологии, выбросам и инновациям. В каждой категории доступно определенное количество кредитов. Оценка категории основана на проценте набранных доступных баллов. Оценочной комиссией присуждаются баллы проектам и набранный общий балл сравнивается с рейтинговыми критериями шкалы Green Star (табл. 7).

Таблица 7

Рейтинговые критерии шкалы Green Star

Баллы	Рейтинг	Категория
10–19	1 звезда	Наименьший уровень практики устойчивого строительства (minimum)
20–29	2 звезды	Средний (average)
30–44	3 звезды	Хороший (good)
45–59	4 звезды	Лучший (best)
60–74	5 звезд	Австралийское качество (Australian excellence)
75–100	6 звезд	Мировое лидерство (world leadership)

С помощью данных категорий оценивают воздействие на окружающую среду, которое напрямую связано с выбором площадки для проекта, с проектированием, строительством и техническим обслуживанием. Подобно LEED и BREEAM, каждая категория имеет определенный вес. В случае с Green Star

весовые коэффициенты категорий определяются путем обсуждения с учетом научных требований и заинтересованных сторон, в том числе:

- отчета ОЭСР (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) по проекту устойчивого строительства;
- Австралийского управления по теплицам;
- организации «Окружающая среда Австралии» (Environmental Australia);
- «Организации научных и промышленных исследований Содружества» (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO);
- Совместного исследовательского центра строительства (Cooperative Research Center for Construction);
- Департамента окружающей среды и наследия Содружества (Commonwealth Department of Environment and Heritage);
- национального исследования, проведенного Советом по экологическому строительству (Green Building Council, GBC).

Веса варьируются в зависимости от географического положения. Оценка взвешенной категории рассчитывается по следующей формуле

$$\text{Оценка взвеш. катег.} = \text{Оценка катег. (\%)} \cdot \text{Вес. коэф. (\%)} / 100. \quad (1)$$

Система «зеленых звезд» – довольно тонкий рейтинговый инструмент. Здание, претендующее на участие в рейтинге, должно быть построено так, чтобы потребление энергии было как минимум на 10 % (МДж/м²/год) ниже, чем в здании, построенном в соответствии с Национальным строительным кодексом 2019 г. Если потребление энергии снижено на 30 %, то строительство достигло цели исключительной эффективности и здание заслуживает оценки в 6 звезд. Среди оцениваемых параметров встречаются разнообразные секторы строительной индустрии: от многофункционального комплекса в парке Маккуори до промышленной зоны в Сиднее и муниципального водного центра Мельбурна.

Это высокоэффективные здания, работающие на возобновляемых источниках энергии, построенные из материалов с низким содержанием углерода, с продвинутым компенсационным дизайном, долговременным позитивным влиянием проектных решений на экологию, и современные технологии городского развития (включая высокачественный «зеленый» транспорт) после завершения строительства. Осознание ценности природных систем, акцент на эстетику городской среды, уменьшение использования невозобновляемых источников энергии и высокое качество жизни позволяют создавать места, которые обогащают, объединяют и вдохновляют жителей. В качестве

примера политики нового урбанизма можно привести одно из лучших высотных зданий не только Австралии, но и мира – One Central Park в Сиднее, получившее множество международных наград (рис. 7).



Рис. 7. One Central Park в Сиднее – многоквартирный дом-сад отличается своей концепцией устойчивого дизайна, включающего «зеленые» стены и программы рециркуляции воды. (Источник: https://www.archdaily.com/551329/one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc/54245755c07a80c9ea00007d-one-central-park-jean-nouvel-patrick-blanc-photo?next_project=no#)

Здание с рейтингом 5 «зеленых» звезд построено на месте бывшей пивоварни Carlton and United Breweries в викторианском стиле, обособленной и замкнутой промышленной территории (Central Park), преобразованной в устойчивое сочетание исторических построек и новых зданий с общественными пространствами, заполненными ландшафтными садами (рис. 8).



Рис. 8. Central Park в Сиднее – Центральный парк (бывшая пивоварня Carlton and United Brewery с остатками конюшен Kent Brewer), получил множество наград в области планирования, дизайна и архитектуры. Победитель в номинации «Новый дизайн пивоваренного двора в контексте наследия»; премия ЮНЕСКО Азиатско-Тихоокеанского региона за сохранение культурного наследия 2016 г. (Источник: <https://www.gml.com.au/projects/central-park-sydney>)

Небоскреб One Central Park состоит из восточной и западной жилых башен с шестью уровнями розничных магазинов, расположенных у основания двух башен. Ключевые особенности комплекса включают висячие сады площадью 1120 м² (пышные гидропонные растения, орошаемые инфраструктурой по переработке сточных вод), консольный гелиостат, внутреннюю установку по переработке воды (экономия до 1 млн л питьевой воды в день) и низкоуглеродную электростанцию с тремя генераторами, что позволяет сократить выбросы парниковых газов на 136 тыс. т в течение 25 лет.

Для озеленения было выбрано 35,2 тыс. растений 383 видов, в том числе некоторые местные растения, такие как акации. Как уже отмечалось, в садах используется система капельного орошения с дистанционным управлением и специальным процессом культивирования растений, при котором их корни прикрепляются к покрытому сеткой войлоку, пропитанному минерализованной водой, и далее флора растет без почвы вдоль всей поверхности стены.

One Central Park также необычен своей консолью, покрытой рядом отражающих панелей, автоматически перенаправляющих естественный солнечный свет в различные части близлежащего парка в тенистые периоды дня. Вечером гелиостат превращается в светодиодное произведение искусства. Дом в 34 этажа с 623 квартирами и бассейном является лишь частью многофункционального района застройки стоимостью 2 млрд долл. Рядом возрождается Центральный парк. Здание популярно среди иностранных студентов из-за близости к двум крупным университетам города: Технологическому и Сиднейскому.

В системе Green Star оценивается техническое обслуживание зданий, и проект вознаграждается за долгосрочное обслуживание. Также предметом рейтинга выступают совместные согласованные обязательства по экологичности между собственниками и арендаторами. Награды получают проекты с лучшим опытом энергоэффективности в зависимости от возраста здания. Также оценивается экологический менеджмент и роль владельца или управляющего зданием на разных стадиях жизненного цикла объекта. Подрядчик получает кредиты за текущую настройку систем, т. е. улучшение энергетического моделирования (при освещении, отоплении, кондиционировании воздуха и т. д.), минимизацию формальдегида, плотность и зонирование освещения, изменение экологической ценности объекта.

Сертификаты «Зеленой Звезды» получили 428 строительных проекта с застройкой почти 6 млн м². Для сравнения с сертифицированным зданием выбираются такие показатели, как «среднее» австралийское здание

и минимальные практические критерии. Скажем, сертифицированные здания с зеленой звездой вырабатывают в среднем на 62 % меньше парниковых газов, на 66 % меньше потребления электроэнергии, на 51 % меньше питьевой воды, чем в «средних» зданиях. В «зеленых» зданиях используют 96 % строительных отходов, тогда как в новых строительных проектах планируются к утилизации всего лишь 58 %. Рейтинг инноваций и новых стандартов передовой практики для предотвращения негативного воздействия зданий в меняющихся условиях австралийской окружающей среды, а также опыт и оценки заинтересованных сторон показали, что прежняя «передовая практика» со временем стала обычным стандартом требований по преобразованию застроенной среды на большей части рынка.

Green Star требует, чтобы здания были эффективными, укрепляли здоровье, потребляли меньше ресурсов и учитывали будущие климатические условия. Следует обратить внимание на семь мегатенденций, лежащих в основе Green Star для оценки новых зданий:

- сокращение выбросов углерода и эффективное использование энергии;
- разработка устойчивости к изменениям климата и другим потрясениям и стрессам;
- сокращение расхода воды при эксплуатации и строительстве;
- сохранение экосистемы и природного биоразнообразия;
- внедрение экономики замкнутого цикла и замкнутой цепочки поставок;
- сохранение здоровья и благополучия жильцов;
- качество дизайна «зеленых» зданий, стимулирующее создание активных и приятных мест, их интеграцию с городской средой.

В Австралии осознают, что «зеленое» строительство может существенно снизить экологический след и связанные с ним риски разрушения экосферы. Обязательство по строительству зданий с нулевым выбросом углерода (Net Zero Carbon Building) определяет масштабы и темпы действий, необходимых для сокращения выбросов углерода, и требует изменения способов проектирования, строительства и эксплуатации зданий. В этом заключается суть углеродной стратегии Австралийского совета по экологическому строительству. Кстати, обеспечение нулевого выброса углерода к 2050 г. относится к приоритетным задачам строительства в Австралии. Кроме Green Star, в Австралии используется ряд других инструментов оценки и рейтинга экологически чистых зданий:

- «Точный рейтинг» (AccuRate помогает проектировщикам в создании энергоэффективных домов; данный софт позволяет моделировать с высокой

степенью детализации, измерять и сравнивать энергоэффективность создаваемых проектов в любой из 69 различных климатических зон Австралии согласно требованиям национального строительного кодекса. Например, программа может моделировать до 50 жилых помещений и 99 зон в доме.

Модель включает широкий спектр факторов, влияющих на энергоэффективность дома, таких как естественная вентиляция, изоляция, утечка воздуха, тепловая масса, пространство на крыше, пространство под полом, световые люки, горизонтальные отражающие воздушные зазоры, окна и внешние затеняющие конструкции, такие как соседние здания, деревья и заборы. Проектировщики могут переворачивать и вращать модель, что особенно удобно при оценке энергоэффективности многоквартирных комплексов или крупных жилых проектов.

Кроме того, в программу включены дополнительные модули, позволяющие исследовать другие параметры устойчивости, такие как освещение, отопление и охлаждение помещений, горячее водоснабжение, водопотребление и овеществленный углекислый газ, образующийся в течение жизненного цикла строительных материалов, включая добычу, производство, транспортировку, строительство и утилизацию. Программное обеспечение AccuRate было разработано австралийской компанией CSIRO, специализирующейся на создании инновационных технологий, в рамках реализации программы «Общенациональная схема энергетического рейтинга домов» – Nationwide House Energy Rating Scheme);

- «Индекс устойчивости зданий» (BASIX, Building Sustainability Index), рассчитывается в соответствии с правилами экологического планирования и оценки и политикой экологического планирования и применяется ко всем типам жилых помещений; BASIX представляет собой веб-инструмент для оценки, анализирующий данные, касающиеся дизайна предлагаемого жилья, и определяющий, насколько он соотносится с целевыми показателями в области водных и энергетических ресурсов;

- «Схема оценки энергопотребления зданий» (BERS, Building Energy Rating Scheme), мощный инструмент для моделирования и анализа тепловых характеристик австралийских домов в климатических условиях от альпийских до тропических;

- «Экологический спецификатор» (Ecospecifier), онлайн-база данных по экологически предпочтительным материалам, от клея до ковров и тканей; сервис предназначен для тесной интеграции с дизайнерами и архитекторами, использующими рейтинговую систему Green Star;

- «Лучшее качество» (FirstRate), интерактивный инструмент, позволяющий дизайнерам и специалистам создавать рейтинги энергопотребления для дома путем отслеживания планов этажей; служит для оценки годового потребления энергии на отопление и охлаждение и может использоваться для оценки существующей конструкции или в качестве интерактивного инструмента для оптимизации конструкции до соответствия требованиям; применяется для оценки соответствия энергоэффективности жилых домов 6-звездочному стандарту в соответствии с Национальным строительным кодексом Австралии (NCC). Инструмент генерирует рейтинги домов по шкале NatHERS от 0 до 10 звезд;

- «Национальная австралийская система оценки окружающей среды» (NABERS, National Australian Built Environment Rating System), представляет собой набор отдельных инструментов, каждый из которых рассчитывает и оценивает эффективность существующего здания или его части по определенному экологическому показателю в определенный момент времени;

- «Общенациональная схема оценки энергопотребления домов» (NatHERS, Nationwide House Energy Rating Scheme, находящаяся в ведении Департамента по изменению климата, энергетики, окружающей среды и водных ресурсов), присваивает австралийским домам рейтинг из десяти звезд на основе оценки потенциального энергопотребления дома (отопление и охлаждение, использует программное обеспечение BERS и FirstRate для оценки энергетических нагрузок и рейтинга домов). Чем выше звездный рейтинг, тем меньше энергии требуется для обогрева и охлаждения дома, чтобы поддерживать в нем комфорт. Оценщики NatHERS в настоящее время используют планы и строительные спецификации домов для ввода данных в аккредитованное программное обеспечение. Инструменты NatHERS на основе конструкции, дизайна и материалов оценивают тепловые характеристики дома. Затем генерируются звездный рейтинг NatHERS и сертификат. NatHERS остается самым популярным способом демонстрации соответствия требованиям энергоэффективности Национального строительного кодекса NCC. Благодаря включению в Национальный строительный кодекс NatHERS используется правительствами штатов и территорий для снижения воздействия парниковых газов на жилые здания. Около 90 % разрешений на строительство в 2020–2021 гг. оценивались с помощью указанной схемы. В большинстве районов Австралии для отдельных домов требуется рейтинг 6 звезд или выше. Вскоре NatHERS предложит опцию оценки энергопотребления всего дома, которая будет включать информацию об энергетических

характеристиках освещения, отопления и охлаждения, горячего водоснабжения, насосов для бассейнов/SPA, а также оборудования для локального производства и хранения энергии, например, используя солнечные панели, и т. д. Кстати, подобные системы оценки энергоэффективности зданий разработаны и в Северной Америке, например LEED, CHEERS, RECA 2000, Kansas, HOT2000, Ohio, REM/Ratc, TRET, Energy Gauge USA, BESTTEST, HEED, Colorado и E-Star (<http://www.eren.doe.gov/buildings/tools-directory>). В Великобритании и Дании разработаны новаторские рейтинговые системы в данной сфере.

Таким образом, повышение эффективности «зеленого» строительства достигается за счет меньшего использования энергии; благодаря переходу на более чистое топливо; посредством выработки чистой энергии за счет производства возобновляемой энергии на месте; благодаря инвестициям в возобновляемые источники энергии и углеродные кредиты (carbon offset credits) для компенсации выбросов парниковых газов. Несмотря на то что первоначальная стоимость является одной из основных проблем при разработке экологически чистых зданий, затраты на оценку зданий не учитываются ни в одном из рейтинговых инструментов Австралии. Следовало бы ввести критерии стоимости в категории «зеленой» сертификации, чтобы девелоперы могли рассматривать стоимость как часть оценки «зеленых» зданий и принимать соответствующие решения относительно первоначальных проблем с надбавкой к стоимости. Было бы полезно разработать и систему вознаграждения застройщиков, сертифицирующих «зеленые» здания с более низкой начальной стоимостью. Программное обеспечение GaBi позволяет рассчитывать стоимость жизненного цикла «зеленых» зданий, и подобные инструменты необходимо продвигать в сферу «зеленой» сертификации. По аналогии с Великобританией, ЕЭС и США Австралии следует разработать схему налоговых льгот. В США обязательно получение LEED или аналогичного сертификата.

Кроме того, поддержка со стороны правительства побуждает застройщиков продвигать «зеленое» строительство. Однако в Австралии такая поддержка недоступна, законодательных требований по адаптации характеристик «зеленых» зданий нет, а ресурсы для инвестирования в них ограничены из-за отсутствия действенного механизма поддержки со стороны государства. Строительство экологичных зданий получило новый импульс с тех пор, как в Новом Южном Уэльсе сертификация NABERS стала обязательной [84]. В совокупности рейтинги NABERS помогут дать исчерпывающую картину

показателей экологичности офисных зданий и объектов аренды, жилых домов и гостиниц, объектов розничной торговли и больниц.

Анализ показал, что в Австралии есть много различных инструментов оценки и рейтинга, но ясной политики их интеграции в разных штатах нет. Актуальной задачей остается введение минимальной «зеленой» сертификации для новых застроек. Эти требования могут быть распространены на проекты частного строительства [85].

2.2. Бразильская система экологической сертификации зданий AQUA

В Бразилии принятие принципов «зеленого» строительства дает экономические преимущества, поскольку «устойчивое строительство» означает снижение воздействия на окружающую среду, сокращение переделок и отходов строительства, обеспечение качества продукции с целью создания комфорта для конечных пользователей, снижение потребления энергии и воды, эффективное и легальное использование материалов, произведенных в соответствии с принципами законодательства, их сокращение, переработка и повторное использование. Развитию рынка устойчивого строительства способствовали финансирование со стороны Федерального банка развития Бразилии, налоговые льготы в муниципальном законодательстве и недавние изменения в законе о государственных закупках, которые включают экологические меры в качестве критерия для тендерных предложений.

Всемирно известный сертификат, такой как «Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании» (LEED), широко применяется. Аккредитация проводится Советом по экологическому строительству GBC Brasil в соответствии с международными принципами. В 2017 г. GBC сообщил о более 1230 зарегистрированных и 410 сертифицированных зданиях по сравнению с 135 зарегистрированными и 82 сертифицированными зданиями в 2014 г. В июле 2015 г. Бразилия вышла на четвертое место в мире по количеству зданий, сертифицированных по системе LEED. Почти 100 % новых коммерческих зданий в Бразилии сертифицированы по системе LEED или находятся в процессе сертификации. Как «зеленые» здания влияют на стоимость строительства? Существует разница между затратами на строительство и себестоимостью строительства, которую необходимо учитывать при анализе стоимости здания, т. е. необходимо оценивать его полный жизненный цикл. Здание простоит не менее 50 лет, и только 15 % его стоимо-

сти приходится на строительство; остальные 85 % затрат связаны с его эксплуатацией и техническим обслуживанием [86].

Основу экологической сертификации бразильских зданий образуют:

- характеристики окружающей среды;
- параметры энергетической эффективности (солнечная энергия для нагрева воды, теплоизоляция, «зеленые» крыши и вертикальные сады, прохладная крыша для захвата тепла);
- параметры эффективности использования воды (использование дождевой воды, повторное использование воды, водосберегающие элементы и т. д.).

Под энергоэффективностью понимается получение наилучшей производительности при производстве с наименьшими затратами энергии; под эффективностью использования воды – уменьшение количества отходов воды, т. е. оптимизация потребления.

Другая широко признанная сертификация в Бразилии – «Высокое качество окружающей среды» (Alta Qualidade Ambiental, AQUA), основанная на стандартах французской системы «Высокое качество окружающей среды» (Haute Qualité Environnementale, HQE) и включающая методику сертификации экологического менеджмента и экологического качества зданий. Федеральный сберегательный банк Caixa Econômica Federal также создал сертификат под названием Selo Casa Azul, предназначенный для поддержки и продвижения устойчивого жилья. Eletrobras, государственная компания в сфере электроэнергетики, создала сертификат PROCEL Edifica, который измеряет энергоэффективность зданий и проектов, производящих энергию с нулевым потреблением энергии. В Бразилии сертификация является добровольной, но, как полагают специалисты, PROCEL Edifica может стать обязательной процедурой для всего будущего строительства.

В Бразилии сертификацию AQUA проводит Фонд Ванзолини Университета Сан-Паулу. В 2008 г. фонд принял участие в Альянсе устойчивого строительства с представителями Франции, Англии, Германии, Италии и Финляндии, чтобы определить стандартизацию трансграничной оценки. «Высокое качество окружающей среды» (AQUA) определяется как процесс управления проектом, направленный на достижение экологических стандартов строительства. В AQUA используются те же критерии сертификации, что и во французской HQE. Они сгруппированы по четырем категориям:

- экостроительство: интеграция, материалы и низкое воздействие на окружающую среду;
- экоуправление: энергия, вода, отходы, техническое обслуживание;

- комфорт: гигротепловой, акустический, визуальный и обонятельный;
- здоровье: качество воздуха, воды и пространства (табл. 8).

Таблица 8

Критерии сертификации AQUA

Группа	Категория	Описание
Экостроительство	1	Связь здания с окружающей средой
	2	Выбор продуктов, систем и строительных процессов
	3	Строительная площадка с низким воздействием на окружающую среду
Экоменеджмент	4	Энергетический менеджмент
	5	Управление водными ресурсами
	6	Обращение с отходами, использование и эксплуатация здания
	7	Техническое обслуживание – постоянство экологических характеристик
Комфорт	8	Гигро- (контроль относительной влажности воздуха) и тепловой комфорт
	9	Акустический комфорт
	10	Визуальный комфорт
	11	Обонятельный комфорт
Здоровье	12	Санитарное качество окружающей среды
	13	Санитарное качество воздуха
	14	Санитарное качество воды

Категория 1 может получить положительную оценку, если до здания легко добраться на общественном транспорте и велосипедах. Категории 4 и 5 связаны с проверкой наличия электрооборудования и экономичного туалета, способствующих снижению потребления энергии и воды соответственно. Категория 6 оценивает уровень организации строительной площадки во избежание потерь упаковочных материалов, что имеет основополагающее значение для выборочного сбора мусора и его надлежащей утилизации, а также

утилизации отходов в ходе самого строительства. Для категорий здоровья параметры сертификации меняются в зависимости от различных типов зданий. В настоящее время существуют технические паспорта для трех типов зданий: «Офисные и школьные здания», «Гостиницы» и «Жилые здания».

В свою очередь, каждая из категорий включает критерии для дальнейшего анализа и оценки зданий. Например, в рамках категории 4 анализируются и проверяются следующие факторы:

- система производства горячей воды и ее потребление;
- система производства горячей воды с использованием возобновляемых источников энергии;
- индивидуальное производство горячей воды солнечными панелями;
- коллективное производство «солнечной» горячей воды;
- производство электроэнергии с использованием фотоэлектрических панелей;
- система горячего водоснабжения тепловым насосом.

После проверки каждому критерию присваивается определенный диапазон баллов: от требуемого минимального уровня энергоэффективности (Good) до градаций эффективности передовой практики (Higher) и максимальной производительности (Great) [87].

Стоит упомянуть озабоченность бразильцев по поводу электромагнитного загрязнения в зданиях. В сертификации AQUA сообщается о росте электромагнитного излучения, создаваемого сетями Wi-Fi и обычными телефонами, в основном для беспроводных IT-сетей.

В системе электроснабжения основной проблемой является люминесцентное освещение. В сертификате указано, что пользователям зданий необходимо соблюдать безопасное расстояние от этих ламп, но минимальная дистанция не обозначена. В табл. 9 обобщены передовые методы снижения вредного воздействия электромагнитных полей при сертификации AQUA.

Таким образом, методы AQUA основаны на количественных (оценка методов, измерения, расчеты) и качественных (описания принятых измерений) элементах. AQUA не имеет возможности для применения сертификации в отношении зданий, которые уже эксплуатируются, но указанная сертификация помогает достичь экологических показателей непосредственно после сдачи комплекса в эксплуатацию. Ее технический аспект основан на системе управления предприятием (Enterprise Management System, SGE), оценивающей показатели экологического менеджмента компании, и экологическом

качестве разработки (Environmental Quality of Development, QAE) для измерения технических характеристик строительства [88].

Таблица 9

Методы снижения вредного воздействия электромагнитных полей при сертификации AQUA

Воздействие	Описание метода снижения
Электромагнитное поле	Избегайте использования компактных и настольных люминесцентных ламп (держитесь на безопасном расстоянии от лампы). Выключайте беспроводные сети (Wi-Fi) и электроприборы, когда они не используются. Используйте телефоны с технологией DECT для режима ECO, если они доступны, так снижаются потребление энергии и мощность излучения аппаратов. Отдавайте предпочтение приборам, генерирующим минимально возможное магнитное поле

При сравнении стандартов AQUA и LEED, версии, адаптированной к условиям жаркого и влажного климата Бразилии, становятся заметными различия между ними (табл. 10).

Как видно из таблицы, сертификация LEED требует дифференцированной оценки параметров (управления энергией, водой и отходами), некоторые из них должны быть достигнуты в обязательном порядке, в то время как методология AQUA избирательна, позволяя выбрать, какие требования будут выполнены.

Проект, известный как «Зеленый альянс» (Alliance Verte), является важной вехой в сертификации AQUA в Бразилии. Здание имеет площадь 847 м², три этажа и высоту 12 м. Строительство заняло год, и в процессе использовались бетон, сталь, дерево и пластик из снесенного дома. Здание построено за счет повторного использования материалов от сноса. На фасаде блоки покрыты ориентированно-стружечными плитами. Теплоизоляция получена с помощью шерсти из ПЭТ-бутылок. Пол сделан из резины использованных шин; в перегородках использовались гипсокартонные плиты.

Таблица 10

Цели методологий AQUA и LEED в процессе оценки

Категории	AQUA	LEED NC v.4	Цели
Управление строительной площадкой	– Выбор продуктов, систем и процессов; – строительные площадки с низким воздействием на окружающую среду; – акустический комфорт; – обонятельный комфорт	– План качества воздуха	– AQUA: управление шумовым загрязнением и отходами на строительной площадке; – LEED: внимание к проблемам, которые могут представлять риски для здоровья, повторному использованию существующих строительных материалов
Обращение с отходами	– Здание и его окрестности; – обращение с отходами при использовании и эксплуатации здания; – качество санитарной среды	– Размещение и сбор вторсырья; – повторное использование материалов; – управление строительными отходами; – переработанный контент	– AQUA: инфраструктура сбора, ограничение, сортировка, безопасное и гигиеничное удаление отходов; – LEED: легкий доступ к сбору перерабатываемых отходов; повторное использование стен, потолков и крыш для ремонта и обновления; – обслуживание несущих элементов интерьера здания; отходы, предназначенные для повторного использования; восстановление и повторное использование материалов на месте. Поощрение использования переработанных материалов до и после заселения

Окончание табл. 10

Категории	AQUA	LEED NC v.4	Цели
Выбор продуктов	– Выбор продуктов, систем и процессов; – управление энергопотреблением; – техническое обслуживание; – комфортный тепловой климат; – акустический комфорт; – визуальный комфорт; – обонятельный комфорт; – качество здоровой среды; – здоровое качество воздуха; – качественная санитарная вода	– Уменьшение эффекта острова; – запрет на применение озоноразрушающего фреона; – улучшение использования газобразных хладагентов; – материалы с низким уровнем выбросов (краски, ковры, клеи и герметики, композитная древесина и агроволокна); – контроль загрязнителей и химикатов; – повторное использование материалов; – переработанный контент; – региональные материалы; – быстрое обновление материалов; – сертифицированная древесина; – качественная санитарная вода	– AQUA: продукты, поддерживающие окружающую среду; – LEED: продукты, уменьшающие поглощение тепла и не загрязняющие фреонами атмосферу. Повторное использование существующих строительных материалов и поощрение использования переработанных материалов до и после заселения. Предпочтение местных продуктов из возобновляемого сырья, а также сертифицированной древесины

В области энергоэффективности здание имеет экологическую крышу, террасы с ландшафтным дизайном, снижающим тепловой удар, и вертикальный сад. В крышу были вставлены пластины солнечной энергии. В здании использовались дневной свет и естественная вентиляция (95 % внутренних помещений имеют вход с естественным освещением); рамы имеют двойное остекление со ставнями или термопленками. В системе освещения использованы лампы 500 lux (малого потребления), установлены аппараты для кондиционирования воздуха. Для повышения эффективности выполнен проект повторного использования дождевой воды в санузлах, смесителях с регулировкой потока, с 98 % поглощением дождевой воды. Инвестиции привели к экономии от 30 до 50 % потребления воды (в зависимости от количества осадков) и экономии энергии на 36 %, при этом 13 % энергии вырабатывается солнечной матрицей (рис. 9).



Рис. 9. Здание Aliaça Française в районе Ботафого, Рио-де-Жанейро. Построено с учетом принципов устойчивого развития. Проект соответствует экологической сертификации AQUA. (Источник: <https://www.google.com/maps>)

Развитием системы AQUA является добровольный рейтинг «Голубая марка» (Blue Stamp, Selo Azul). Это социально-экологическая классификация проектов жилищного строительства, направленная на сокращение потребления природных ресурсов и продление срока службы зданий. Анализу подлежат шесть групп и в общей сложности 53 фактора:

- качество городов: 5 критериев (2 обязательных: инфраструктура и воздействие городской застройки на экосистем и 3 факультативных);
- дизайн и комфорт: 11 критериев (5 обязательных: ландшафтный дизайн; выбор площадки; оборудование для отдыха, социального и спортивного инвентаря; тепловые характеристики; ориентация на солнце и ветер и 6 факультативных);
- энергоэффективность: 8 критериев (3 обязательных: лампы с низким энергопотреблением – частные зоны; энергосберегающие устройства – общие зоны; индивидуальное измерение – газ и 5 дополнительных);
- сохранение материальных ресурсов: 10 критериев (3 обязательных: качество материалов и компонентов; многоразовые формы и анкеры);
- управление водными ресурсами: 8 критериев (2 обязательных: индивидуальные измерения – вода, водопроницаемые площади и 6 факультативных);
- социальные практики: 11 критериев (3 обязательных: обучение обращению с отходами, экологическое образование, руководство для жителей и 8 факультативных).

Сертификат выдается проекту/сооружению, соответствующему 19 критериям энергетического совершенства (бронзовая марка); 25 критериям (серебряная) и 31 критерию (золотая).

Добровольная национальная программа энергоэффективности зданий (PROCEL EDIFICA) также является применением AQUA. Получившие марку Procel (National Electrical Energy Conservation Program) здания могут сэкономить 50 % энергии.

Критерии рейтинга основаны на «Техническом регламенте качества энергоэффективности – уровень: коммерческие, служебные и общественные здания» RTQ-C и «Техническом регламенте качества энергоэффективности – уровень: жилые здания» RTQ-R. В зависимости от типа использования здания существует процесс его «маркировки». В жилых и служебных зданиях оценка проводится в два этапа: при проектировании и после строительства. Для этого существуют четыре категории:

- национальный знак энергосбережения для автономного жилого дома;

- национальный тег энергосбережения для автономного жилищного комплекса;
- национальный знак энергосбережения для многоквартирного дома;
- национальная маркировка энергосбережения для зоны общего пользования.

Для сертификации проверки и анализа здания учитывают, в частности, размеры комнат; закрыты ли щели поликарбонатными или акриловыми пластинами; есть ли солнечные панели, светодиодные и магнитоиндукционные лампы; наличие перекрестной и естественной вентиляции по месяцам года; коэффициент прохождения воздуха через щели; коэффициент полезного действия; тип оболочки (фасады, покрытия и их материалы); наличие общих зон, ландшафтного дизайна, действующих и запасных лифтов и даже биоклиматическое районирование Бразилии.

В результате сертификация Procel присуждается зданиям с оценкой от 1,5 (класс E – низший уровень энергоэффективности, $SR < 1,5$) до 4,5 балла (класс A – самый высокий, $SR > 4,5$) (табл. 11) [89].

Таблица 11

Оценочная шкала сертификации Procel

Диапазон баллов (score range, SR)					Классы энергоэффективности зданий
E	D	C	B	A	
> 4,5 до 5					A
> 3,5 до < 4,5					B
> 2,5 до < 3,5					C
> 1,5 до < 2,5					D
< 1,5					E

Примером сертификации PROCEL является комплекс Hangar Business Park (рис. 10).



Рис. 10. Hangar Business Park (Сальвадор, Баия) – здание смешанного назначения класса Triple A, спроектированное в соответствии с сертификацией PROCEL-EDIFICA и INMETRO. (Источник: <https://atarde.com.br/bahia/bahiasalvador/hangar-business-realiza-i-encontro-de-negocios-1213739>)

Комплекс (ансамбль сооружений, состоящий из семи коммерческих башен) получил уровень классификации А за максимальную энергоэффективность. Для достижения этой цели оболочку зданий адаптировали к местным условиям, чтобы максимально использовать дневное освещение (за счет использования бризов) и естественную вентиляцию. Обычно городское окружение вызывает ощущение ограниченности и угнетения. Этот ансамбль, напротив, выделяется своей прозрачностью и зеркальностью. Расширяя видимое пространство, он позволяет созерцать горизонт. Жесткие ограничивающие формы здесь уступили место легким, прозрачным и свободным. Девять башен объединены торговым центром. Подобного рода переходные пространства являются признаком удачного решения городской планировки: как важная часть целого, они объединяют другие связанные между собой среды комплекса, позволяя посетителям безопасно перемещаться между помещениями. Словно оазис с искусственным климатом и стилизованным

ландшафтом торговый центр укрывает покупателей или просто прохожих от плохой погоды и негативного воздействия уличного транспорта. Комплекс обогащен большим количеством зеленых насаждений, водными зеркалами, малыми и дополнительными площадями для медитации, чтения, созерцания и общения. Здесь есть зеленые зоны, которые позволяют работать в пасторальной обстановке, – неотъемлемая черта концепции корпоративного кампуса, отвечающего требованиям экологической безопасности. Такие материалы, как стекло, алюминий и бетон, придают конструкции современный вид; переработанный экологический керамогранит на основе рециклинга с мокрой шлифовкой снижает нагрузку на окружающую среду и отвечает целям устойчивого развития. Применение в облицовке вентилируемого фасада композитного алюминия и специального остекления с защитой от солнечного излучения обеспечивает экономию и устойчивость. Вместе эти материалы дают двойную выгоду: снижают тепловую нагрузку и потребляют меньше электроэнергии.

Объемность, горизонтально распределенная в башнях с восемью и девятью этажами, соответствует высоте, требуемой стандартами безопасности. Фасады зданий со стеклом Ray-Ban отмечены горизонтальными линиями, которые позволяют обозревать ландшафт, получать полноту ощущений от прозрачности, отражений, зеркальности и яркости. Ограждения, покрытые алюминиевым композитом зеленовато-металлического тона, защищены бризами, выполняющими функции солнцезащитного козырька и средства, облегчающего внешнюю уборку зданий. Чтобы способствовать взаимодействию между компаниями и клиентами, позволяя сформировать сеть сервисов и решений для облегчения повседневной жизни пользователей и посетителей со всем необходимым комфортом, были установлены кондиционеры с высокой производительностью, что позволило сэкономить 32 % электроэнергии. Вестибюли спроектированы в духе инновационной архитектуры под комбинированную систему потолочных светодиодных и магнитоиндукционных (с конвекцией) ламп, обеспечивающих экономию в пределах 56–88 %. Также использовались интеллектуальное управление движением в лифтах и солнечные батареи для нагрева воды. Этот проект подчеркивает энергоэффективность, связанную с «зелеными» решениями, став важной вехой в экологической сертификации Бразилии [90].

Большинство проектов в Бразилии нацелено на сертификацию LEED. Это можно объяснить ее более низкой стоимостью, международным признанием и тем фактом, что большинство сертифицированных разработок являются многофункциональными. AQUA, несмотря на более высокую стоимость (в четыре

раза выше по сравнению с LEED), является предпочтительным сертификатом для жилой застройки, поскольку все (а не отдельные) критерии протокола должны соответствовать минимальным стандартам. Помимо предоставления социальных и экологических преимуществ, сертифицированное экологическое здание может сократить потребление воды на 30 % и потребление энергии на 20 %, что соответствует принципам устойчивого развития.

2.3. Система экологической сертификации зданий в Великобритании

Основная роль инструмента рейтинга экологически чистых зданий состоит в том, чтобы предоставить подрядчикам и проектировщикам набор критериев для достижения более высоких экологических показателей. Считается, что системы рейтинга устойчивости SRS состоят из трех этапов:

- классификации, когда ожидания изменения окружающей среды определяют категорию воздействия на основе различных входных и выходных данных;
- характеристики, когда определяется влияние каждого входа и выхода по отношению к их категории;
- оценки, включающей взвешивание категории по сравнению с другими категориями [91].

«Зеленый» стандарт «Метод экологической оценки эффективности зданий британского научно-исследовательского строительного института BRE Global» (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM) разработан для преодоления недостатков традиционного строительства, а также стандартизации оценки «зеленой» эффективности зданий (BREEAM популярен в Европе, в то время как LEED – общепринятая рейтинговая система, охватывающая 167 стран; DGNB проводит сертификацию примерно в 30 странах, а HQE – на пяти континентах [80]). По английскому протоколу сертифицировано 560 тыс. проектов и более 2 млн зарегистрировано (2019 г.). BREEAM основан на принципах устойчивого развития и обеспечивает безопасные и благоприятные условия для жизнедеятельности людей, допустимый уровень воздействия на окружающую среду [92]. С 1990 г. данная методика сохраняет свой статус предпочтительного стандарта устойчивого развития для новой и существующей коммерческой недвижимости. Стандарт BREEAM направлен на повышение эксплуатационных характеристик зданий, измерение и минимизацию воздействия на окружающую среду. Его цель заключается в том, чтобы обеспечить использование наилучших

экологических практик при планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, смягчить воздействие их жизненного цикла на окружающую среду, обеспечить их надежную экологическую маркировку, а также стимулировать спрос на устойчивые здания [93].

Все схемы BREEAM разрабатываются в соответствии с Кодексом устойчивой искусственной среды. Сам кодекс и связанные с ним стандарты разрабатываются и поддерживаются компанией BRE Global Limited, деятельность которой сертифицирована в соответствии с ISO 9001 «Системы управления качеством. Требования». Это гарантирует, что разработка стандартов и схем открыта для внешнего и независимого контроля.

Инструменты оценки BREEAM основаны на анализе местоположения и типа зданий, в том числе: BREEAM New Construction, BREEAM Community, BREEAM In-Use, BREEAM Infrastructure, BREEAM Homes Quality Mark [94].

Типы зданий, которые можно оценить и классифицировать с помощью этой версии BREEAM-схемы, приведены в табл. 12.

Таблица 12

Типы зданий, подпадающих под действие стандарта BREEAM

Сектор	Тип здания	Описание
Жилой	Жилой	Одиночные дома. Многоквартирные дома
Коммерческий	Офисы	Общие офисные здания. Офисы с зонами исследований и разработок (лаборатории категории 1)
	Промышленный	Промышленный модуль – складское хранение или распределение. Промышленный модуль – технологический процесс, производство или обслуживание транспортных средств
	Розничная торговля	Магазин или торговый центр. Торговый парк или склад. Поставщик услуг «без рецепта», т. е. финансовые, имущественные, букмекерские конторы и агентства по трудоустройству. Выставочный зал. Ресторан, кафе и питейное заведение. Горячая еда навынос.

Окончание табл. 12

Сектор	Тип здания	Описание
Образование		Дошкольное учреждение. Школы и колледжи. Университеты. Высшие учебные заведения
Жилые учреждения	Длительное пребывание	Дом-интернат. Приют. Колледж или школа-интернат (общежитие). Жилье, охраняемое местными властями. Военные казармы
Гостиницы и жилые учреждения	Краткосрочное проживание	Гостиница, общежитие, пансион и гостевой дом. Безопасный учебный центр. Жилой учебный центр
Нестандартный	На заказ	Общественный или туристический центр. Ратуша или общественный центр. Конференц-зал. Театр или концертный зал. Спортивное или развлекательное сооружение (с бассейном или без него). Библиотека. Кинотеатр. Больница или другое медицинское учреждение. Тюрьма. Зал суда. Полицейский участок. Пожарная станция. Транспортный узел (автобусная или железнодорожная станция). Галерея или музей. Место поклонения. Исследования и разработки (лаборатории категории 2 или 3 – не высшее образование)

В качестве примера экологичного строительства, согласно BREEAM-стандарту, можно указать проект Worcestershire Parkway, получивший оценку «очень хорошо». Речь идет о железнодорожной станции на пересечении

линий Вустер – Лондон (линия OW) и Бирмингем – Бристоль (линии BAG), открытой в Нортоне в 2022 г. Расположение станции обеспечивает прямой доступ пассажиров к обеим упомянутым линиям. Реализация проекта помогла решить проблему растущего спроса на железнодорожные перевозки в Вустершир и привела к росту местной экономики за счет улучшения доступа к железнодорожной сети и сокращения автомобильных, железнодорожных перевозок в направлении Бирмингема (рис. 11).



Рис. 11. Worcestershire Parkway – станция, построенная по схеме BREEAM Infrastructure: в качестве стальных свайных фундаментов по всей площадке были использованы специально обработанные нефтяные трубы. (Источник: <https://bregroup.com/case-studies/worcestershire-parkway-regional-interchange>)

С точки зрения устойчивого развития к 2031 г. за счет открытия станции автопробег в сети стратегических автомагистралей сократится на 6 млн км в год, что поможет сохранить существующую среду обитания и биоразнообразие окрестностей.

Для сооружений, представляющих собой сочетание новостроек и реконструируемых площадей, выбор схемы зависит от объема работ по новому строительству и реконструкции. Для небольших проектов, где общая

площадь застройки составляет менее 1000 м², можно провести единую оценку BREEAM, чтобы охватить как новые, так и отремонтированные участки. Для более крупных проектов также может быть проведена единая оценка нового строительства, поскольку в этом случае отремонтированные участки должны будут соответствовать более сложным критериям нового строительства. Но можно получить и два отдельных сертификата и рейтинга, чтобы указать эффективность как новой застройки, так и реконструкции или отделки существующего здания.

Выбранная схема позволяет заказчику с помощью оценщика BREEAM и процесса сертификации измерять, оценивать и отражать производительность своего нового здания в сравнении с передовой практикой независимым и надежным образом. Эта производительность количественно определяется рядом отдельных показателей и связанных с ними критериев, охватывающих целый ряд экологических проблем, что в конечном итоге выражается в виде единого сертифицированного рейтинга. Для новых строительных проектов и строящихся объектов предлагается оценка с включением категорий: управления, здоровья и благополучия, энергетики, транспорта, воды, материалов, отходов, землепользования и экологии, загрязнения и инноваций (табл. 13).

Таблица 13

Экологические разделы и вопросы оценки BREEAM

Управление	Здоровье и благополучие
Дизайн проекта. Стоимость жизненного цикла и планирование срока службы. Практика ответственного строительства. Ввод в эксплуатацию и передача. Последующий вывод из эксплуатации	Визуальный комфорт. Качество воздуха в помещении. Безопасная изоляция в лабораториях. Тепловой комфорт. Акустическое исполнение. Доступность. Опасности. Личное пространство. Качество воды
Энергия	Транспорт
Снижение энергопотребления и выбросов углерода. Энергомониторинг. Внешнее освещение. Низкоуглеродистый дизайн	Транспортная доступность заведения. Близость к удобствам. Альтернативные виды транспорта. Максимальная вместимость автостоянки

Энергия	Транспорт
Энергоэффективное холодильное хранение. Энергоэффективные транспортные системы. Энергоэффективные лабораторные системы. Энергоэффективное оборудование. Помещение для сушки	План путешествия
Вода	Материалы
Потребление воды. Мониторинг воды. Обнаружение утечки воды. Водосберегающее оборудование	Воздействие на жизненный цикл. Необходимое благоустройство и защита границ. Ответственный поставщик материалов. Изоляция. Проектирование для долговечности и устойчивости. Эффективность материалов
Отходы	Землепользование и экология
Обращение со строительными отходами. Вторичные заполнители. Эксплуатационные отходы. Примерная отделка пола и потолка. Адаптация к изменению климата. Функциональная адаптивность	Выбор площадки. Экологическая ценность участка и охрана экологических особенностей. Минимизация воздействия на экологию существующей площадки. Улучшение экологии площадки. Долгосрочное воздействие на биоразнообразие
Загрязнение	Инновации
Выбросы NOx (окись азота). Поверхностный сток воды. Снижение светового загрязнения в ночное время. Снижение шумового загрязнения	Инновации

В рамках схемы BREEAM определен ряд типов оценки эффективности новых зданий. Оцениваются как нежилые объекты:

- полностью оборудованные;
- без отделки;
- только оболочка,

так и жилые:

- полностью оборудованные (с начинкой);
- частично оборудованные.

Рейтинг BREEAM подтверждает окончательные эксплуатационные характеристики здания после завершения строительных работ.

Существует ряд элементов, определяющих общую эффективность проекта, оцениваемого с помощью BREEAM. Они – следующие:

- объем оценки;
- ориентиры уровня;
- минимальные стандарты;
- веса экологических разделов (категорий);
- оценка и кредиты;
- рейтинг (табл. 14).

Таблица 14

Рейтинг BREEAM

Ориентиры	Балл
Выдающийся: менее 1 % зданий (новатор) (Outstanding)	≥ 85
Отлично: 10 % лучших зданий (лучшая практика) (Excellent)	≥ 70
Очень хорошо: 25 % лучших зданий (продвинутая передовая практика) (Very good)	≥ 55
Хорошо: 50 % лучших зданий (промежуточная передовая практика) (Good)	≥ 45
Зачет: 75 % лучших зданий (стандартная передовая практика) (Pass)	≥ 30
Не классифицировано (Unclassified)	< 30
Всего можно получить	109

Каждая оценка имеет определенный вес для окончательной суммы (табл. 15).

Таблица 15

Вес оценки для окончательной суммы BREEAM

Категория	Вес, %	Кол-во показателей
Энергия	19	9
Транспорт	8	5
Загрязнение	10	4
Материалы	12,5	6
Вода	6	4
Землепользование и экология	10	5
Здоровье и благополучие	15	9
Менеджмент	12	5
Отходы	7,5	6

За выполнение каждого критерия начисляется определенное количество «кредитов». Итоговый результат сертификации измеряется процентами. Кредиты, полученные за каждый критерий, также переводятся в проценты на основе определенных соотношений. Последовательность алгоритма экооценки:

- определяется, по какой схеме подготовлен проект и какова необходимая версия для оценки;
- назначается количество присуждаемых баллов по каждому параметру;
- рассчитывается процент полученных баллов для каждой категории;
- полученный процент умножается на соответствующий весовой коэффициент, что дает общий балл в соответствующей категории;
- затем баллы складываются для получения общего балла по стандарту;
- общий балл сравнивается с эталоном системы;
- если в проекте есть инновации, то в дополнение к итоговому баллу добавляется 1 % (максимум до 10 %).

Макропоказатели BREEAM, определяющие качество внутренней среды, сгруппированы под категорией «здоровье и благополучие» (рис. 12).



Рис. 12. Макропоказатели, учитываемые по методике BREEAM для оценки качества внутренней среды

Для поддержания гибкости системы в BREEAM используется подход сбалансированной оценки проектов. Это означает, что для достижения определенного уровня производительности большинство BREEAM-кредитов можно обменять, т. е. несоответствие в одной области может быть компенсировано за счет соответствия в другой для достижения целевого рейтинга. Тем не менее для гарантии того, что при достижении определенного рейтинга не будут упущены из виду основные экологические проблемы, в BREEAM-системе установлены минимальные стандарты эффективности в ключевых областях, например энергии, воде, отходах и т. д. Важно помнить, что это минимально приемлемые уровни производительности, и в этом отношении их не следует рассматривать как уровни, представляющие наилучшую практику для того или иного уровня рейтинга. Особенность BREEAM-системы в том и заключается, что минимальные стандарты, применимые к определенному рейтинговому уровню, должны быть выполнены (табл. 16).

В BREEAM предлагаются 57 отдельных проблем, касающихся конкретного воздействия строительства на окружающую среду. В результате объекту присваивается определенное количество кредитов. Кредиты BREEAM присуждаются, когда здание демонстрирует, что оно соответствует уровням

производительности передовой практики, определенным для конкретной проблемы (жильцам, к примеру, стал доступен тепловой комфорт, дневной свет, акустика и проч.). Более высокие стандарты эффективности награждаются большим количеством кредитов. Количество кредитов, доступных для отдельного аспекта оценки, варьируется, и, как правило, чем выше количество баллов для данной проблемы, тем важнее эта проблема с точки зрения смягчения ее воздействия. Стоит отметить, что в дополнение к общему баллу и рейтингу BREEAM дает возможность определить уровень производительности для отдельных экологических проблем. Однако это может ограничить гибкость дизайна и повлиять на стоимость проекта.

Таблица 16

Минимальные требования для рейтинга BREEAM

Рейтинг «Очень хорошо»	Достигнуто	Описание
Man 03. Практика ответственного строительства	Да	Только критерий 2 (здоровье и безопасность)
Hea 01. Визуальный комфорт	То же	Только критерий 1 (высокочастотный балласт)
Hea 02. Качество воздуха в помещении	—»—	Только критерий 1 (без асбеста)
Hea 09. Качество воды	—»—	Только критерий 1 (минимальный риск легионеллеза)
Ene 02a. Энергомониторинг	—»—	1 кредит (первый доп. кредит)
Wat 01. Потребление воды	—»—	1 кредит
Wat 02. Мониторинг воды	—»—	Только критерий 1 (водосчетчик)
Mat 03. Ответственный поставщик материалов	—»—	Только критерий 1 (легальная древесина)

В данном стандарте для определения рейтинга применяются весовые коэффициенты. Они имеют основополагающее значение для любого метода экологической оценки здания, поскольку обеспечивают средства определения и, следовательно, ранжирования относительного воздействия негативных

факторов на окружающую среду. Рассмотрим весовые коэффициенты экологического раздела. Взвешивание категорий BREEAM получено на основе люксембургских весов как оптимальных. В табл. 17 показано, как весовые коэффициенты могут варьироваться в зависимости от типа проекта.

Таблица 17

Весовые коэффициенты BREEAM для экологического блока оценки

Раздел «Окружающая среда»	Взвешивание, %						
	Нежилая застройка			Отдельные жилые дома		Несколько жилых домов	
	С полной начинкой	Оболочка (shell)	Без отделки (shell and core)	Частично с начинкой	С полной начинкой	Частично с начинкой	С полной начинкой
Управление	11,00	11,13	10,64	9,58	9,10	11,13	10,57
Здоровье и благополучие	19,00	12,66	13,37	21,64	21,70	21,53	21,49
Опасности	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Энергия	20,00	20,07	19,09	19,03	21,23	17,93	19,97
Транспорт	6,00	8,50	6,77	5,74	6,13	6,10	6,41
Вода	7,00	3,30	7,90	6,69	6,36	6,32	6,73
Материалы	13,00	18,41	14,67	13,98	13,29	13,21	12,50
Отходы	6,00	7,43	6,77	5,65	5,37	6,10	5,77
Землепользование и экология	3,00	9,02	9,02	8,60	8,13	3,13	7,69
Загрязнение	10,00	6,54	12,23	9,10	8,65	9,33	3,37
Общий процент	100,00	100	100	100	100	100	100
Инновации	10,00	10	10	10	10	10	10

Великобритания является мировым лидером по экологической сертификации – более 3 тыс. зданий получили оценку BREEAM или других

международных рейтингов (Knight Frank. Active Capital 2020). Для сравнения – в России только 186 зданий. BREEAM используется в 87 странах, при этом несколько стран Европы пошли дальше, разработав схемы BREEAM для конкретных стран, которыми управляют операторы национальных схем (NSO). Этими странами являются: Нидерланды (BREEAM NL), Испания (BREEAM ES), Норвегия (BREEAM NOR), Швеция (BREEAM SE) и Германия (BREEAM DE). Вот почему в зависимости от местоположения и климатических условий взвешивание в BREEAM пересматривается с помощью десяти «фиксированных» и «переменных» категорий (см. табл. 17). Фиксированные категории определяются как оказывающие универсальное воздействие, не зависящее от местного контекста; переменные – как конкретизация требований на местном уровне, обусловленная социальными, экологическими, политическими или экономическими факторами.

Процесс определения рейтинга BREEAM довольно сложен. Во-первых, необходимо определить оцениваемый проект (т. е. только оболочка или без отделки и т. д.). Затем происходит корректировка балльной оценки и весовых коэффициентов; определяется количество присуждаемых «кредитов» по каждой категории в соответствии с критериями; для каждого раздела рассчитывается процент полученных «кредитов» и умножается на вес соответствующего раздела; это дает общий балл экологического раздела. Потом баллы по категориям складываются, чтобы получить итоговый балл BREEAM. Последний сравнивается с эталонными уровнями, и при условии соблюдения всех минимальных требований определяется соответствующий рейтинг. К итоговому баллу BREEAM может быть добавлен дополнительный 1 % за каждый достигнутый «инновационный кредит» (максимум до 10 %, при этом общий балл не должен превышать 100 %) (табл. 18).

Таблица 18

Пример оценки и расчета рейтинга BREEAM

Раздел (категория) BREEAM	Получено кредитов	Доступно кредитов	Процент достигнутых кредитов	Вес (здание с полной «начинкой»), %	Баллы
Управление	10	20	50,00	0,12	6,00
Здоровье и благополучие	17	21	80,95	0,14	11,33

Окончание табл. 18

Раздел (категория) BREEAM	Получено кредитов	Доступно кредитов	Процент достигнутых кредитов	Вес (здание с полной «начинкой»), %	Баллы
Опасности	1	1	100,00	0,01	1,00
Энергия	16	34	47,05	0,19	8,94
Транспорт	5	11	45,45	0,08	3,63
Вода	5	9	55,56	0,06	3,33
Материалы	10	14	71,43	0,125	8,92
Отходы	3	13	23,07	0,075	1,73
Землепользование и экология	5	5	100,00	0,10	10,00
Загрязнение	9	12	75,00	0,10	7,44
Инновации	2	10	20,00	0,10	2,00
Итоговая оценка BREEAM					64,32
Рейтинг BREEAM				VERY GOOD (очень хорошо) эталон ≥ 55	

Таким образом, аспект энергоэффективности строительства особенно важен для BREEAM. Можно сказать, что проекты, получившие отличные энергетические характеристики по стандарту BREEAM (наряду с LEED и BEAM Plus), относятся к 5 % лучшим на мировом рынке [95, 96].

Однако в области оценки имеет место следующий парадокс: разные инструменты моделирования и критерии эффективности здания (например, широко распространенные программные продукты Tas, EnergyPlus и IES) приводят к разным показателям энергопотребления, но разница оказывает лишь незначительное влияние на кредитные баллы энергоэффективности. Перекрывающееся и непоследовательное распределение критериев и весов, отсутствие консенсуса в отношении определения «зеленого» строительства

и устойчивости приводят системы к тому, что они сталкиваются с проблемой полноты и дублирования критериев (т. е. рейтинговые системы, выбранные экспертами для оценки, имеют много общих критериев, сводя к минимуму противоречивые требования, однако с точки зрения устойчивого строительства по стандарту ISO у них есть ограничения, связанные со слабым сочетанием рейтинговых систем) (табл. 19) [91, 97].

Таблица 19

Дублирование критериев в системах BREEAM-CM (Communities), LEED-ND (Neighborhood Development), DGNB-UD (Urban Districts)

BREEAM-CM	LEED-ND	DGNB-UD
50 проектов	188 проектов	34 проекта
Выдающийся Outstanding (4 %)	«Платина» Platinum (7 %)	«Платина» Platinum (26 %)
«Отлично» Excellent (18 %)	«Золото» Gold (40 %)	
«Очень хорошо» Very good (18 %)		
«Хорошо» Good (8 %)		
«Зачтено» Pass (52 %)	«Серебро» Silver (24 %)	«Золото» Gold (41 %)
	«Сертифицировано» Certified (28 %)	

Еще одно из объяснений данного упущения в рейтингах – усложненная процедура по оцениванию [98]. Сложнее всего получить баллы по BREEAM, так как уровень производительности, необходимый для получения данного сертификата, достаточно специфичен: к примеру, в разделе «Энергия» оценивают меры по повышению внутренней энергоэффективности здания, сокращение выбросов углерода и эффективное управление на протяжении всего этапа эксплуатации здания. При этом методология расчета коэффициента энергоэффективности (EPR) учитывает:

- потребность здания в энергии отопления и охлаждения, МДж/м²;
- потребление зданием первичной энергии, кВтч/м²;

- общие результирующие выбросы углерода, $\text{кгCO}_2/\text{м}^2$.

Для получения кредитов только по одному подразделу (Ene 01 BREEAM-INC) необходимо предоставить данные по следующим параметрам:

- условной потребности здания в энергии, $\text{МДж}/\text{м}^2$;
- фактической потребности здания в энергии, $\text{МДж}/\text{м}^2$;
- потреблению энергии в соответствии с передовой практикой строительства BREEAM, $\text{МДж}/\text{м}^2$;
- условному ($\text{кгCO}_2/\text{м}^2$) и фактическому уровню выбросов здания ($\text{кгCO}_2/\text{м}^2$);
- коэффициенту выбросов здания в соответствии с передовой практикой BREEAM, $\text{кгCO}_2/\text{м}^2$ [93].

Эта сложность связана с тем, что рейтинг BREEAM нацелен на уменьшение или полное устранение негативного воздействия зданий на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла (от выбора площадки до проектирования, строительства, эксплуатации, обслуживания, реновации и демонтажа), а также на оказание положительного воздействия на местную окружающую среду и климат. В отличие от других методов, данный стандарт, акцентируя внимание на энергоэффективности, обеспечивает экологическую безопасность и ответственность на протяжении всего времени оцениваемого проекта и способствует созданию благоприятных условий для жителей и пользователей [99].

В качестве примера по системе BREEAM можно привести North Triangle («Северный треугольник»), первое из отремонтированных зданий комплекса Challenger французской компании Bouygues Construction (Париж). Комплекс также получил «платину» LEED и оценку «исключительный» согласно Passeport HQE. Главной целью было создание более приятной рабочей среды для более чем 3,2 тыс. сотрудников. Это привело к обновлению офисных помещений, парковок, а также тепло- и звукоизоляции здания.

Поскольку проект включал оптимизацию затрат на протяжении всего жизненного цикла, были проведены уникальные ремонтные работы:

- создано индивидуальное освещение, застекленные перегородки, автоматические жалюзи с антибликовым покрытием, более эргономичные зоны отдыха и 400 дополнительных парковочных мест;
- установлены 21,5 тыс. м^2 фотоэлектрических панелей и 420 м^2 тепловых солнечных панелей;
- 75 геотермальных датчиков, размещенных на глубине 100 м, для использования геотермальной энергии;
- большая часть застекленных фасадов была заменена вентилируемым фасадом и системой двойного покрытия; спроектирован узел фитоочистки.

В результате потребление первичной энергии на объекте стало в 10 раз меньше, чем при первоначальной застройке, а годовое потребление воды сократилось на 66 % [100]. Для сертификации HQE было важно, оценив жизненный цикл здания, определить воздействие на окружающую среду всех материалов, используемых на объекте. Требования LEED позволили сосредоточиться на качестве воздуха внутри помещений, что предполагало использование материалов с низким содержанием летучих органических соединений и формальдегида, строительных процессов, ограничивавших запыленность, и проверках качества воздуха при сдаче здания. Было проведено тщательное исследование всех используемых материалов, 20 % из которых получены в радиусе 800 км и имеют высокое содержание вторичной переработки, согласно нормам ASHRAE, а также анализу подверглось все энергопотребление здания. Наконец, стандартизация BREEAM дала возможность обратить особое внимание на сохранение местного биоразнообразия, и, как уже отмечалось, была размещена установка фитоочистки, позволившая очистить серую и дождевую воду благодаря растениям (потребление воды было сокращено за счет создания 2,8 тыс. м² фильтровальных садов) (рис. 13).



Рис. 13. Challenger – штаб-квартира компании Bouygues Construction в Сен-Кантен-ан-Ивелин (Париж). Здание смешанной сертификации, спроектированное в соответствии с BREEAM, LEED, HQE.
(Источник: <https://karmar.com.pl/en/realizacje/bycn/challenger-bycn-head-office>)

Стоит упомянуть о возможности мультисертификации, призванной устранить недостатки отдельных рейтингов с выявлением их конфликтующих требований. Достижение устойчивости и увеличение (рыночной) стоимости недвижимости, согласно стандарту ISO, как факторы развития экологического строительства могли бы способствовать интеграции рейтинговых систем. Скажем, понятны причины HQE-сертификации Challenger, поскольку данная система наиболее распространена во Франции. С другой стороны, чтобы увеличить охват оценки устойчивости, полезной была бы интеграция с немецким рейтингом DGNB как стандарта, уже принятого во Франции. Комбинация BREEAM, HQE и DGNB выгодна для этого здания, поскольку эти системы могут оценивать больше показателей ISO 21929-1:2011 [101]. Наконец, LEED – как наиболее широко используемый в мире стандарт экологического строительства – повысил бы глобальную информированность о здании и его влиянии на будущее городского ландшафта, а также его эталонных характеристиках в целях сокращения глобального углеродного следа. ITACA (Италия), CASBEE (Япония) и Green Mark (Сингапур), не имеющие сертификации во Франции, могут также привести к лучшему охвату показателей устойчивости ISO и производительности для Challenger. Поэтому комбинация BREEAM, HQE и DGNB наиболее оптимальна для европейской зоны строительства. Плюс глобализм сертификации LEED. Наконец, рейтинги ITACA, CASBEE и Green Mark способствуют большей производительности и устойчивому строительству [91, 102–104].

Что важно, сертификация BREEAM расширяет классический дизайн в строительстве. Хронологически жизненный цикл включает такие этапы, как «выбор площадки», «проектирование», «строительство», «эксплуатация и обслуживание», «ремонт», доработка со «сносом». Указанный стандарт дополняет процесс экопозитивными градостроительными, планировочными, проектными инновациями в таких областях, как долговечность, полезность, экономичность, комфорт. В результате «зеленая» стандартизация способствует появлению высокопроизводительного здания с широким перечнем функциональных элементов устойчивой направленности:

- возможностью аккумулировать все потребности в воде и энергии на месте;
- способностью специально адаптироваться к местному климату и развиваться в соответствии с меняющимися условиями;
- экологически чистой эксплуатацией и нулевым образованием отходов, которые не используются для другого процесса в здании;

- поддержанием здоровой экосистемы и благополучия жителей или пользователей;
- интеграцией систем для жизнеобеспечения, максимальной эффективности и комфорта;
- стремлением сохранить биоразнообразие местной экосистемы и не навредить ей;
- быть эстетически привлекательным и визуально вдохновляющим.

2.4. Система экологической сертификации зданий в Германии

Наряду с британской BREEAM и американской LEED система «зеленого» строительства DGNB реализуется Советом устойчивого строительства Германии (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) в сотрудничестве с Федеральным министерством транспорта, строительства и градостроительства BMVBS. Она способствует расширению сфер бизнеса, высокотехнологичного производства, инноваций и информационно-телекоммуникационных технологий, улучшению состояния окружающей среды. Система сертификации DGNB считается самой передовой системой такого рода в мире и признана во всем мире как глобальный эталон устойчивого развития.

DGNB – это добровольная сертификация, первоначально разработанная для новых офисных и административных объектов. С 2009 г. сертификация применяется и к новым жилым и промышленным зданиям, охватив 80 % новых зданий и 64 % всего рынка недвижимости в Германии. DGNB является лидером и за пределами страны, так как программа легко адаптируется к региональным требованиям, климатическим, структурным, правовым и культурным особенностям страны заказчика. По состоянию на декабрь 2018 г., более 4,8 тыс. зданий прошли сертификацию DGNB. К началу 2022 г. запланировано, реализовано и сертифицировано более 8,7 тыс. проектов в 35 странах мира. DGNB наиболее распространен в Австрии и Швейцарии. В 2022 г. в Берлине был построен комплекс модульно деревянно-гибридных зданий EDGE Suedkreuz (32 тыс. м²) (рис. 14).

Проект получил «бриллиантовый» рейтинг DGNB с общей оценкой 94,4 % (экологичность 97,3 %; экономическое качество 93,9 %; социокультурное и функциональное качество 95,0 %; техническое качество 90,2 %; качество процесса 100,0 %; оценка места 100,0 %).



Рис. 14. Комплекс EDGE Suedkreuz (Берлин), получивший выдающийся рейтинг DGNB. Обе конструкции возведены из перерабатываемой древесно-гибридной системы. Выбор строительных изделий более чем наполовину определяет оценку производительности проекта. (Источник: <https://edge.tech/de/developments/edge-suedkreuz-berlin>)

Данный протокол основан на трех фундаментальных факторах, что делает его уникальным и отличает от других методик:

- оценка жизненного цикла;
- целостный подход;
- акцент на производительность.

В DGNB учитывается весь жизненный цикл проекта – не только с точки зрения воздействия на окружающую среду и потребления ресурсов, но и с точки зрения затрат на управление или эксплуатацию здания, а также затрат на техническое обслуживание. Другими словами, оцениваются не отдельные меры, а воздействия в общем контексте по отношению ко всему жизненному циклу, т. е. фактическая производительность проекта.

Оценки вращаются вокруг трех основных факторов устойчивости, каждый из которых имеет одинаковый вес:

- экологические,
- экономические;
- социально-культурные.

Кроме отдельных показателей, система DGNB также оценивает общую эффективность разработки. Протокол индивидуально адаптирован к различным типам строительства и может использоваться:

- для новых зданий;
- существующих зданий;
- реконструкции и строительных работ.

Оценка схем сертификации разработана в контексте жизненного пути технического продукта в техногенной среде, т. е. периода, в течение которого происходит развитие объекта от начального замысла до вывода из эксплуатации [105]. Речь идет о жизни строительного актива – от определения к нему требований до прекращения его использования, – охватывающего концепцию его создания, разработку, эксплуатацию, техническую поддержку и утилизацию [106]. Можно сказать, что если здание представляет собой ту или иную информационную модель (например, эскиз или прохождение экспертизы, комплекс строительно-монтажных работ или выведение из эксплуатации), то DGNB при оценке задействует цикличность (повторяющуюся серию состояний) как специфический опыт извлечения знаний из моделей в среду данных с использованием их в новых информационных моделях. В результате создается бесприигрышная ситуация для клиентов, владельцев, арендаторов, сотрудников, поставщиков логистики. Неуклонное устранение потерь является выражением бережливого мышления.

Согласование схем сертификации с этапами жизненного цикла здания имеет следующий вид:

- подготовительное планирование, эскизное проектирование, предпроектные изыскания (предварительный сертификат DGNB для новостроек, предварительный сертификат DGNB для кварталов, сертификат DGNB для районов);
- строительство (сертификат DGNB на новые здания, сертификат DGNB на интерьеры, сертификат DGNB на кварталы);
- эксплуатация (сертификат DGNB на эксплуатируемые здания);
- ремонт, реновация, обновление (сертификат DGNB для существующих зданий, сертификат DGNB на реновацию, сертификат DGNB для интерьеров);
- завершение использования, демонтаж, переработка (сертификат DGNB на демонтаж).

Данную сертификацию могут получить:

- учебные корпуса;
- офисы и административные здания;
- универмаги;
- торговые центры;

- здания здравоохранения;
- отели;
- небольшие жилые дома;
- лаборатории;
- логистические центры;
- здания смешанного пользования;
- многоэтажные автостоянки;
- производственные здания;
- спортивные залы;
- многоэтажная жилая застройка;
- здания для встреч и собраний;
- специализированные розничные магазины, супермаркеты, аптеки и др.

Система оценки качества предназначена для классификации зданий по шкале, состоящей из трех уровней оценок: «платины», «золота», «серебра». «Бронзовый» сертификат также можно получить за устойчивую эксплуатацию зданий (табл. 20).

Таблица 20

Маркетинговый подход DGNB

Индексы производительности	Рейтинг, %				
	Бриллиант	Платина	Золото	Серебро	Бронза*
Общая степень выполнения (TPI)	≥ 95	≥ 80	≥ 65	≥ 50	≥ 35
Минимальная степень выполнения (MPI)	80	65	50	35	–

* Эта награда применима только к сертификату инвентаризации или сертификату «Эксплуатация здания».

В данном протоколе применяется взвешивание критериев. Соответственно, при подсчете баллов категории (разделы) имеют разное весовое значение в общей оценочной шкале (табл. 21).

Таблица 21

Оценочная шкала DGNB

Компоненты	Показатели оценки	Весовое значение в общей оценочной шкале, %	Кол-во критериев
Экологический	«Воздействие на глобальную и локальную окружающую среду», «Требования к ресурсам и образованию отходов»	22,5	6
Экономический	«Влияние на жизненный цикл», «Повышение ценности»	22,5	3
Социально-культурный и функциональный	«Здоровье, комфорт и удобство для пользователя», «Функциональность»	22,5	8
Техническое качество	«Стандарт технических систем», «Мобильность»	15	8
Качество процесса	«Стандарт планирования», «Стандарт строительства»	12,5	9
Качество локации	«Использование/полезность для ближайшего окружения», «Транспортное сообщение»	5	4

За выполненный критерий начисляются «пункты». Итоговый результат фиксируется в процентах. Набранные «пункты» переводятся в проценты на основе определенных соотношений. Для каждого критерия определены измеримые целевые значения, за выполнение которых начисляется максимум 10 баллов. По ряду критериев установлены дополнительные баллы за счет «бонусов» [107]. Таким образом, DGNB дает оценку по 38 критериям, сгруппированным в шесть категорий. По сравнению с 2014 г. раздел «Техническое качество» потерял в весе с 22,5 до 15 %, а «Качество процесса» стал «тяжелее» на 2,5 %. «Качество локации» раньше не имевшее весового значения, получило 5 %. Иначе говоря, на данном этапе выбор площадки для строительства и качество строительных стандартов, препятствуя негативному воздействию на окружающую среду, получили более весомую роль в экологической оценке. Рассмотрим поподробнее схему сертификации для многоквартирных жилых домов с минимальными предварительными требованиями относительно критерия «SOC1.2 – Качество воздуха в помещении» и «SOC2.1 – Дизайн для всех» (табл. 22) [108].

Таблица 22

Обзор критериев и индикаторов оценки в DGNB

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
<i>Критерий «Качество окружающей среды»</i>		
Оценка жизненного цикла здания (ENV1.1)	Оценка жизненного цикла при планировании. Оптимизация оценки жизненного цикла. Сравнительный расчет оценки жизненного цикла. Бонус за Повестку дня на период до 2030 г. Цели защиты климата. Бонус за цикличность экономики. Галогенированные углеводороды в хладагентах	Полезно для представления соответствующих экологических показателей здания, таких как выбросы CO₂, или потребности в энергии на протяжении всего жизненного цикла
Воздействие локации на окружающую среду (ENV1.2)	Экологически чистые материалы	Использование особо экологически чистых материалов не только вносит важный вклад в улучшение качества воздуха в помещении, но и помогает снизить риск загрязнения здания. Это вносит важный вклад в стабильность стоимости здания
Устойчивая добыча ресурсов (ENV1.3)	Экологически чистое сырье. Вторичное сырье	Результатом повышения прозрачности является более широкое распространение накопленного опыта по устойчивой и социально-экологически приемлемой добыче сырья и, следовательно, предотвращению экологическим нарушениям

Потребность в питьевой воде и объем сточных вод (ENV2.2)	Потребность в питьевой воде и объем сточных вод. Внешние работы. Интеграция в инфраструктуру района	Снижение спроса на питьевую воду и сточные воды уменьшает эксплуатационные расходы. Кроме того, высокий уровень рециркуляции сточных вод и использование местных ресурсов (колодцы, дождевая вода) помогает добиться независимости от ценовых колебаний и доступности водных ресурсов с помощью устройства дождевых садов; уменьшения площади непроницаемых поверхностей; использования естественного рельефа территории; сохранения растительности участка; применения технологий проливаемых покрытий; создания «зеленых» крыш и/или садов на крыше; совершенствования канализационных систем; установки резервуаров для аккумулялирования и повторного использования дождевой воды
Землепользование (ENV2.3)	Землепользование. Коэффициент уплотнения грунта и/или компенсационные меры	Экономное использование земель сводит к минимуму воздействие на земли и приводит к меньшей застройке, плате за сточные воды и улучшению микроклимата

Продолжение табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
Биоразнообразие на участке (ENV2.4)	Качество биотопа. Разнообразие видов животных на открытом воздухе. Разнообразие биотопа с его растительным покровом, животным и микробным населением на самом здании (например, сообщество многих видов животных, в основном членистоногих, некоторых видов птиц, бабочек и др.). Инвазивные виды растений. Связность среды обитания. Развитие и техническое обслуживание. Стратегия сохранения биоразнообразия	Люди обычно чувствуют себя счастливее и здоровее, когда находятся в естественной среде. Уважение к местной фауне создает положительный образ здания, что увеличивает стоимость имущества. Кроме того, выбор растений, подходящих для участка, может снизить последующие затраты, поскольку они часто более выносливы, менее восприимчивы к болезням и т. д. и требуют меньше ухода
<i>Критерий «Качество экономики»</i>		
Стоимость жизненного цикла (ECO 1.1)	Расчет стоимости жизненного цикла в процессе планирования. Оптимизация стоимости жизненного цикла. Затраты на жизненный цикл здания	В дополнение к доходам от затрат на производство и эксплуатацию экономическая жизнеспособность здания зависит от рентабельной эксплуатации. Расчет стоимости жизненного цикла позволяет учитывать среднесрочные и долгосрочные затраты на здание

Гибкость и адаптивность (ECO2.1)	Эффективность использования пространства. Высота потолка. Глубина здания. Вертикальный доступ. План этажа. Состав. Технические строительные услуги. Бонус за цикличность экономики: высокая интенсивность использования	Легкость, с которой здание может быть адаптировано к изменяющимся требованиям, помогает повысить удовлетворенность пользователей, продлить срок службы здания и снизить эксплуатационные затраты на протяжении всего его жизненного цикла. Гибкость и адаптируемость снижают риск незаяности и способствуют долгосрочному экономическому успеху здания
Коммерческая жизнеспособность (ECO2.2)	Въездная ситуация, маршрутизация и указатели. Ситуация с парковкой. Характеристики рынка. Степень использования/количество единиц, сданных на момент завершения	Неиспользуемые здания представляют собой нерациональное использование финансовых ресурсов. Здание, которое стоит пустым (в среднесрочной или долгосрочной перспективе), не является устойчивым. Чтобы достичь хорошей коммерческой жизнеспособности, недвижимость должна поддерживать или даже увеличивать свою стоимость

Продолжение табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
<i>Критерий «Социокультурное и функциональное качество»</i>		
Тепловой комфорт (SOC1.1)	Рабочая температура/температура воздуха в помещении/период нагрева. Сквозняки/отопительный период. Асимметрия лучистой температуры и температуры пола/периода отопления. Относительная влажность/период нагрева (количественно). Рабочая температура/температура воздуха в помещении/период охлаждения. Сквозняки/период охлаждения. Асимметрия лучистой температуры и температуры пола/периода охлаждения. Влажность/период охлаждения в помещении. Бонус повестки дня на период до 2030 г. – адаптация к изменению климата	Меры, которые даны пользователям зданий максимально возможный контроль над микроклиматом в помещении, улучшают их самочувствие. Это приводит к большей удовлетворенности объектами и, следовательно, также повышает производительность труда
Качество воздуха в помещении (SOC1.2)	Качество воздуха в помещении – летучие органические соединения. Качество воздуха в помещении – скорость вентиляции	В настоящее время люди проводят до 90 % своего времени в закрытых помещениях. Обеспечение высокого качества воздуха в помещениях за счет использования продукции с низким уровнем выбросов и адекватной скорости воздухообмена улучшает самочувствие, повышает производительность труда и удовлетворенность окружающей средой

Акустический комфорт (SOC1.3)	Акустическая концепция, сформулированная в процессе планирования. Отдельные офисы и многоместные офисы до 40 м². Многоместные офисы площадью более 40 м². Помещения в соответствии с DIN 18041:2016-03 (группа помещений A1-A5) с особыми требованиями к разборчивости речи (например, конференц-залы, помещения для семинаров или учебные классы). Помещения с рекомендациями в соответствии с DIN 18041:2016-03 (использование в здании B3-B5) с особыми требованиями к шумоподавлению и/или акустическому комфорту (например, столовые, библиотеки или комнаты отдыха). Бонус Agenda 2030 – снижение стресса; здоровье и благополучие	Хорошие акустические условия являются важным требованием для обеспечения производительности труда и комфорта
Визуальный комфорт (SOC1.4)	Наличие дневного света для всего здания. Наличие дневного света на постоянных рабочих местах. Визуальный контакт с внешним миром. Отсутствие бликов при дневном свете. Искусственное освещение. Цветопередача при дневном свете. Воздействие дневного света	Удовлетворенность пользователей тесно связана с ощущением комфорта и благополучия. Прогнозы, представляющие пользователям информацию о световом дне, погодных условиях и т. д., очень важны в этом отношении. Визуальный комфорт сильно влияет на производительность труда и удовлетворенность окружающей средой

Продолжение табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
Пользовательский контроль (SOC1.5)	Вентиляция. Защита от затемнения и бликов. Температура в отопительный период. Температура вне отопительного периода (охлаждение). Управление искусственным светом. Инновационная зона	Меры, которые позволяют жильцам оказывать максимально возможное влияние на внутренний климат, повышают комфорт в здании, что, в свою очередь, способствует большей удовлетворенности и продуктивности
Качество внутренних и наружных пространств (SOC1.6)	Внутреннее пространство для облегчения общения. Дополнительные положения для пользователей. Удобный для семьи, детей и пожилых людей дизайн. Качество внутренних зон доступа и прохода. Концепция дизайна наружного объекта. Открытые площадки. Светильники и оборудование	Здания с высококачественными помещениями повышают здоровье и счастье их пользователей и жителей, а также способствуют социальному взаимодействию. Это значительно повышает полезность здания
Охрана и безопасность (SOC1.7)	Субъективное восприятие безопасности и защиты от нападения	Высокое чувство безопасности вносит жизненно важный вклад в комфорт людей. Напротив, неуверенность и тревога ограничивают свободу передвижения. Меры, повышающие чувство безопасности, как правило, помогают снизить вероятность нападения

Дизайн для всех (SOC2.1)	Уровень качества 1/минимальные требования DGNB. Уровень качества 2. Уровень качества 3. Уровень качества 4. Уровень качества 5	Безбарьерный дизайн делает здания более привлекательными для всех групп пользователей, особенно для людей с нарушениями двигательных, сенсорных и когнитивных функций
<i>Критерий «Техническое качество»</i>		
Пожарная безопасность (TEC1.1)	Сертификат пожарной безопасности. Дополнительные признаки пожарной безопасности конструкции. Дополнительные признаки пожарной безопасности системы технического здания	Основные меры пожарной безопасности в здании или помещении регламентируются для предотвращения травм и гибели людей в случае пожара. Кроме того, они обеспечивают спасение людей и животных и эффективное тушение пожара
Звукоизоляция (TEC1.2)	Изоляция воздушного шума (резонансного прохождение звука через панель) между комнатами. Шумоизоляция шагов. Изоляция воздушного шума от гула инженерных коммуникаций здания (водопроводных сооружений, и др.). Звукоизоляция в жилых домах	Уменьшение раздражающего шума оказывает значительное влияние на благополучие и удовлетворенность пользователей в здании. Хорошая звукоизоляция позволяет пользователям лучше концентрироваться, обеспечивает конфиденциальность, тишину и покой, а также положительно влияет на комфорт проживания и здоровье
Качество ограждающих конструкций (TEC1.3)	Теплопередача. Тепловые мосты. Герметичность. Летняя защита от жары	Хорошо спланированная оболочка здания является предпосылкой для достижения высокого комфорта и низких затрат на электроэнергию

Продолжение табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
Использование и интеграция строительных технологий (TEC1.4)	Пассивные системы. Адаптируемость температур для использования возобновляемых источников энергии. Доступность технологии строительства. Интегрированные системы	Сокращение использования технических систем в здании может привести к уменьшению количества неисправностей во время эксплуатации здания. Использование устойчивых строительных технологий и возобновляемых источников энергии снижает риск увеличения затрат и внешних зависимостей и, как правило, рассчитано на долгосрочный период
Простота очистки компонентов здания (TEC1.5)	Доступность наружных стеклянных поверхностей. Компоненты экстерьера и интерьера. Напольное покрытие Грязеуловитель. Свободный план этажа. Поверхности. Концепция обеспечения простоты очистки	Вопрос о том, как можно очистить строительную конструкцию, оказывает значительное влияние на стоимость и воздействие здания на окружающую среду во время его эксплуатации. Поверхности, которые легко очищаются, требуют меньше количества чистящих средств, что снижает затраты на очистку

Простота восстановления и переработки (TEC1.6)	Простота переработки. Легкость восстановления. Простота восстановления и переработки в процессе планирования	Владельцы зданий, которые осуществляют сокращение использования материалов в своих зданиях, могут получить выгоду от снижения затрат даже на этапе строительства. В свою очередь, потребители получают положительный эффект на этапе эксплуатации – в некоторых случаях значительно сокращаются затраты и усилия, необходимые для работ по модернизации, а также для технического обслуживания, ремонта и прежде всего мероприятий по переоборудованию. Долгосрочная цель этого критерия, требующая глубоких знаний о материалах, используемых в зданиях, позволяет рассматривать здания как средство «хранения» сырья, а владельцам зданий планировать здания как прибыльное хранилище будущей стоимости для них самих
Контроль выбросов (TEC1.7)	Имиссии шума – ориентировочные значения. Световое загрязнение	Меры по снижению уровня шума и неблагоприятных условий освещения положительно сказываются на самочувствии пользователей и на окружающей среде. Это повышает производительность труда персонала здания. Предотвращение светового загрязнения поддерживает стабильность экосистем и может снизить последующие социальные издержки, поскольку быстрое расширение городских территорий с повсеместным искусственным освещением вызывает непредвиденные последствия для здоровья человека и устойчивости окружающей среды

Продолжение табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
Мобильная инфраструктура (TEC3.1)	Велосипедная инфраструктура. Системы аренды (государственные или частные). Электромобильность. Комфорт пользователя	Устойчивая и интеллектуальная транспортная инфраструктура позволяет пользователям выбирать вид транспорта, который наилучшим образом соответствует их индивидуальным потребностям, включая оздоровительные велосипедные и пешие прогулки
<i>Критерий «Качество процесса»</i>		
Подробное описание проекта (PRO1.1)	Планирование требований. Информирование общественности. Технические характеристики	Требования владельцев зданий в отношении здания и вытекающие из этого цели планирования четко изложены в форме требований и спецификаций. Это позволяет последовательно выполнять требования владельцев зданий. Подготовка проекта оказывает непосредственное влияние на конечное качество здания
Аспекты устойчивого развития на этапе тендера (PRO1.4)	Аспекты устойчивого развития на этапе тендера	Интеграция аспектов устойчивости на этапе тендера повышает качество здания и гарантирует, что решения, касающиеся качества продукции, больше не будут основываться исключительно на экономических соображениях

Документация по устойчивому управлению (PRO1.5)	Инструкции по техническому обслуживанию, осмотру, эксплуатации и уходу. Актуальные планы. Руководство по эксплуатации объекта. Планирование с BIM	Наличие всей соответствующей информации является ключом к обеспечению эффективной эксплуатации здания. Это позволяет планировать эксплуатацию здания и решать любой конкретный вопрос на ранней стадии
Процедура градостроительного и дизайнерского планирования (PRO1.6)	Изучение различных вариантов дизайна или планирование конкурса. Рекомендации независимого проектного комитета. Награда в виде архитектурной премии	Конкурсы планирования позволяют владельцу здания определить наиболее подходящего подрядчика и проект, который лучше всего соответствует его (владельца) требованиям. Конкурентный аспект повышает качество проектирования и позволяет владельцу здания выбрать наилучшее решение из широкого спектра предлагаемых
Строительная площадка/строительный процесс (PRO2.1)	Строительная площадка с низким уровнем шума. Строительная площадка с низким уровнем пыли. Защита почвы и грунтовых вод на строительной площадке. Малоотходная строительная площадка	Служит для снижения воздействия строительных площадок на окружающую среду
Обеспечение качества строительства (PRO2.2)	Планирование обеспечения качества. Измерения контроля качества. Гарантия качества строительной продукции. Профилактика плесени	Проверка качества здания с помощью соответствующих исследований играет ключевую роль в обеспечении его устойчивого использования в течение длительного времени

Продолжение табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
Систематический ввод в эксплуатацию (PRO2.3)	Концепция мониторинга. Концепция ввода в эксплуатацию. Предварительный функциональный тест. Проверка работоспособности и обучение. Заключительный отчет о вводе в эксплуатацию. Интегральная концепция управления и систематический ввод в эксплуатацию. Управление вводом в эксплуатацию	Систематический ввод в эксплуатацию – это процесс, обеспечивающий работу всех систем здания в соответствии с проектом. С помощью процедур ввода в эксплуатацию устанавливаются и документируются критерии требований заказчика к проекту: в отношении функционирования систем, ожидаемых эксплуатационных характеристик, ремонтной пригодности. Далее проверяют и документируют соответствие данным критериям на всех этапах проекта (проектирование, производство, монтаж, конструирование, запуск в эксплуатацию, тестирование и эксплуатация). Таким образом, систематический ввод в эксплуатацию обеспечивает реализацию запланированных функций/атрибутов здания. Это минимизирует риски и является важным компонентом эффективного использования источников энергии

Связь с пользователем (PRO2.4)	Руководство по устойчивому развитию для пользователей, адаптирующихся к уже существующим и новым требованиям по коммуникации. Информационная система устойчивого развития. Техническое руководство пользователя	Обеспечивается эффективная коммуникация с пользователями, тем самым увеличивается их удовлетворенность
Планирование в соответствии с FM (PRO2.5)	Проверка FM (facilities management). Прогноз эксплуатационных расходов. Связанное с пользователем и с использованием потребление энергии	Управление объектами FM обеспечивает функциональность, комфорт, безопасность, устойчивость и эффективность застроенной среды. Позволяет значительно сократить последующие эксплуатационные расходы. Кроме того, анализ и оптимизация энергопотребления поддерживают энергоэффективность всего здания и таким образом приводят к снижению эксплуатационных расходов
<i>Критерий «Качество площади»</i>		
Местная среда (SITE1.1)	Землетрясение. Извержение вулкана. Лавины. Буря. Наводнения. Ливень. Град. Оползень/проседание. Штормовой нагон/цунами. Экстремальный климат. Лесной пожар. Качество воздуха. Наружный шум. Радон	Природные опасности возникают в зависимости от географических условий участка. Их итергенсивность и частота, как правило, не могут быть изменены и их трудно предсказать. Это делает еще более важным их правильную классификацию, компенсацию или устранение любых потенциальных неблагоприятных последствий для людей в здании и вокруг него. Принятие во внимание вероятности и потенциальной серьезности каждого из этих происшествий на этапе планирования снижает стоимость любых работ по модернизации, которые могут потребоваться

Окончание табл. 22

Индикаторы	Индикаторы для оценки	Преимущества
Влияние на район (SITE1.2)	Анализ участка. Оценка имиджа и ценности участка. Потенциальная синергия. Повышение интереса к формированию деловой репутации территорий/привлечение инструментов маркетинга, развитие конкурентных преимуществ территории с целью привлечь туризм, инвестиции и проч.	Образ места (участка) оказывает значительное влияние на то, как здание и его окрестности воспринимаются пользователями и посетителями, а также на способность здания играть продуктивную роль в районе. В частности, с точки зрения экономических и социальных качеств здания жизненно важно, чтобы оно не только удовлетворяло функциональным требованиям, но и создавало положительный имидж
Транспортная доступность (SITE1.3)	Частный транспорт. Общественный транспорт. Велосипедисты. Пешеходное движение. Безбарьерная конструкция остановок	Устойчивая, интеллектуальная транспортная инфраструктура позволяет пользователям выбирать транспорт, наиболее подходящий для их индивидуальных потребностей. Если предлагается широкий спектр условий мобильности, то связанный с этим объем загрязнения и другие негативные последствия будут сокращены. Кроме того, появится выбор активных способов передвижения (пешком или на велосипеде)

Доступ к удобствам (SITE1.4)	Социальная инфраструктура. Коммерческая инфраструктура. Инфраструктура, связанная со зданием/ разнообразие использования	Удовлетворенность пользователей местом может быть повышена за счет того, что поблизости есть объекты, отвечающие их повседневным потребностям. Районы становятся более оживленными при наличии тротуаров и велосипедных дорожек. Это также приводит к сокращению использования моторизованного транспорта и связанных с ним шумового загрязнения и вредных выбросов. Кроме того, стоимость зданий в оживленных районах выше

Обозревая 38 критериев протокола, можно сказать, что критерии «Оценка жизненного цикла здания» ENV1.1 и «Стоимость жизненного цикла» ECO1.1 характеризуют уникальность и особенную методологию немецкой системы. Указанные критерии касаются двух методов: LCA и LCC, оценивающих весь жизненный цикл здания, его компонентов или строительных продуктов.

Оценка жизненного цикла LCA, иногда называемая «анализом от колыбели до могилы» (cradle-to-grave analysis), измеряет совокупное потенциальное воздействие на окружающую среду, продуктов, процессов или услуг в цепочке поставок и создания стоимости от их добычи («колыбели») до утилизации («могилы»). С точки зрения управления рисками, каждая стадия цикла – приобретение ресурсов, производство продуктов, фаза использования и конечный этап рециклинга, – требует учета затрат с целью выявления факторов негативного воздействия и улучшения общего экологического профиля продуктов. Таким образом, DGNB служит целостной базой, на основе которой можно рассчитать углеродный след материалов, принять обоснованное решение в пользу здоровья человека и оценить экологическую производительность проектов.

Стоимость жизненного цикла LCC означает учет всех затрат, которые будут понесены в течение срока службы здания, продукта, работы или услуги:

- цена покупки и все сопутствующие расходы (доставка, установка, страхование и т. д.);
- эксплуатационные расходы, включая энергию, топливо, использование воды, запасные части и техническое обслуживание;
- расходы по окончании срока службы (например, вывод из эксплуатации или утилизация) или остаточная стоимость (т. е. доход от продажи продукта).

LCC также может включать стоимость внешних эффектов. Таким образом, применяя LCC, DGNB позволяет заказчикам и покупателям учитывать затраты на использование ресурсов, содержание и утилизацию, которые не отражаются в цене объекта (продукта).

В системе DGNB различается прямое воздействие на окружающую среду (качественные и количественные характеристики бетонного изделия в контексте строительства) и косвенное (услуги на основе планирования строительной продукции; определение экологических требований к строительной продукции на этапе тендера; решения, реализованные либо путем планирования, либо путем выбора конкретного продукта, например экономный расход питьевой воды; потребление за счет использования бытовых сточных

вод или водосберегающих приспособлений). Далее представлено описание критериев воздействия на окружающую среду (табл. 23).

Таблица 23

Критерии воздействия в системе DGNB-UD

Код критерия	Критерий	Описание воздействия
<i>Прямого воздействия</i>		
ENV1.1	Оценка жизненного цикла здания	Воздействие на окружающую среду, связанное с выбросами, и потребление ограниченных ресурсов на всех этапах жизненного цикла здания
ENV1.2	Местное воздействие на окружающую среду	Требования к экологической устойчивости материалов. Локальные риски оцениваются по вредным веществам с введением уровней качества
ENV1.3	Устойчивая добыча ресурсов	Экологические и социальные стандарты добычи сырья. Положительная оценка будет дана, если, например, используется вторичное сырье, возобновляемые или сертифицированные материалы
ENV2.2	Потребность в питьевой воде и объем стоков	Потребность в питьевой воде и объем стоков зависят от планирования, использования сточных или дождевых вод, а также от уменьшения расхода воды, пригодной для питья. Водосберегающие приспособления также имеют свое значение
ECO1.1	Стоимость жизненного цикла	Затраты на строительство CG 300 (издержки на строительные материалы и конструкцию) и CG 400 (на техническое оборудование и установку), согласно DIN 276-1, связаны с LCA
ECO2.1	Гибкость и приспособляемость	Положительно будут оценены гибкие системы, которые можно изменить без масштабных строительных мероприятий, например фасадные соединения для изменяемых типов перегородок или гибкость инженерных линий и узлов здания
SOC1.1	Тепловой комфорт	Применяются особые требования к системам вентиляции зданий и свойствам важных материалов (например, ограждающих конструкций). Учитываются сквозняки, температура и асимметрия поверхности, влажность воздуха

Код критерия	Критерий	Описание воздействия
SOC1.2	Качество воздуха в помещении	Концентрация летучих органических соединений и формальдегида во всех интегрированных материалах и продуктах документируется в соответствии с этим критерием во время измерения качества воздуха в помещении
SOC1.3	Акустический комфорт	Помещения разного назначения оцениваются посредством измерений или расчетов периода реверберации. Материалы пространственных граничных поверхностей здесь оказывают влияние на положительный результат
SOC1.4	Визуальный комфорт	Визуальный комфорт состоит из доступа дневного света, внешнего пространства, открытого для обозрения, отсутствия бликов и учета качества искусственного освещения. Он в равной степени основан на конструктивных особенностях и продуктах
TEC1.2	Звукоизоляция	Учитываются звукоизоляция между помещениями (требования к стенам, потолкам, дверям и полам), шумоизоляция (верхние этажи и лестничные клетки), а также средства защиты от посторонних шумов и технологических бытовых систем
TEC1.3	Качество ограждающих конструкций здания	Учитываются коэффициенты теплопередачи, теплообмен по тепловым мостам, летняя теплозащита, герметичность ограждающих конструкций
TEC1.5	Простота очистки компонентов здания	Наряду с воздействиями, связанными с планированием и эксплуатацией, состояние строительной продукции также оказывает влияние на техническое обслуживание здания, т. е. напольные покрытия и общее состояние поверхности
TEC1.6	Простота восстановления и переработки	Чтобы полностью продумать жизненный цикл строительных материалов, при выборе необходимо учитывать легкость вторичной переработки. Кроме того, строительная конструкция, предназначенная для демонтажа, будет оценена положительно

Код критерия	Критерий	Описание воздействия
TEC1.7	Контроль выбросов	Свойства освещения, которые максимально снижают световой и зрительный дискомфорт. Например, учитывается внешнее освещение, направленное вниз
<i>Косвенного воздействия</i>		
ENV2.4	Биоразнообразие на участке	Учитывается биотопическое благоустройство в виде зеленых насаждений и парников вокруг здания или на крыше. Для оценки имеют значение материалы, из которых сделана конструкция крыши и/или установка для вертикальной растительности
SOC1.5	Пользовательский контроль	Возможность управления искусственным освещением, вентиляцией, температурой, затенением и защитой от бликов
SOC1.6	Качество внутренних и наружных пространств	Оценивается положительно наличие оборудования с характеристиками, влияющими на качество внешних зон. Пример: надежно закрепленная защита от солнца
SOC1.7	Безопасность	Среди прочего наличие технических устройств безопасности, таких как видеонаблюдение, системы оповещения и телефоны экстренной помощи
SOC2.1	Дизайн для всех	Дизайн беспороговых входов, расширение, использование, доступные ваннны комнаты
TEC1.1	Противопожарная защита	Классификация типов огнезащиты актуальна для международных проектов. Этот запрос не актуален в Германии из-за высоких требований законодательства
TEC1.4	Использование и интеграция строительных технологий	Оценивается положительно проект здания, обеспечивающий максимально возможное использование пассивных систем и интеграцию регенеративной энергии для необходимых технических систем
PRO1.4	Аспекты устойчивого развития на этапе тендера	Косвенное влияние на определение требований к строительной продукции и технических характеристик в рамках тендера

Код критерия	Критерий	Описание воздействия
PRO1.5	Документация по устойчивому управлению	Необходима исчерпывающая документация по техническому обслуживанию, осмотру, эксплуатации и уходу
PRO2.1	Строительная площадка/ строительный процесс	Строительная площадка с низким уровнем шума, пыли и мусора. На это может косвенно повлиять выбор строительной продукции

Общая эффективность проекта из 38 критериев устойчивости (система DGNB для новых зданий) более чем наполовину (56,6 %) предопределена выбором строительной продукции. Цветная амплитуда на оценочной диаграмме иллюстрирует потенциальный процент строительной продукции в оценке DGNB (рис. 15).

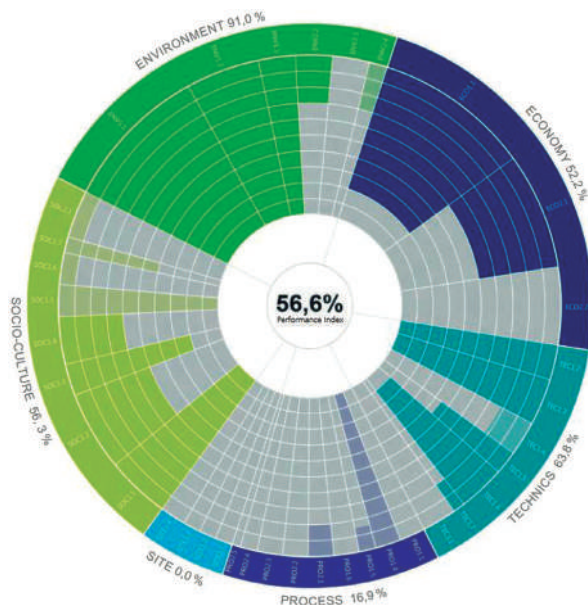


Рис. 15. Критерии DGNB: выбор строительных изделий более чем наполовину определяет оценку производительности проекта. (Источник: https://www.dgnb-navigator.de/fileadmin/user_upload/DGNB_Brochure_Navigator_EN.pdf)

В области социокультурной и функциональной оценки качество внутренней среды рассматривается посредством анализа восьми макропоказателей (рис. 16).



Рис. 16. Макропоказатели, рассматриваемые методом DGNB, для оценки качества внутренней среды

2.5. Система экологической сертификации зданий в Испании

Основной моделью сертификации в Испании является «Зеленый протокол» VERDE, разработанный для снижения воздействия строительства на окружающую среду по сравнению с эталонным зданием, задуманным в соответствии с минимальными параметрами, установленными законом и общепринятой международной практикой. VERDE – добровольная система, разработанная Техническим комитетом Совета по экологическому строительству Испании GBC, автономной организации и членом международной некоммерческой ассоциации World Green Building Council (WGBC). Сертификация относится только к жилым и офисным зданиям, которые находятся как в стадии проектирования, так и в завершенном состоянии или эксплуатируются. Единственная разница между завершенными зданиями и уже эксплуатируемыми заключается в данных, которые необходимо предоставить в процессе сертификации. В процессе сертификации или даже после его завершения могут быть учтены улучшения устойчивости и энергоэффективности объекта, что позволяет ему получить более высокий балл. Есть возможность самооценки проекта перед подачей заявки на сертификат.

Проекты оцениваются по 46 показателям. Критерии оценки сгруппированы по разделам:

- выбор площадки, планирование и разработка проекта;

- энергия и атмосфера;
- природные ресурсы;
- качество среды в помещении;
- качество обслуживания;
- социальные и экономические аспекты.

Протокол VERDE измеряет воздействие строительства на окружающую среду в соответствии с европейскими стандартами UNE 15643 (определяет общие рамки для оценки устойчивости зданий), UNE-EN 15643-2 (для оценки экологических показателей), UNE-EN 15643-3 (для оценки социальных показателей) и UNE-EN 15643-4 (экономических показателей). На основании этих трех стандартов в VERDE применяются весовые коэффициенты к 15 воздействиям, анализируемым в оцениваемых зданиях (табл. 24).

Таблица 24

Весовые коэффициенты различных воздействий, оцениваемых в VERDE

Экологические показатели, %		Социальные показатели, %		Экономические показатели, %	
Изменение климата	9,38	Доступность	6,25	Экономические аспекты результата	6,25
Выбросы в атмосферу, землю и воду	6,25	Адаптируемость	3,13	Экономия затрат в течение жизненного цикла	9,38
Изменения в биоразнообразии	9,38	Здоровье и комфорт	9,38	—	—
Истощение невозобновляемых источников энергии	9,38	Воздействие на окружающую среду	6,25	—	—
Истощение запасов питьевой воды	6,25	Обслуживание	3,13	—	—
Истощение материальных ресурсов	6,25	Безопасность	6,25	—	—
Образование отходов	3,13	—	—	—	—

В VERDE Edificios используется несколько типов оценки показателей:

- оценка по линейной формуле, которая находится в диапазоне между значениями показателей лучшей практики и стандартной. Наилучшей практикой считается результат, полученный при строгом соблюдении действующих нормативов или, в случае их отсутствия, определенное на основе консенсуса с группой экспертов значение, которое считается достижимым при конструктивной практике, не имеющей иной цели, кроме выполнения обязательных нормативов. Оценка варьируется от 0 баллов за стандартную практику до максимального балла за лучшую практику;

- соответствие значению. При выполнении условия, указанного в критерии, получают 100 % доступной оценки.

Итоговая оценка устанавливается в диапазоне 0,0–5,0 балла, где 5 – значение, соответствующее наилучшей возможной практике с приемлемыми затратами. Таким образом, VERDE имеет шесть уровней сертификации, которые позволяют проводить отдельную оценку экологических достоинств каждого проекта (табл. 25).

Таблица 25

Рейтинговая шкала VERDE

Уровни сертификации	Предотвращенное воздействие, баллы
5	4,5–5,0
4	3,5–4,5
3	2,5–3,5
2	1,5–2,5
1	0,5–1,5
0	0–0,5

Окончательная оценка зависит от процента полученных баллов по отношению к общему их количеству (табл. 26).

Таблица 26

Балльная шкала VERDE

Уровни сертификации	Баллы, %
0	> 30
1	30–40
2	40–50
3	50–60
4	60–80
5	80–100

Процесс сертификации состоит из следующих этапов:

- оценка экспертом здания (на самых ранних стадиях проекта или базовой версии);
- регистрация и отправка оценки и сопроводительной документации (возможна предварительная сертификация готового проекта или окончательная сертификация уже завершенного здания);
- технический надзор за сертификационной заявкой и проведенной оценкой, сообщение заявителю предварительных результатов и крайнего срока представления дополнительной документации по улучшению;
- предложение по сертификации и принятие решения;
- выдача сертификата.

VERDE действует в рамках общеевропейского регламента о таксономии от 12.07.2020, установившего четыре всеобъемлющих условия, которым должна соответствовать экономическая деятельность в качестве экологически устойчивой. Постановление о таксономии называет 6 экологических целей:

- смягчение последствий изменения климата;
- адаптация к изменению климата;
- устойчивое использование и защита водных и морских ресурсов;
- переход к экономике замкнутого цикла;
- предотвращение и контроль загрязнения;
- защита и восстановление биоразнообразия и экосистем.

Данный протокол подразумевает применение материалов, предварительно зарегистрированных в специальной базе данных. Цифровая платформа

материалов представляет собой банк файлов строительных продуктов, в котором для каждого указывается его вклад в устойчивость на основе трех эталонных сертификатов устойчивости (LEED, BREEAM, VERDE). Далее информация предоставляется строителям и экспертам для понимания того, как и почему эти материалы включены в устойчивые конструкции. Продукты, соответствующие одной из основных сертификаций устойчивого развития (LEED, BREEAM, VERDE), получают технический паспорт. Информация о них выложена на веб-сайте GBC, являющемся справочным материалом по архитектуре, строительству и устойчивому развитию. Зарегистрированные материалы становятся доступными для представителей, связанных с устойчивым строительством. Архитекторы и инженеры, которые заняты подготовкой проектов, получают к ним доступ через свои портфолио. Строгость и прозрачность технических критериев устойчивости в каждом случае подтверждаются третьей стороной. Чтобы получить аккредитованные листы технических данных о продуктах, компании должны работать с командой оценщиков платформы в качестве независимого оценочного органа. На каждый продукт размещается информация об экологической декларации (EPD), адаптированная к строгим критериям сертификации устойчивости. Пользователи знакомятся с данными о поведении продукта в окружающей среде на основе анализа его жизненного цикла и воздействия [109].

2.6. Система экологической сертификации зданий в Италии

2.6.1. Протокол ITACA

Система оценки Института инноваций и прозрачности контрактов и экологической совместимости (Istituto per l'innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilit  Ambientale, ITACA) является основной моделью сертификации в Италии. Она охватывает сертификацию уровня экологической устойчивости различных типов зданий (например, жилых, офисных, коммерческих и промышленных – как для нового строительства, так и для реконструкции) во многих регионах Италии.

С формированием специальной рабочей группы в 2001 г. институт разработал общий протокол между итальянскими регионами для оценки требований и пороговых значений устойчивого строительства, названный «Протоколом Итаки» (Protocollo ITACA). Этот протокол следует методам и стандартам,

уже изученным в других странах, таким как британский BREEAM и американский LEED, которые представляют собой серию оценок и инструментов, помогающих понять и смягчить воздействие на окружающую среду при проектировании и строительстве зданий. Были установлены 10 основных принципов, которые должны характеризовать «зеленое» строительство:

- гармония и устойчивость участка и строительного вмешательства;
- охрана и сохранение исторической среды;
- снижение энергопотребления и использование возобновляемых источников;
- экология зданий и помещений (защита здоровья людей от дополнительных внутренних вредных химических и физических воздействий);
- экологическая, экономическая и социальная устойчивость строительных технологий;
- сертификация и экологичность материалов;
- дифференциация дизайна для разного качества жизни;
- безопасность здания;
- качество жилья и домашняя автоматизация;
- профессиональное и плановое обучение, совместное обучение.

Базовой моделью служит международный инструмент оценки SBTool, разработанный в рамках исследовательского проекта Green Building Challenge.

Европейская директива об энергоэффективности в зданиях (как часть программы Fit for 55) предлагает улучшить энергетические характеристики европейских зданий, повысив их эффективность; использовать возобновляемые источники и в то же время сокращать выбросы и потребление. К 1 января 2030 г. все жилые объекты должны достичь как минимум энергетического класса E. Впоследствии к 2033 г. должен быть гарантирован класс D, чтобы к 2050 г. достичь нулевого уровня выбросов. Итальянский фонд зданий Mef и AdE состоит из более 57 млн единиц недвижимости, из которых не менее 19,5 млн являются жилыми домами. Большинство итальянских объектов недвижимости имеет эталонный энергетический класс между G и F. Повышение энергетического класса обычно требует сокращения потребления примерно на 25 % с помощью таких мер, как теплоизоляция, замена светильников, новые конденсационные котлы, солнечные батареи. Работы по реструктуризации и модернизации требуют не только больших инвестиций для достижения минимумов, установленных Европейской комиссией, но и надлежащих инструментов оценки экологической безопасности уже построенных и новых зданий [110].

Протокол ITACA представляет собой инструмент многокритериальной оценки уровня энергетической и экологической устойчивости зданий, который позволяет проверить эффективность здания в отношении не только потребления энергии и воды, но и качества материалов, используемых при их производстве; предполагает низкое энергопотребление и в то же время обеспечивает высокий комфорт с учетом оценки воздействия строительства на окружающую среду и здоровье человека. Презентация проекта оценивается по шкале от –1 до +5. Протокол рассматривает пять областей оценки (качество объекта, потребление ресурсов, нагрузка на окружающую среду, качество внутренней среды, качество обслуживания), в рамках которых определен ряд необходимых категорий; для каждой из них были разработаны оценочные карты. В качестве примера показана стандартная форма для оценки качества внутренней среды в помещении (табл. 27).

Таблица 27

**Стандартный бланк протокола ITACA для оценки качества внутренней среды
(визуальный комфорт)**

КРИТЕРИЙ D.4.1	Критерий действителен для объектов: жилое здание, новостройка, реновация	
ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ		
ОБЛАСТЬ ОЦЕНКИ	КАТЕГОРИЯ	
D. Качество внутренней среды	D.4. Визуальный комфорт	
ТРЕБОВАНИЕ	ВЕС КРИТЕРИЯ	
Обеспечить достаточный уровень естествен- ного освещения во всех основных занятых помещениях	в категории	в полной системе
	—	—
ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	
Средний коэффициент средней естественной освещенности помещений здания (Dm)	%	
ШКАЛА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ		
Оценки	%	Баллы
ОТРИЦАТЕЛЬНО	< 2,00	–1
ДОСТАТОЧНО	2,00	0

Окончание табл. 27

КРИТЕРИЙ D.4.1	Критерий действителен для объектов: жилое здание, новостройка, реновация	
ХОРОШО	2,60	3
ОТЛИЧНО	3,00	5
МЕТОД ПРОВЕРКИ И СРЕДСТВА		
Чтобы рассчитать показатель эффективности и соответствующую оценку, выполните следующие действия. 1. Рассчитайте для каждого окна коэффициент дневного света (D) при отсутствии подвижного экрана и с учетом фиксированного затенения для каждого типа стекла и помещения в соответствии с процедурой, описанной в Приложении С стандарта UNI EN 15193. 2. Рассчитайте средний коэффициент дневной освещенности помещений здания путем усреднения коэффициентов, рассчитанных для каждого помещения, взвешенных по площади самих помещений: $D_m = \sum(D_{,i} \cdot A_{,i}) / \sum(A_{,i}),$ где $D_{,i}$ = коэффициент дневного света i-го помещения; $A_{,i}$ = полезная площадь i-го помещения. 3. Сравните рассчитанное значение с контрольными показателями шкалы производительности и оцените	—	—
ITACA/iiSBE Italia/ITC-CNR Protocollo ITACA 2011 EDIFICI RESIDENZIALI		

Протокол ITACA представляет собой инструмент сертификации и аккредитации на добровольной основе, признан многими итальянскими регионами для формулирования сводной оценки уровня экологической устойчивости зданий, полезной для проектировщиков, контрольной деятельности и руководства администраций. Протокол сформирован как набор региональных протоколов и имеет научно-технические требования, согласованные на национальном уровне. Каждый регион с учетом своих потребностей разработал региональный протокол ITACA, основанный на требованиях национального уровня.

Сертификацией управляет специальный комитет, сформированный из региональных представителей.

Полный протокол разделен на 70 оценочных листов и устанавливает минимальные требования к устойчивости здания. Наряду с этим также разработан упрощенный отчет из 28 форм. Система организована в виде набора следующих процессуальных листов:

- таблицы весов;
- уменьшенного веса;
- финального свода из 28 форм;
- отношений окончательного протокола;
- финальных листов.

Исходный Протокол ИТАСА оценивал экологическую устойчивость здания на основе 35 критериев для анализа различных характеристик [111]. Однако со временем их количество было пересмотрено с позиций требований устойчивого развития и минимальных экологических критериев.

Среди них можно выделить несколько основных критериев, касающихся потребления энергии и выбросов парниковых газов:

- качество строительной площадки;
- потребление энергоресурсов (например, потребление энергии летом/зимой, производство горячей воды, естественное освещение, возобновляемые источники энергии и использование экологически совместимых материалов);
- воздействие «экологических нагрузок» (например, выброс твердых и жидких отходов «парникового газа» и проницаемость внешних территорий);
- внутреннее качество помещений;
- качество обслуживания.

Приоритеты устойчивого развития направлены на текущее и экономическое развитие общества, благополучие людей и сохранение окружающей среды с прицелом на долгосрочную перспективу. Иначе говоря, не экология должна подстраиваться под нужды экономики и политики, а, наоборот, экоцентрическая составляющая должна стать исходной посылкой безопасности строительства, условием создания строительных систем и технологий. На рис. 17 представлены макропоказатели протокола ИТАСА с точки зрения социальной направленности устойчивого строительства.

Анализ здания осуществляется путем изучения различных экологических аспектов, суммируемых по множеству критериев. Затем критерии группируются в категории и области оценки, каждая из которых оценивается в соответствии с различным весом. Результаты, достигнутые по отдельным

критериям и опосредованные разным взаимным взвешиванием категорий и областей, затем объединяются в окончательный балл, представляющий собой достигнутую степень экологической устойчивости.



Рис. 17. Макропоказатели, рассматриваемые протоколом ITACA для оценки качества внутренней среды

В начале 2015 г. было опубликовано Руководство UNI/PdR 13:2015 «Экологическая устойчивость в зданиях – оперативные инструменты для оценки устойчивости», заменившее Жилищный протокол ITACA от 2011 г. Практика делится на две части:

- UNI/PdR 13:2015 – «Раздел 0: Общая основа и методологические принципы». Он содержит методологические и процедурные принципы, определяющие систему многокритериального анализа для оценки экологической устойчивости зданий, для их классификации через присвоение оценки производительности. Объектом оценки является отдельное здание и его внешнее значение. Документ относится как к новостройкам, так и к зданиям, подлежащим реновации;

- UNI/PdR 13:2015 – «Раздел 1: Жилые дома» (30.01.2015 – обновление 22.06.2016). Здесь уточняются критерии оценки экологической устойчивости и расчета коэффициента полезного действия зданий, предназначенных для проживания. Критерии оценки для расчета оценки эффективности жилых зданий распределены по таблицам критериев и сгруппированы по справочной категории. Результатом деятельности, выполненной для расчета оценки эффективности, является «Отчет об оценке», выполненный для одного здания и его соответствующей внешней территории и содержащий результаты оценки в отношении набора критериев, принятых во внимание.

В 2016 г. был разработан синтетический Протокол городского масштаба *Protocollo ITACA a Scala Urbana*. Он предназначен как для планировщиков государственных органов, так и для операторов, занимающихся развитием или преобразованием городских территорий. Возможное его применение может осуществляться как на этапе проектирования для определения эталонных характеристик и в качестве инструмента поддержки принятия решений, так и на этапе строительства для проверки достижения целей устойчивого развития, а также на этапе эксплуатации для мониторинга проекта с точки зрения спецификации ожидаемых достижений и промежуточных и конечных целей.

В *Protocollo ITACA a Scala Urbana* особое внимание уделяется городским ливневым стокам, зеленым зонам, мобильности и безопасности дорожного движения, изменяющим климат выбросам и использованию энергии. Процесс использования протокола ITACA характеризуется присутствием некоторых профессиональных фигур, таких как эксперт и инспектор. Эксперт по строительству – это техник, обучающийся в колледже или профессиональном институте, обладающий знаниями, относящимися к этапам процесса проектирования и энергоэкологического консультирования в строительном секторе, в котором предусмотрено использование протокола. Инспектор, в свою очередь, должен обладать знаниями, касающимися этапов инспекции объекта, чтобы убедиться, что выполнение работ соответствует представленному проекту и протоколу, а также Техническому регламенту ACCREDIA RT-33 [111].

ITACA поддерживает сотрудничество с другими субъектами, занимающимися вопросами экологической устойчивости. Недавнее соглашение с Casaclima и CERTING направлено на то, чтобы компенсировать недостаток профессиональных квалификаций. CERTING является органом по сертификации Национального совета инженеров и аккредитован по стандарту UNI CEI EN ISO/IEC 17024. По соглашению предусмотрено присвоение поощрительного балла на этапе тендера проекту, составленному профессиональным экспертом по энергетическим и экологическим аспектам зданий, сертифицированным органом по оценке соответствия схемам устойчивого развития зданий [112].

Новая версия Протокола была одобрена в декабре 2020 г. Используя универсальные принципы, документ применим к самым ранним стадиям проектирования, легко адаптируется к различным контекстам с целью восстановления эффективности и пригодности для жизни городской среды. Восстановление деградировавших или заброшенных городских территорий, сокращение землепользования, повышение безопасности, продвижение реконструкции зданий и общественных пространств – все это отвечает требованиям устойчивого развития городов. Причины, которые привели к новой

версии стандарта, кроются в экологических обязательствах, подтвержденных в 2020 г. Новым «зеленым» курсом (нулевые выбросы к 2050 г. – сердцевина закона о климате, New Green Deal, предложенного комиссией ЕС), в привлечении внимания к целям устойчивого развития и выделении новых средств для реконструкции городов, характеризующихся неэффективной и некачественной застройкой, высоким уровнем землепользованием, неадекватными общественными пространствами и низким качеством жизни. К тому же Италия попросила комиссию ускорить сроки сокращения выбросов к 2030 г.

С 2017 г. протокол ITACA используется для оценки минимальных экологических критериев в сфере закупок услуг по проектированию и строительству новых зданий, их реконструкции и техническому обслуживанию. В результате сертификация на основе метода ITACA стимулирует повышение устойчивости зданий за счет экономических стимулов (снижение платы за урбанизацию, затрат на строительство и увеличение объемов) в соответствии с полученной оценкой.

Данная методология влияет на все уровни проектирования в разных масштабах, не ограничиваясь застроенной средой, открыта для политики и стратегий пространственного планирования:

- технической стандартизации;
- оценки соответствия и аккредитации;
- определения общих стандартов;
- подготовки специалистов, способных влиять на процесс проектирования;
- своевременной и объективной проверки достигнутых результатов;
- сертификации навыков и аккредитации оценщиков.

Эта методология легко воспроизводима в различных территориальных контекстах.

Таким образом, растущие экологические проблемы и новые социальные требования приводят к увеличению количества показателей, стандартов и сертификаций в строительной сфере. Структуры рейтинговых систем по большей части претерпевают положительные изменения, становясь менее жесткими и более открытыми, адаптивными и инклюзивными. Возрождение заброшенных участков можно рассматривать как усиление социальных аспектов устойчивой регенерации городов за счет повышения качества жизни и укрепления здоровья и благополучия жителей. Это возможно при наличии успешного плана развития, ограничивающего деградирование городов в среднесрочной и долгосрочной перспективе. По сути дела, параметры протокола ITACA используются как для принятия решений по реализации «зеленого» курса, так и для оценки достижения определенных целей устой-

чивого развития: сохранения почвы; актуальности общественного открытого пространства; проницаемости почвы; интенсивности водоподготовки; учреждения энергетических сообществ в городских районах; сокращения выбросов углекислого газа; увеличения естественных поверхностей с зелеными насаждениями; поддержания разнообразия озеленения и водосберегающих стратегий; развития теплового комфорта открытых площадок, доступа к общественному транспорту и пешеходным дорожкам; активной мобильности; обеспечения близости к основным услугам и безопасности дорожного движения.

Каждый критерий Protocollo sintetico a scala urbana di ITACA имеет вес и требует определения балла (от –1 до 5), который зависит от показателей, достигнутых анализируемой городской территорией. После рассмотрения всех критериев получается итоговая глобальная оценка, которая является показателем уровня устойчивости городского контекста (рис. 18).



Рис. 18. Пример сертификата ITACA с учетом минимальных экологических критериев в строительстве.

(Источник: <https://karmar.com.pl/en/realizacje/bycn/challenger-bycn-head-office>)

Стандартный Протокол ИТАСА для зданий был обновлен в 2019 г., появились новые критерии, чтобы дополнить и обогатить спектр исследований протокола. Самое пристальное внимание уделено соблюдению технических регламентов Италии и действующего отраслевого законодательства. Минимальный уровень для каждого критерия, который должен быть обеспечен, соответствует уровню, установленному конкретными нормативными актами.

Соблюдение нормативных ограничений подразумевает, что Протокол выступает в качестве гаранта нормативной работы технических специалистов, компаний и государственных органов с учетом того факта, что процедуры оценки регулируются Техническим регламентом ACCREDIA [113].

Согласно протоколу ИТАСА, наилучшие характеристики достигаются при использовании материалов из возобновляемых источников, которые часто дороже, чем изоляционные материалы ископаемого происхождения. Критерии Протокола включают оценку отсутствия водяного конденсата в промежутках оболочки (итальянские правила допускают наличие водяного конденсата в зимние месяцы при условии, что он может полностью испаряться в летнее время).

Общеизвестно, что наличие влаги в промежутках отрицательно влияет на термическое сопротивление деталей, ухудшая в конечном итоге энергетические характеристики и вызывая износ самой оболочки в виде плесени и выкрашивания. В настоящее время применение критериев экологической устойчивости к зданиям влечет увеличение затрат. В данном плане оценка характеристик оболочки может стать еще одним элементом рентабельности строительства.

Улучшения ограждающих конструкций здания и стратегий вентиляции не только снижают потребность в энергии, но и позволяют использовать решения для отопления, не основанные на ископаемом топливе, и помогают снизить пиковую нагрузку на электросеть. В целом политика, связанная с повышением эффективности потребления топлива в обычных зданиях, не отменяет напрямую выгоды более высоких вложений в «зеленое» строительство, так как более высокая стоимость ограждающих и горизонтальных конструкций оболочки обусловлена требованиями экологического характера, направленными на сокращение потребления невозобновляемых материалов [114].

В качестве примера сертификации по протоколу ИТАСА можно привести межприходскую молельню Реццато (рис. 19).



Рис. 19. Здание орактории общей площадью 8900 м², спроектированное с учетом всех экологических, антисейсмических и социальных профилей.

(Источник: <https://www.archilovers.com/projects/232850/realizzazione-oratorio-interparrocchiale-gallery?2197067>)

Комплекс молельни Реццато – первое здание класса А и нулевой энергией nZEB (nearly Zero Energy Buildings) на национальном уровне. Оно представляет собой единую устойчивую структуру в центральном городском районе. Проект является результатом стремления к диалогу между различными субъектами, действующими в сообществе (частными лицами, муниципальной администрацией, приходами, школами, ассоциациями). Ключевым элементом комплекса служит универсальный зал общины, в котором можно проводить собрания, выставки, концерты, в том числе благодаря использованию новейших технологий. Открытие сцены во внешнее пространство также позволяет проводить концерты под открытым небом. На прилегающих участках созданы озелененные зоны и большие дренажные площадки для различных видов игр. Проект преследует цель обеспечения экологической устойчивости за счет передовых технологических, строительных и инженерных решений: системы сухого строительства, фотоэлектрических панелей, «зеленых» крыш, солнечных теплиц.

Протокол энергетической и экологической устойчивости ИТАСА был активирован на добровольной основе, чтобы направить выбор дизайна в сторону экономии природных ресурсов и хорошего внутреннего качества жизни. Протокол позволяет клиенту и приходскому сообществу измерить

качественные и количественные параметры проекта, т. е. «показатель устойчивости», достигнутый на этапах проектирования и строительства, по сравнению с текущей строительной практикой [112].

В отличие от LEED, процедура ITACA состоит из заполнения группы рабочих листов по одному для каждого отдельного показателя эффективности с целью описания качества окружающей среды здания, включая поддержание комфорта в помещении в течение всего жизненного цикла. Несмотря на то что две процедуры придают разное значение указанным разделам: участку, воде, энергии, материалам, качеству внутренней среды, можно говорить об определенной пропорциональности между их нормализованными окончательными оценками. Никаких существенных технических различий между двумя методами сертификации не выявлено [115].

Следует подчеркнуть, что в протоколе ITACA потребление энергии и выбросы рассматриваются с нескольких точек зрения:

- потребление на этапе эксплуатации;
- воздействие на окружающую среду, обусловленное используемыми материалами, потреблением воды и транспортом из-за децентрализованного расположения зданий по отношению к городским службам.

Речь идет о потреблении невозобновляемого сырья (оценка, основанная на протоколе ITACA, может стимулировать как использование материалов местного происхождения из возобновляемых источников и путем переработки, так и внедрение инновационных строительных систем), а также сокращении воздействия на экосистему при транспортировке, что позволяет уменьшить негативное влияние на окружающую среду.

2.6.2. Методология CasaClima Nature

CasaClima Nature – еще одна модель оценки «зеленого» строительства. В отличие от протокола ITACA, она представляет собой модель сертификации, которая оценивает здание не только с точки зрения его энергоэффективности, но и с точки зрения его воздействия на окружающую среду и здоровье жильцов.

Данная система предполагает:

- предварительную сертификацию;
- собственно сертификацию;
- повторную сертификацию для протоколов устойчивого развития через 10 лет после выдачи сертификата.

Сертификация качества CasaClima Nature оценивает устойчивость здания на основе следующих показателей:

- общая энергоэффективность здания;
- воздействие на окружающую среду используемых строительных материалов;
- гидравлическое воздействие здания;
- качество воздуха в помещении;
- защита от радона;
- естественное освещение;
- акустический комфорт.

Новая версия системы имеет некоторые изменения в требованиях для получения сертификата. Информация о технических аспектах получила более стандартизированный вид. Так, было введено использование одного и того же инструмента ProCasaClima для всех расчетов (относится к оценке воздействия здания на окружающую среду и гидравлику). С точки зрения расчета воздействия на окружающую среду предполагается возможность охвата конкретных экологических значений данного материала или продукта, если они подтверждены экологической декларацией (Environmental Product Declaration, EPD) в соответствии с правилами ISO 14025 и EN 15804 [116].

Измененные руководящие принципы касаются запрещенных продуктов, материалов и веществ. Также установлены минимальные требования к регулируемой механической вентиляции, направленные на выполнение соответствующих требований к качеству воздуха в помещении. Включены материалы и изделия, используемые в качестве тепло- и звукоизоляции для внутренних помещений, в рамках контроля, связанного с выбросами формальдегида и общего количества летучих органических соединений (total volatile organic compounds, TVOC). Пересмотрены предельные значения ЛОС (VOC) для жидких продуктов в помещениях. Выделены продукты с низким уровнем выбросов, приемлемые для сертификации в соответствии с критериями CasaClima Nature. То же самое сделано по отношению к веществам, подлежащим проверке и анализу при измерении качества воздуха в помещении. Определены методы измерения внешней и внутренней освещенности и методы расчета среднего коэффициента естественной освещенности. Наконец, разработана более конкретная индивидуализация акустических испытаний, которые необходимо выполнить для удовлетворения требований акустического комфорта в многоквартирных жилых домах.

Классы оцениваемых зданий с помощью CasaClima определяются как разница между классом энергоэффективности оболочки и общим классом энергоэффективности (жилые здания) (табл. 28).

Таблица 28

Классы энергоэффективности CasaClima

Класс CasaClima*	Класс энерго-эффектив-ности	Эквивалентная потребность в первичной энергии без охлаждения	Эквивалентная потребность в первичной энергии охлаждения**	Общая энергоэффективность с охлаждением
	EIN_{RES} , кВтч/м²год	$EPSR_{RES}$, кг CO ₂ -экв/м²год	EPR_{RES}^{**} , кг CO ₂ -экв/м²год	$EEC_{RES} = EPSR_{RES} + EPR_{RES}$, кг CO ₂ -экв/м²год
Gold*	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 15
A*	≤ 30	≤ 20	≤ 10	≤ 30
B	≤ 50	≤ 35	≤ 15	≤ 50
C	≤ 70	≤ 50	≤ 20	≤ 70
D	≤ 90	≤ 65	≤ 25	≤ 90
E	≤ 120	≤ 90	≤ 30	≤ 120
F	≤ 160	≤ 120	≤ 40	≤ 160
G	> 160	>120	>40	>160

* Здание класса CasaClima A или Gold (энергоэффективность оболочки и общая энергоэффективность) соответствует определению «здание с практически нулевым потреблением энергии — nZEB» в соответствии с Европейской директивой 31/2010/EU, ст. 2, § 2.

** Пределы для «эквивалентной потребности в первичной энергии с охлаждением» равны нулю при отсутствии системы охлаждения: EIN_{RES} = энергоэффективность жилых зданий; $EPSR_{RES}$ = эквивалентная потребность в первичной энергии без бытового охлаждения; EPR_{RES} = требования к эквиваленту первичной энергии для бытового охлаждения; EEC_{RES} = общая энергоэффективность ($EPSR_{RES} + EPR_{RES}$) для жилого сектора [117, с. 10].

2.6.3. Система LEED

LEED 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni – это модель сертификации, применяемая к новым зданиям для институционального (например,

библиотеки, музеи, церкви и т. д.), коммерческого (например, офисы, магазины) и жилого (включая гостиницы) использования. Данная модель оценки предусматривает соблюдение некоторых обязательных предпосылок для достижения определенного балла по следующим параметрам:

- устойчивость строительной площадки;
- менеджмент водоеффективности;
- энергия и атмосфера;
- материалы и ресурсы;
- внутреннее качество атмосферы;
- инновация проекта;
- региональный приоритет, который учитывает местные особенности при оценке более подходящего проекта и методов строительства.

Чтобы получить сертификат LEED, проект зарабатывает баллы, соблюдая предварительные требования и кредиты, касающиеся выбросов углерода, энергии, воды, отходов, транспорта, материалов, здоровья и качества внутренней среды. Проекты проходят проверку и рассмотрение и получают баллы, соответствующие уровню сертификации LEED: «сертифицирован» (40–49 баллов), «серебро» (50–59), «золото» (60–79) и «платина» (80+).

2.6.4. Система GBC Quartieri

Для оценки организации и планирования микрорайона существует сертификация GBC Quartieri (GBC Neighborhoods), реализуемая под руководством Совета по экологическому строительству Италии. В качестве основы взята международно признанная схема сертификации LEED for Neighborhoods Development (LEED ND), разработанная американской USGBC совместно с Конгрессом за новый урбанизм и Советом по защите природных ресурсов. Протокол является инструментом измерения и определяет структуру показателей эффективности для поддержки устойчивого планирования, развития и реконструкции территории с учетом характеристик окружающей среды, способствуя улучшению индексов качества жизни и здоровья.

Протокол основное внимание уделяет зданиям и инфраструктуре, производительности, сокращению потребления, переработке материалов, сетевым системам, управлению водными ресурсами, энергоэффективности, методам строительства. Учитываются эффективность инфраструктуры и городское уплотнение, сочетание и система услуг. Проект, подлежащий сертификации GBC Quartieri, определяется как территория, на которой есть как минимум

два здания, образующие комплекс взаимосвязей с окружающей территорией, способствующий созданию функционального и социального сочетания и обладающий характеристиками стабильного поселения. Устойчивые районы – это места, где есть здания, инфраструктура и жители в пешей доступности.

2.7. Система экологической сертификации зданий в Канаде

2.7.1. Система LEED

В Канаде нет утвержденных или обязательных сертификатов экологического строительства на национальном уровне, но федеральные, провинциальные и муниципальные органы власти поощряют ряд сертификатов. Одна из наиболее часто используемых рейтинговых систем – методика LEED канадского Совета по экологическому строительству CAGBC, основанная на требованиях LEED Совета по экологическому строительству США. Строительные проекты могут претендовать на четыре возможных уровня сертификации LEED v.4 [118]:

- базовый (сертифицированный);
- серебряный;
- золотой;
- платиновый.

Канадский рейтинг LEED имеет разнообразные схемы сертификации, похожие на американские:

- «BD + C» (Building Design and Construction, Проектирование и строительство зданий);
- «LEED Cities and Communities» (Города и сообщества);
- «ID + C» (Interior Design and Construction, Дизайн интерьера и строительство);
- «ND» (Neighborhood Development, Застройка района);
- «O + M» (Building Operations and Maintenance, Эксплуатация и техническое обслуживание зданий);
- «LEED Recertification» (Повторная сертификация, включая схемы «BD + C» и «ID + C»);
- «LEED ZCB-Design» (LEED, Здание с нулевым выбросом углерода);

- «LEED ZCB Performance» (Здание с нулевым выбросом углерода – производительность).

В схеме «LEED ZCB Performance» внимание уделено четырем тематическим областям:

- углерод в строительных материалах (акцент ставится на сокращении воплощенного углерода в материалах в течение жизненного цикла; особое значение имеют выбросы от производства строительных материалов, которые в отрасли называют «предварительным выбросом углерода»; эти выбросы становятся негативным фактором еще до начала эксплуатации здания);

- энергетические сети и здания (внимание обращается на то, как строительные предприятия учитывают взаимодействие между получением электроэнергии из сети и ее отправкой обратно с целью сокращения выбросов углерода, например строительные операции должны быть направлены на сокращение и смещение пикового спроса на электроэнергию; цель – свести к минимуму потребление в периоды, когда ископаемое топливо используется для удовлетворения потребностей в выработке электроэнергии в сети; уделять внимание двойной цели – минимизации воплощенного углерода и снижению спроса на энергию);

- возобновляемые источники энергии на месте (экономически эффективный способ сокращения выбросов углерода от зданий, расположенных в районах с высокоуглеродными электрическими сетями или в низкоуглеродных сетях при условии, что они заменят выработку электроэнергии на ископаемом топливе, обычно используемую для удовлетворения пикового спроса);

- ближайшие климатические факторы воздействия (ставится цель предупреждения выбросов хладагентов и метана; эти кратковременные факторы воздействия на климат недолго остаются в атмосфере, но поглощают большое количество тепла и способствуют негативным изменениям; чаще всего они используются в тепловых насосах – как ни странно, для повышения эффективности и снижения выбросов углерода; в этой связи требуется разрабатывать другие методы, чтобы избежать возможных утечек хладагента и непреднамеренного выброса метана).

Известно, что на здания приходится 39 % от общего объема глобальных выбросов углерода. Традиционно большая часть усилий по сокращению выбросов углерода в строительном секторе сосредоточена на операционном углероде – повседневном потреблении энергии зданием, на долю которого приходится примерно 28 % выбросов. Остальные 11 % приходятся на то, что часто игнорируется, – воплощенный углерод.

Воплощенный углерод состоит из всех выбросов, связанных со строительством зданий, включая добычу, транспортировку, производство и установку строительных материалов на месте, а также выбросы этих материалов в процессе эксплуатации и конце срока службы. Это также в значительной степени «авансовый» углерод – выбросы парниковых газов, которые высвобождаются на ранних этапах жизненного цикла строительства, а это означает, что его негативное воздействие сейчас не может быть обращено вспять позже. Величина выбросов воплощенного углерода в период между настоящим моментом и 2030 г. затмевает возрастающее воздействие операционного углерода, поэтому непосредственные усилия по сокращению воплощенного углерода должны проводиться сейчас, а не потом. Политика закупок, дизайн, выбор материалов и спецификаций обретают ключевую роль снижения углерода.

Скажем, два изделия из стали могут выглядеть одинаково, стоить одинаковую сумму, соответствовать одному и тому же стандарту, но иметь совершенно разные характеристики воплощенного углерода. Например, балка из 100%-ной переработанной стали, произведенной с использованием возобновляемых источников энергии, может показаться идентичной балке из первичной стали, произведенной с использованием печи на ископаемом сырье, но в действительности последний намного проигрывает по уровню воплощенного углерода (то, как далеко сталь «из угольной печи» будет транспортирована, лишь усложняет ее выбор для строительства).

Все более актуальными становятся прозрачные экологические декларации о продуктах, сертифицированные экологичные материалы. Они должны поступать из цепочек поставок, осуществляемых бизнесом с нулевым выбросом углерода. Хотя, может быть, трудно различить воплощенный углерод в конкретном материале, некоторые материалы по своей природе имеют более низкий воплощенный углерод, например массив или кросс-ламинированная древесина.

Проведение анализа жизненного цикла всего здания после выбора материалов позволяет проектным группам выявлять потенциальные экологические проблемы и находить более устойчивые альтернативы. Анализ жизненного цикла включает в себя составление перечня соответствующих материальных входов и связанных с ними экологических результатов (например, изменение климата), связанных со зданием, оценку потенциального воздействия этих входов и выходов и интерпретацию результатов для принятия экологически ответственных решений.

По мере того как важность решения проблемы воплощенного углерода набирает обороты, продолжают появляться методологии и протоколы стандартизированного измерения воплощенного углерода. Цифровые инструменты (Athena, Zero Guide и др.) могут помочь точно рассчитать воплощенный углерод и предоставить обоснованные рекомендации о том, как снизить углеродный след. Microsoft, Autodesk в партнерстве с другими 50 компаниями разработали Калькулятор воплощенного углерода в строительстве (Embodied Carbon in Construction Calculator, EC3) – бесплатную базу из более чем 22 тыс. данных деклараций строительных экологических продуктов (EPD) США и Канады и соответствующий Калькулятор воздействия на здание для подсчета при проектировании и закупке материалов [119].

В дополнение к компенсации текущих выбросов при эксплуатации зданий воплощенный углерод от строительства новых зданий или реконструкции может быть компенсирован за счет единовременной покупки, чтобы обнулить выбросы от строительства (например, фирма может компенсировать выбросы, связанные с вредным производством, финансируя проект лесовосстановления в Африке; компания, подобно китайским производителям ГХФУ-22 газообразного хладагента, может покупать углеродные кредиты, чтобы компенсировать выбросы, связанные с ее продуктами или услугами). В этом случае прозрачность, однако, является важнейшей предпосылкой для выбора, анализа, покупки и компенсации воплощенного углерода.

В ZCB-Performance внесены следующие ключевые усовершенствования:

- разработаны требования по инвентаризации, мониторингу и компенсации неорганизованных выбросов хладагентов;
- возможности сокращения выбросов были расширены за счет включения высококачественной компенсации выбросов углерода;
- требования к воплощенному углероду в материалах были конкретизированы, чтобы сосредоточиться только на новых материалах, исключая ранее существовавшие конструкции.

Эффективное удовлетворение потребностей здания в энергии является важным следующим шагом, помогающим сократить потребление энергии и расходы на электроэнергию. Важно то, что от отопления и охлаждения до горячего водоснабжения и освещения эффективность должна быть направлена на удовлетворение потребностей в энергии с наименьшими выбросами углерода. Может ли здание обеспечить их реальное сокращение? Рассматривая этот вопрос, проектировщики должны предусмотреть генерацию возобновляемой энергии на месте и принять во внимание взаимодействие с сетью.

Аккумуляция энергии, будь то в форме накопления электроэнергии или тепла, становится признанной ценной стратегией, которая помогает свести к минимуму воздействие на сеть при одновременном снижении или устранении потребности в ископаемом топливе для удовлетворения пиковых потребностей в отоплении. Не все здания могут достичь нулевого уровня выбросов, полагаясь исключительно на возобновляемые источники энергии на месте. В данном случае воплощенный углерод может быть компенсирован только мерами за пределами здания. Таким образом, при строительстве зданий нужно учитывать возможность использования возобновляемых источников энергии за пределами объекта (например, посредством покупки энергии от солнечных панелей, массового озеленения и т. д.) и компенсации выбросов углерода в качестве окончательной меры по достижению нулевого уровня его выбросов.

Стандарт ZCB-Performance включает ежегодную проверку эффективности зданий с нулевым выбросом углерода. Сертификация присуждается на основе 12 месяцев работы, после успешного прохождения схемы ZCB-Design. Табл. 29 показывает, чем ZCB-Design отличается от схемы ZCB-Performance [120].

Таблица 29

Схемы нулевых выбросов углерода в зданиях по стандарту LEED

Вид	Показатели	ZCB-Design v.2	ZCB-Performance v.2
		Разовая сертификация для новостроек и капитального ремонта	Ежегодная сертификация существующих зданий
Углерод	Нулевой углеродный баланс	Модель нулевого углеродного баланса	Достижение нулевого углеродного баланса
	Воплощенный углерод	Сообщение о воплощенном углероде	Компенсация воплощенного углерода
	Хладагенты	Сообщение об общем количестве	Компенсация любых утечек
	Кредиты на возобновляемую энергию (RECs) и углеродные компенсации	Предоставление квоты	Предоставление подтверждения покупки
	Сжигание на месте	Предоставление плана перехода	План обновления каждые пять лет

Вид	Показатели	ZCB-Design v.2	ZCB-Performance v.2
		Разовая сертификация для новостроек и капитального ремонта	Ежегодная сертификация существующих зданий
Энергия	Энергоэффективность	Соответствие одному из трех подходов	Отчет об интенсивности использования энергии EUI, показатель рассчитывается путем деления общей энергии, потребляемой зданием за один год, на общую площадь здания
	Пиковый спрос	Сообщение о сезонных пиках	Сообщение о сезонных пиках
	Герметичность	Сообщение и обоснование смоделированного значения	Проведение тестирования, если ZCB-Design v.2 сертифицирован
Воздействие и инновации		Применение двух стратегий	Нет требований

Таким образом, обе схемы предусматривают план перехода к нулевому выбросу углерода, а также его регулярное обновление. Речь идет о плане адаптации объекта с течением времени, чтобы исключить горение из эксплуатации здания. Кандидаты на ZCB-Performance, которые используют какое-либо сжигание на месте для отопления помещений или горячего водоснабжения, независимо от того, используется ли биотопливо с нулевым уровнем выбросов, должны подготовить план перехода к нулевому выбросу углерода для первоначальной сертификации и каждые пять лет после этого. В плане перехода должно быть описано, как со временем можно снизить тепловые нагрузки, используя стратегии пассивного проектирования (например, улучшения ограждающих конструкций). В плане также должна быть описана текущая стратегия системы отопления, вентиляции и кондиционирования HVAC и то, как ее можно адаптировать к технологиям, не основанным на сжигании топлива. Точки естественного вмешательства (например, ожидаемый конец срока службы механического оборудования) должны быть

определены и учтены. Наконец, абрис перехода должен содержать финансовое сравнение текущих строительных операций и альтернативы, не основанной на сжигании топлива, включая расчет чистой приведенной стоимости за 20 лет, который включает текущий и прогнозируемый рост стоимости топлива и трехпроцентную ставку дисконтирования. В этом случае следует использовать калькулятор стоимости жизненного цикла здания с нулевым выбросом углерода [121].

В настоящее время разрабатывается новая версия LEED v.5, обновленные принципы сформулированы в следующем виде:

- увеличение масштаба для максимального воздействия;
- ускорение прогресса в обезуглероживании застроенной среды;
- приоритет адаптации к изменению климата и устойчивости;
- ориентация на инвестиции в здоровье и благополучие человека;
- обеспечение большего разнообразия, равенства и включения в искусственную среду;
- поддержка процветающих экосистем с помощью регенеративных методов.

2.7.2. Система BOMA BEST

BOMA BEST – еще одна добровольная национальная программа оценки экологических характеристик и управления существующими коммерческими зданиями по всей Канаде. Ею управляет ассоциация владельцев и менеджеров зданий Канады Building Owners and Managers Association of Canada. Программа сосредоточена на следующих 6 областях экологической эффективности и управления: I – энергетика, II – вода, III – сокращение количества отходов, IV – выбросы и стоки с площадки, V – внутренняя среда, VI – система экологического менеджмента. На сегодняшний день BOMA сообщает о сертификации более 5 тыс. зданий, представляющих почти 10 млрд кв. футов офисной недвижимости. Программа BOMA 360 Performance Program устанавливает мировой стандарт лучших практик в сфере коммерческой недвижимости. Для улучшения экологических показателей и управления разработано 5 уровней оценки. Сертификация присуждается зданиям, которые соответствуют наилучшим практикам (BEST Practices) и набрали процент ответов на вопросы анкеты (табл. 30).

Таблица 30

Рейтинговая оценка BOMA BEST, %

Уровень	Проценты
Базовый	До 19
Бронзовый	20–49
Серебряный	50–79
Золотой	80–89
Платиновый	90–100

BOMA Canada стремится следовать текущим передовым методам работы в строительной отрасли. В 2022 г. было проведено обновление анкет (например, для многоквартирных жилых домов). В результате общая оценка зданий, которые получали, скажем, «серебро», снизилась на 2–3 %, а сертификаты уровня Gold и Platinum «подешевели» на 1 %. Новая политика в области охраны окружающей среды и устойчивого развития гарантирует высокие стандарты экологичного строительства [122]. Табл. 31 показывает изменения в начислении баллов в анкетах BOMA BEST.

Таблица 31

Изменения в баллах анкеты BOMA BEST

Индикаторы оценки зданий	Изменение	Новая сумма баллов
1.1.4. Выберите соответствующий диапазон, соответствующий интенсивности использования энергии (EUI) вашего объекта (было 80 баллов)	Уменьшение баллов	5
1.2.1.3. Компактные люминесцентные лампы в местах общего пользования, на улице или на парковке (изменено на 1.2.1.3. Светодиодные или компактные люминесцентные лампы в местах общего пользования, на внешней территории или на парковках) (2 балла)	Увеличение баллов	8
1.3.8.3. Проверка правильности работы органов управления вентиляцией и охлаждением (было 2 балла)	То же	4

Продолжение табл. 31

Индикаторы оценки зданий	Изменение	Новая сумма баллов
1.3.8.4. Проверка регуляторов температуры и влажности, чтобы убедиться: они установлены правильно и реагируют должным образом (был 1 балл)	—»—	2
1.3.8.5. Проверка решеток подачи воздуха, чтобы убедиться: они не заблокированы и подают воздух в соответствии с требованиями (был 1 балл)	—»—	8
1.3.8.8. Замена фильтра по расписанию (было 2 балла)	—»—	4
1.3.8.9. Очистка и стерилизация влажных участков в системе кондиционирования воздуха и проверка наличия грязи (был 1 балл)	—»—	2
2.1.4. Выберите соответствующий диапазон WUI (Wildland Urban Interface, неосвоенные городские земли) вашего объекта (было 30 баллов)	Уменьшение баллов	5
2.2.4. Смесители для бытового использования с расходом не более 5,7 л/мин при давлении 60 фунтов на кв. дюйм и/или датчики приближения (было 5 баллов)	Увеличение баллов	8
4.3.3.1. Применяются ли меры по борьбе с ливнями для управления количеством и/или качеством стока воды с крыш и твердых поверхностей, таких как парковки? (5 баллов)	То же	8
5.1.1.4. Регулярно ли проверяются все воздухозаборники, чтобы убедиться, что отверстия защищены и не засорены? (Было 3 балла)	—»—	5
5.1.1.18. Имеется ли в каждой жилой единице достаточный приток воздуха без засоров? (Было 4 балла)	—»—	6
5.1.6.1. Окрашенные потолки или стены (3 балла)	—»—	4
5.1.6.2. Затхлые запахи (2 балла)	—»—	4
5.1.6.3. Влажные или затхлые ковры (2 балла)	—»—	3
5.1.6.5. Имеют ли места общего пользования, включая общественные помещения и кухни, а также хранилища химикатов эффективную локальную вытяжку? (Было 3 балла)	—»—	6

Индикаторы оценки зданий	Изменение	Новая сумма баллов
5.1.6.7.1. Имеются ли задокументированные меры по контролю загрязняющих веществ у источника в местах общего пользования, таких как общественные помещения, кухни, склады химикатов и общие складские помещения? (Было 2 балла)	—»—	4
5.1.8.2. Проводилась ли в прошлом году в здании проверка качества воздуха внутри помещений? (Было 5 баллов)	—»—	8
7.1.1. Введены ли данные об энергопотреблении как минимум за 12 месяцев подряд в BOMA BEST или на портале ENERGY STAR Portfolio Manager?	Новый вопрос	15
7.1.1а. Какова дата окончания 12 месяцев подряд, указанных выше?	То же	Только информация
7.1.2. Введены ли в BOMA BEST или портал ENERGY STAR Portfolio Manager текущие данные о потреблении энергии как минимум за 12 месяцев подряд?	—»—	15
7.1.2а. Какова дата окончания 12 месяцев подряд, указанных выше?	—»—	Только информация
7.1.3. Анализировалась ли разница между текущим потреблением энергии зданием и потреблением до пандемии COVID-19?	—»—	12
7.1.4. Введены ли данные о потреблении воды как минимум за 12 месяцев подряд в BOMA BEST или на портале ENERGY STAR Portfolio Manager?	—»—	9
7.1.4а. Какова дата окончания 12 месяцев подряд, указанных выше?	—»—	Только информация
7.1.5. Были ли данные о текущем потреблении воды как минимум за 12 месяцев подряд введены в BOMA BEST или портал ENERGY STAR Portfolio Manager?	—»—	9

Окончание табл. 31

Индикаторы оценки зданий	Изменение	Новая сумма баллов
7.1.5а. Какова дата окончания 12 месяцев подряд, указанных выше?	—»—	Только информация
7.1.6. Была ли проанализирована разница между текущим потреблением воды в здании и потреблением до COVID-19?	—»—	7
7.2.1. Было ли изменено заданное значение относительной влажности (RH) в здании, чтобы уменьшить передачу инфекционных аэрозолей?	—»—	4
7.3.1. Были ли установлены датчики качества воздуха в режиме реального времени с начала пандемии COVID-19?	—»—	4
7.3.2. Приняты ли меры по очистке воздуха в основных системах ОВКВ (HVAC) или в 50 % или более систем возвратного воздуха?	—»—	5

2.7.3. Система Green Globes

Green Globes – ведущая в мире система оценки устойчивости для коммерческих и многоквартирных зданий – широко применяется для оценки и сертификации экологически чистых зданий в Канаде. Данная методология интегрирована также в BOMA BEST. Green Globes для существующих зданий был разработан в 2000 г. инновационной технологической компаний ECD Energy, работающей над производством энергетического устройства нового поколения под названием «электрокинетический комбинированный привод» (ECD), и организацией Environment Canada, ответственной за разработку базовой технологии. При поддержке Министерства национальной обороны, общественных работ и государственных служб Канады была разработана программа Green Globes for New Buildings Canada для экологической оценки новых зданий. В 2004 г. система Green Globes была адаптирована для США.

С тех пор инструмент подвергался многочисленным периодическим обновлениям. В 2018 г. находящаяся в США организация *GBI* приобрела у компании JLL глобальные права на Green Globes. JLL (Jones Lang LaSalle Incorporated) – это глобальная фирма, предоставляющая профессиональные

услуги, специализирующаяся на управлении недвижимостью и инвестициями и предлагающая консультации по устойчивому развитию своей обширной клиентской базе. В 2017 г. у *JLL* было около 300 корпоративных офисов в более чем 80 странах и более 80 000 сотрудников по всему миру.

Основанная в 2004 г. GBI (Green Building Initiative) является некоммерческой организацией и разработчиком стандартов Американского национального института стандартов ANSI, цель которого – ускорение внедрения лучших практик «зеленого» строительства. Ныне «Инициатива зеленого строительства» – единственный поставщик программ оценки зданий Green Globes и федеральных руководящих принципов. Онлайн-инструмент позволил расширить охват рейтинговой оценки во всем мире. С момента своего основания в 2004 г. GBI сертифицировала 1594 здания или почти 300 млн кв. футов недвижимости: 1328 зданий в рамках программы Green Globes и 266 зданий в рамках «Программы соответствия руководящим принципам для правительственных зданий США». GBI учредила некоммерческую дочернюю компанию в Канаде – GB Initiative Canada – для поддержки роста использования бренда Green Globes на канадском рынке. В последнее время Green Globes привлекла к себе значительное внимание и включает крупные национальные бренды, такие как Whole Foods, Fidelity и MGM Resorts, как часть своего расширяющегося клиентского портфеля [123].

Green Globes структурирована как инструмент самооценки, которая должна проводиться внутри компании с участием менеджера проекта и команды дизайнеров. Система основана на анкетах с всплывающими подсказками, помогающими пользователю выбрать подходящие ответы с использованием интегрированного процесса проектирования. Клиенты могут видеть, как начисляются очки. После того как анкеты будут заполнены, система предоставит проектной группе отчет об основных моментах проекта и укажет области, которые можно улучшить. Онлайн-система Green Globes позволяет обновлять оценку и служит виртуальным консультантом, который обеспечивает обратную связь с заказчиками.

В интернете проектировщикам доступен широкий спектр информации, включая руководство и инструмент, показывающий, как будут начисляться баллы. Для подачи заявки требуется подготовить ряд документов, обычно составляемых в рамках стандартной реализации экологичного строительства: чертежи, спецификации, энергетическое моделирование, анализ жизненного цикла, разного рода протоколы, «зеленые» планы, например управление ливневыми стоками, благоустройство территории, ввод в эксплуатацию

и т. д. Green Globes намного проще в использовании и требует меньше регистрационных сборов, чем LEED. С точки зрения устойчивости LEED имеет более строгие стандарты, чем Green Globes.

В отличие от системы LEED, где есть 100 возможных баллов и десять бонусных баллов, в системе Green Globes всего можно набрать 1000 баллов. Чтобы достичь самого базового уровня сертификации и заработать один «Зеленый глобус», проект должен набрать не менее 35–54 % от выше-названной общей суммы. Два «Зеленых глобуса» – от 55 до 69 % и т. д. (три «Зеленых глобуса» – 70–84 %, четыре «Зеленых глобуса» – более 85 %).

В рейтинговой системе LEED частичные кредиты и признание того, что некоторые критерии могут быть неприменимы к проекту, учитываются лишь ограниченно, тогда как Green Globes гораздо более гибок. Рейтинговая система LEED часто требует предварительных условий для многих кредитов, тогда как у Green Globes нет ничего подобного. Следует также отметить, что Green Globes использует оценку жизненного цикла и множественные оценки атрибутов. В целом Green Globes является более доступной системой сертификации, чем LEED.

Таким образом, можно сказать, что, хотя критерии (категории) в этих рейтинговых системах схожи, методы оценки различаются (табл. 32).

Таблица 32

Сравнение систем Green Globes и LEED

Элементы сравнения	Green Globes	LEED
Использование утвержденного ANSI процесса разработки консенсуса	Есть	Нет
Национальная программа	Есть	Есть
Реализация программы	Онлайновые интерактивные анкеты	Онлайн-подача шаблонов
Всего баллов по программе	1 000	110
Частичные кредиты и признание того, что некоторые критерии могут быть «неприменимыми»	Есть	Ограниченно

Элементы сравнения	Green Globes	LEED
Предварительные (минимальные) условия	Нет	Есть
Использует оценку жизненного цикла и множественные оценки атрибутов	Есть	Нет
Признание лесных сертификатов	● FSC (Forest Stewardship Council, Лесной попечительский совет – международная неправительственная организация, занимающаяся продвижением ответственного управления мировыми лесами); ● SFI (Sustainable Forestry Initiative, Инициатива устойчивого лесного хозяйства – организация, занимающаяся лесной сертификацией в основном на рынке США и Канады); ● ATFS (American Tree Farm System, Американская система ферм деревьев – старейшая программа сертификации лесов в США, ATFS-сертификация в настоящее время признана во всем мире и соответствует строгим стандартам сторонней проверки и аудита.	FSC
	Семейные леса, сертифицированные ATFS, соответствуют восьми стандартам устойчивости и используются для различных целей: вода, дикая природа, лес и отдых); ● CSA (Canadian Standards Association, Канадская ассоциация по стандартизации, ее стандарт разработан специально для Канады и ее государственных лесов, но также одобрен глобальной Программой поддержки лесных сертификаций (PEFC)	

Некоторые авторы считают, что кредиты LEED, например на энергоэффективность, часто имеют более высокую первоначальную стоимость, чем другие кредиты [124]. В рейтинговой системе LEED есть девять различных кредитных категорий, по которым проектные группы могут получить баллы для сертификации, включая:

- интеграционный процесс;
- местоположение и транспорт;
- устойчивые объекты, эффективность использования воды;
- энергию и атмосферу;
- материалы и ресурсы;
- качество внутренней среды;
- инновации и региональный приоритет.

В Green Globes есть только 7 различных категорий, по которым начисляются баллы, в том числе: площадка, энергия, вода, выбросы, управление проектом, внутренняя среда, а также материалы и ресурсы.

Учитывая то, что сертификацию One Globe можно получить начиная с 35 % от общего количества баллов, становится очевидно, что относительно небольшой вклад в сертификацию LEED (2 из 110 баллов) по энергоэффективности приводит к значительному увеличению баллов в Green Globes (205 из 1000 баллов). Здесь играет роль тот факт, что Green Globes начисляет баллы за энергоэффективность и установку оборудования. Разница также объясняется более низкими требованиями к производительности в Green Globes: там, где система присваивает 30 баллов (3 % от общего числа баллов) за повышение энергоэффективности на 17 %, LEED выделяет только один балл (1,45 % всех баллов).

Кроме того, необходимо сделать одну оговорку: Green Globes включает транспорт в категорию «Энергия», что способствует сравнительно высокому рейтингу.

Очевидное сходство маскирует тот факт, что два рейтинга на самом деле нелегко сравнивать, поскольку Green Globes включает в себя два аспекта, которых нет в LEED: оценка жизненного цикла и долговечность/адаптируемость здания. Имеет место определенный дисбаланс между двумя системами: LEED выделяет в общей сложности 8 кредитов (11,9 % от общего числа баллов) аспектам, которые все подпадают под категорию «Минимальное потребление ресурсов» в Green Globes. Последний присваивает этой категории всего 15 баллов (1,5 % от общего числа баллов). Трудно судить о том,

какая система оказывает меньшее воздействие на окружающую среду в указанных аспектах.

Green Globes требует интегрированного процесса проектирования, экологических спецификаций продукта и базового ввода в эксплуатацию. Все эти аспекты рассматриваются как часть других кредитов LEED. Категория «Инновации» не имеет эквивалента в Green Globes. В целом, используя Green Globes, тестовый проект получил рейтинг 59 %, что соответствует Two Globes. Ввод информации из тематического исследования GSA LEED в Green Globes показал, что две системы демонстрируют много различий в направленности, содержании и распределении баллов. Однако в конечном счете, хотя распределение баллов по категориям различается, обе системы акцентируют внимание на экологически благоприятных аспектах строительства зданий и использования материалов.

В Канаде доступны следующие модули Green Globes:

- Green Globes для нового строительства (также относится к капитальному ремонту);
- Green Globes for Sustainable Interiors (применяется к коммерческим/арендаторским проектам интерьера или отделке).

Эти модули можно использовать для широкого спектра коммерческих, институциональных и многоквартирных зданий, включая офисы, школы, больницы, гостиницы, академические и промышленные объекты, склады, лаборатории, спортивные сооружения и многоквартирные дома.

В зависимости от модуля программа оценивает до шести областей экологической эффективности, включая: I – энергетику, II – воду, III – материалы и ресурсы, IV – выбросы. Если завершенная оценка превышает минимальный порог в 35 %, то третья сторона проводит оценку на месте.

2.8. Система экологической сертификации зданий в Китае

2.8.1. Протокол технической оценки экодма

В настоящее время в глобальном масштабе Китай имеет самое высокое потребление энергии, 38 % которого приходится на строительную отрасль. Выбросы углерода в строительном секторе в 2020 г. достигли 11,79 гигатонны углекислого газа, что составляет 37 % всех выбросов углерода в мире.

В общей сложности 17 % из них были связаны с эксплуатационными выбросами углерода жилых зданий [125, 126].

В 2001 г. был подготовлен «Справочник по технической оценке экодому в Китае». Позже были выпущены три обновленные версии – в 2002, 2003 и 2007 г. соответственно. Все четыре издания были отредактированы на основе сочетания американского стандарта LEED и китайских реалий. Самое последнее издание состоит из двух глав и четырех приложений. Первая глава представляет собой рейтинговую систему. Она и была взята в качестве руководства при планировании, проектировании и строительстве экологических зданий. В данном протоколе 5 основных индикаторов:

- среда на участке и в жилых помещениях;
- энергия и окружающая среда;
- качество внутренней среды;
- водная среда;
- использование материалов и ресурсов.

Вторая глава посвящена методу оценки и ее критериям и включает три вида оценки:

- предварительных условий;
- на этапе планирования и проектирования;
- на этапе эксплуатации и технического обслуживания.

Квалифицируемые жилые дома должны были соответствовать всем критериям в рамках трех этапов. Это первое руководство по оценке «зеленого» строительства в Китае, разработанное только для жилых зданий.

2.8.2. GBASBO

Для проведения «зеленых» Олимпийских игр в Пекине в 2002 г. был инициирован специальный исследовательский проект по развитию – «Система оценки экологически чистых зданий для Олимпийских игр в Пекине» (Green Building Assessment System for Beijing Olympics, GBASBO). Он был разработан на основе японского стандарта CASBEE. Ради «зеленых» Олимпийских игр были учтены китайские реалии, особенно местные условия Пекина. Одной из особенностей этой системы стало то, что концепция «зеленого» строительства была впервые официально объявлена в Китае. Протокол GBASBO предполагает 4 стадии:

- планирование;

- проектирование;
- строительство и окончательная проверка;
- эксплуатация и управление [127].

В отличие от других стандартов «зеленого» строительства, этот инструмент требует оценки каждого этапа в отдельности, а также и всего процесса (рис. 20).

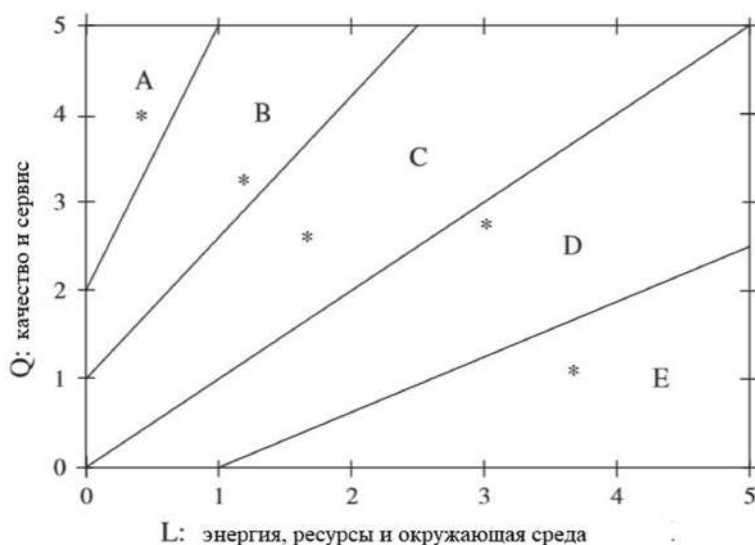


Рис. 20. Система рейтинга экологически чистых зданий для «зеленых» Олимпийских игр в Пекине

На рис. 20 показано, как работает данная система, где ось X представляет потребление ресурсов и нагрузку на окружающую среду в результате строительства, а ось Y представляет общее качество здания. Более высокое значение X означает большее потребление ресурсов и воздействие на окружающую среду со стороны застройки, а более высокое значение Y означает ее лучшую производительность. Общее значение X представляет собой совокупную оценку потребления ресурсов и воздействия на окружающую среду на каждом этапе, а общее значение Y – агрегированный показатель качества. В табл. 33 представлены подробные балльные значения проекта.

Таблица 33

Подробные веса рейтинговой системы GBASBO

<i>Q/L</i> (качество/ нагрузка)	Исходные индексы	Вес
1. Этап планирования		
<i>Q</i>	Качество местоположения	0,15
	Сервис и функции	0,45
	Наружная физическая среда	0,40
<i>L</i>	Воздействие на окружающую среду	0,35
	Потребление энергии	0,35
	Материалы и энергия	0,10
	Водные ресурсы	0,20
2. Этап рабочего проектирования		
<i>Q</i>	Качество окружающей среды на открытом воздухе	0,10
	Внутренняя физическая среда	0,30
	Качество воздуха в помещении	0,35
	Сервис и функции	0,25
<i>L</i>	Воздействие на окружающую среду	0,05
	Загрязнение воздуха	0,10
	Потребление энергии	0,40
	Материалы и энергия	0,30
	Водные ресурсы	0,15
3. Стадия строительства		
<i>Q</i>	Безопасность и здоровье	0,70
	Качество строительства	0,30

<i>Q/L</i> (качество/ нагрузка)	Исходные индексы	Вес
<i>L</i>	Воздействие на окружающую среду	0,55
	Потребление энергии	0,15
	Материалы и энергия	0,20
	Водные ресурсы	0,10
4. Этап испытаний, стартап и последующая эксплуатация		
<i>Q</i>	Качество внешней среды	0,10
	Внутренняя физическая среда	0,20
	Качество воздуха в помещении	0,15
	Сервис и функции	0,20
	«Зеленый» менеджмент (озеленение, обслуживание, управление отходами)	0,35
<i>L</i>	Воздействие на окружающую среду	0,10
	Потребление энергии	0,30
	Водный ресурс	0,15
	«Зеленый» менеджмент (управление энерго- и водосбережением)	0,45

Если окончательная стадия строительства находится в зоне А, то данный объект, имея гораздо более экологичные характеристики, меньшие потребление ресурсов и воздействие на окружающую среду, должен быть включен в «зеленый» список. Точно так же, если оценка сооружения соотносится с зоной В или даже С, оно по-прежнему не выходит за рамки стандартных требований. Только индикация в зонах D или E считается основанием для отказа в сертификации, так как застройка будет потреблять больше ресурсов и оказывать большее воздействие на окружающую среду, чем допустимо. GBASBO – это первый местный «зеленый» рейтинг в Китае. Однако он был специально разработан только для строительства олимпийских объектов в Пекине.

2.8.3. CSUS/GBC 07-2015 (стандарт Макао)

В 2014 г. в Макао был также принят местный вариант «зеленого» протокола CSUS/GBC07–2015 с акцентом на ресурсосбережение. В этом стандарте под названием «Зеленое строительство в Китае» (China Green Building, CGB) есть 6 технических аспектов:

- земля;
- вода;
- энергия;
- материалы;
- качество окружающей среды в помещении;
- управление эксплуатацией.

Первые четыре относятся к экономии, будь то энергия, земля или вода. Сертификация в Макао аналогична другим системам сертификации в мире, таким как LEED или Green Mark в Сингапуре, но более адаптирована к китайскому рынку недвижимости, а также административным районам Макао и Гонконга (рис. 21) [128]. Так, MGM Cotai, гостиничный и игорный комплекс (280 тыс. м²), построенный американской компанией Las Vegas Sands Corp., стал иконой инновационного развития в регионе. MGM получил несколько наград как самый современный «зеленый» отель в Макао.

В 2019 г., по сравнению с 2018 г., нормализованная экономия энергии в год достигла 4,7 вместо 2 %. «Азиатский Лас Вегас» получил сертификацию ISO 50001:2018, которая считается идеальным стандартом управления энергопотреблением во всем мире [129]. В 2018 г. потребление энергии сократилось на 28 % по сравнению с базовым показателем 2017 г. Проверенное кумулятивное снижение годового потребления энергии составило 13 % [130].

В 2020 г. комплекс потреблял примерно 1 млн м³ воды, что на 29 % меньше, чем в 2019 г., и на 65 % меньше базового показателя 2017 г.

В 2020 г. объем отходов был уменьшен на 52 % по сравнению с предыдущим годом. Интересно отметить, что картриджи с тонером и перезаряжаемые батареи перерабатываются на месте. Обычные опасные отходы: дизельное топливо, сжатые газы, краски на масляной основе, растворяющие клеи, масло для сухой очистки, кислотные/щелочные растворы, хлор, аккумуляторы для последующей утилизации ранее возвращались поставщикам.

В 2020 г. общее количество выбросов парниковых газов составило 139,6 тыс. т CO₂ в год/м²: снижение на 23 % по сравнению с прошлым го-

дом и на 64 % – с 2017 г. Компания поставила задачу достичь углеродной нейтральности к 2060 г.



Рис. 21. MGM Cotai. Avenida da Nave Desportiva, Macau, China. Уникальная система освещения комплекса оборудована 48 тыс. специальных светильников, чтобы подчеркнуть различные узоры фасада. Система управления позволяет сбалансировать интенсивность отдельных устройств для равномерного освещения архитектурных элементов. Астрономические часы синхронизируются с изменением времени восхода/захода солнца в течение года, обеспечивая экономию энергии. Индивидуальное управление приборами позволяет отображать на фасаде даже видео.
(Источник: <https://www.kpf.com/project/mgm-cotai>)

TMGM Cotai был отмечен знаком China Green Building Label Rating «Экологически чистое строительство» (☆☆☆), получив высший рейтинг в соответствии со схемой сертификации «Знак экологического строительства Китая» от Китайской ассоциации экологического строительства и энергосбережения (Макао). В 2018 г. мегакомплекс был удостоен трех звезд и в области эксплуатации. Здание стало вторым в Китае топовым зданием по «зеленому» дизайну и энергоэффективности.

Комплекс имеет множество экологически чистых элементов:

- естественное освещение через стеклянные крыши;
- окружающие стены увешаны растениями, действующими как очиститель и охладитель воздуха в помещении;
- в кафе и ресторанах нет одноразовой пластиковой упаковки для еды на вынос;
- в игровом зале установлены 7 новых станций для напитков с целью отказа от бутилированной воды.

MGM COTAI также прошла сертификацию системы экологического менеджмента ISO14001:2015. Приверженность MGM COTAI высокому уровню экологичности была отмечена премией американской организации ASHRAE Technology.

2.8.4. GB/T 50878 (система трех звезд)

Полноценный стандарт оценки экологически чистых зданий был введен в 2006 г. Сама же оценка официально началась в 2008 г. Как уже отмечалось, к этому времени были опубликованы «Элементы и технические рекомендации по „зеленому“ строительству жилых домов», «Справочник по технической оценке экодому в Китае», «Система оценки „зеленых“ зданий Олимпийских игр в Пекине», «Техническое руководство по „зеленому“ строительству», «Стандарт оценки „зеленых“ зданий», «Правила внедрения логотипа оценки „зеленых“ зданий» и т. д. [131]. Стандарт GB/T 50878–2006 применялся к жилым и некоторым общественным зданиям, включая офисы, торговые ряды и отели. В 2014 г. Министерством жилищного строительства и городского и сельского развития (MOHURD) была одобрена измененная версия стандарта – GB/T 50378–2014, которая стала применима ко всем типам гражданских зданий. В Китае к «гражданским зданиям» относятся жилые дома, коммерческие здания, правительственные учреждения и другие общественные объекты. В 2015 г. Стандарт-2014 заменил предыдущий Стандарт-2006.

В дополнение к Стандарту-2014 Китай также принял ряд протоколов оценки для других типов зданий («зеленые» промышленные здания и «зеленые» больницы). Например, MOHURD в 2014 г. принял стандарт GB/T 50878–2013, который применяется ко всем новым и отремонтированным фабрикам и вспомогательным зданиям. CSUS/GBC 2–2011 разработан Китайским советом по экологическому строительству для оценки «зеленых» зданий здравоохранения. Крупные китайские застройщики участвуют в программе LEED. Ныне сертификация LEED задействована почти во всех 34 провинциях и муниципалитетах Китая.

С 2010 г. в Гонконге, помимо местного экостандарта BEAM Plus (HK-BEAM), введена своя версия Стандарта-2006 – CSUS/GBC 1–2010. Экостандарт BEAM Plus включен в топ наиболее популярных в мире «зеленых» протоколов.

Вернемся к «Системе трех звезд». Она сфокусирована на водосбережении и энергоэффективности. Здание оценивается на основе нескольких экологических показателей, таких как качество воздуха в помещении и эффективность использования энергии и воды. Экологическое строительство отмечается:

- знаком «Зеленый дизайн» на этапах планирования, проектирования и строительства;
- знаком «Зеленый дом» после завершения строительства и последующей эксплуатации;
- каждому зданию присваивается рейтинг: одна звезда, две звезды или три звезды (самый высокий ранг).

По состоянию на начало 2023 г. более 2,1 тыс. проектов сертифицированы Знаком экологического строительства.

Стандарт-2014 не является обязательным для новых или отремонтированных зданий. В соответствии с Планом работ по экологическому строительству на 2015 г. некоторые здания, инвестируемые государством (например, офисы государственных органов, школы, больницы, музеи и спортивные залы), доступное жилье в некоторых крупных городах и крупные общественные здания площадью более 20 тыс. м² должны быть полностью построены по нему. Стоит отметить, что в Китае под понятие «общественные» подпадают, собственно, общественные объекты (аэропорты, железнодорожные вокзалы и др.) и коммерческие здания (отели, рестораны, торговые центры, офисы). Сейчас все они должны соответствовать по крайней мере минимальному уровню стандарта GB/T 50878-2014 – рангу одной звезды (табл. 34).

Таблица 34

Стандарт оценки «зеленого» строительства GB/T 50878–2014 (система трех звезд)

Общие элементы (40)								Премияльные варианты (9)
Тип объекта	Ранг	Землепользование и внешняя среда (8)	Энергоэффективность (6)	Эффективность использования воды (6)	Материалы и ресурсы (8)	Качество внутренней среды (6)	Эксплуатация и управление (7)	
Жилой дом	☆	4	2	3	3	2	4	–
	☆☆	5	3	4	4	3	5	3
	☆☆☆	6	4	5	5	4	6	5
Общие элементы (40)								Премияльные варианты (14)
	Ранг	Землепользование и внешняя среда (8)	Энерго-эффективность (6)	Эффективность использования воды (6)	Материалы и ресурсы (8)	Качество внутренней среды (6)	Эксплуатация и управление (7)	
Общественное здание	☆	3	4	3	5	3	4	–
	☆☆	4	6	4	6	4	5	6
	☆☆☆	5	8	5	7	5	6	10

Каждый из трех рангов имеет весовые коэффициенты для схем строительства с соответствующими семью категориями («Землепользование и внешняя среда», «Энергоэффективность», «Эффективность использования воды», «Материалы и ресурсы», «Качество внутренней среды», «Эксплуатация и управление», «Предпочтительные варианты»). В данном случае на рис. 22 представлены весовые коэффициенты для жилого здания.



Evaluation Standard for Green Building – China Assessment categories and weighting



Рис. 22. Стандарт оценки «зеленого» строительства (Китай).

Категории оценки и весовые коэффициенты.

(Источник: http://ibse.hk/SBS5222/SBS5222_1617_05.pdf)

Таким образом застройщикам рекомендуется принять Стандарт для проектов коммерческой застройки и жилых зданий. Китай стремится к тому, чтобы более 50 % новых зданий в муниципалитетах (таких, как Пекин, Шанхай, Чунцин) и городах на восточном побережье соответствовали минимальным требованиям Стандарта. С каждым годом количество новых зданий в Китае равно, к примеру, созданию новой Канады. Учитывая огромный масштаб строительства, к 2030 г. планируется сделать 20 % от всех зданий

«зелеными». Переход к новому уровню экологического строительства направлен на то, чтобы сократить общее использование ресурсов, воды, энергии и земли в ходе строительства и решить следующие 6 задач устойчивого развития, а именно:

- экономия земель и внешняя среда;
- экономия и использование энергии;
- экономия и использование воды;
- экономия и использование материалов;
- внутренняя среда;
- эксплуатация и управление.

Подробные индикаторы для каждого аспекта могут быть дополнительно разделены на обязательные элементы, обычные и премиум-класса. Всего предусмотрено 76 опций для жилых домов, в том числе 27 обязательных, 40 обычных и 9 премиальных. Для общественных зданий доступно 83 опции, в том числе 26 обязательных, 43 обычных и 14 премиальных. GB/T 50878–2014 имеет три уровня, тогда как стандарт LEED имеет четыре, а именно: базовый, серебряный, золотой и платиновый.

Китайский трехзвездочный стандарт фокусируется на количестве достигнутых пунктов оценки. Конечный результат представлен в общем количестве полученных обычных и премиальных опций. Исходя из этого, уровень звезд определяется минимальным количеством каждого компонента. Однако используются и методы подсчета очков, поскольку китайский стандарт был разработан на основе LEED. В последнем разработчикам предлагаются различные схемы строительства, а проекты после окончательной оценки получают общее количество баллов без дополнительных коэффициентов взвешивания. Такой метод легко применять и оценивать. Достаточно часто возникают ситуации, когда команда разрабатывает проект под легкодостижимые целевые показатели по каждой категории, избегая труднодостижимых, но более эффективных вариантов. Упрощенная процедура GB/T 50878–2014 облегчает процесс сертификации.

Другая причина выбора американского протокола заключается в том, что LEED признан во всем мире и надежен. Здания с сертификацией LEED в среднем на 25–30 % эффективнее обычных и могут быть проданы на 11–25 % дороже [132].

Протокол LEED оценивает функциональность здания на протяжении всего его жизненного цикла, начиная от добычи сырья и заканчивая демонстрацией и переработкой отходов. Что еще важно, требования LEED согласу-

ются с ключевыми параметрами техногенного воздействия на окружающую среду, сформулированными в ISO 14040: потенциалом глобального потепления, разрушением стратосферного озонового слоя, образованием тропосферного озона, окислением водных ресурсов и почв, эвтрофикацией, истощением углеводородов (нефти, газа, угля) [133].

Согласно LEED, выбросы парниковых газов учитываются до того, как здание построено. Если проект соответствует нормам энергоэффективности и современному уровню строительства, но производство (включая добычу, производство, эксплуатацию и утилизацию) дополнительных утеплительных материалов превышает по расходу энергии показатели ее экономии на этапе эксплуатации, то такой объект не может быть сертифицирован. Другими словами, анализируя жизненный цикл здания, LEED ставит перед разработчиками задачу оценки энергоэффективности не только конкретных комплексов, но и энергоэффективности строительной индустрии в целом, а также выбросов парниковых газов на глобальном уровне. В версии LEED v.4.1, помимо анализа жизненного цикла здания, предлагается использовать декларированные материалы, т. е. изделия с открытыми в специальных программных средах (Athena, One-click LCA и др.) экологическими характеристиками (так называемая экологическая сертификация III типа). Знак EPD (Environmental Product Declarations), т. е. всесторонний отчет об экологической безопасности продуктов, создает условия для ответственного производства и потребления строительной продукции (на всей цепочке от добычи ресурсов до утилизации и последующего ее рециклинга) с учетом показателей углеродного следа выбросов [134].

Продукция, маркированная знаком EPD, проходит также независимую проверку на минимальное экологическое воздействие:

- источников и способов добычи сырья;
- особенностей процесса производства (энергоемкости и загрязнения окружающей среды);
- объема перевозок сырья до места переработки, готовой продукции до места установки (из-за огромного вклада транспорта в загрязнение биосферы);
- состава и уровня токсичности готовых материалов для человека;
- потенциала их переработки в конце жизненного цикла;
- обращения с упаковкой продукции (поскольку упаковочные средства повышают объем отходов, поступающих в экосистемы) и т. д.

Стандарт LEED сосредоточен на продвижении инноваций и экологически чистых технологий, которые используются в зданиях. Например, в новой

версии предлагается повторное использование или переработка материалов снесенных построек. Таким образом, нет потребности в производстве новых материалов, связанных с загрязнением и ухудшением качества среды. Также в LEED-зданиях предусмотрен сбор переработанных материалов и хранение отходов для последующей классификации и рециклинга. В этом плане китайский стандарт «зеленого» строительства требует предварительно изготавить материалы, чтобы свести к минимуму отходы: уровень утилизации от «зеленых» зданий должен превышать 30 %, а объем переработки бытовых отходов – 90 % [135].

Между китайским и зарубежными стандартами есть некоторые различия в объектах и компонентах оценки. С точки зрения водных ресурсов страны Европы и Америки уделяют особое внимание планированию водосбережения, рециркуляции сточных вод и сохранению водных ресурсов, в то время как в Китае особенно поощряют потребление дождевой воды, очищенных сточных вод и даже морской воды, поскольку не хватает ресурсов пресной воды.

В GB/T 50878 требуется сокращение общей площади земли, используемой для застройки, тогда как во многих зарубежных стандартах нет такого требования, поскольку плотность населения намного ниже, чем в Китае. Более того, из-за нехватки энергии и зависимости от ископаемого топлива (в особенности угля) китайский стандарт предъявляет жесткие требования к энергосбережению и оптимизации энергетической структуры (расширению использования возобновляемых/более чистых источников энергии) для строительных секторов, но, к сожалению, без тщательного учета общих выбросов CO₂ и их радикального снижения. Следует отметить, что во всех «зеленых» стандартах индустриально развитых стран все больше внимания уделяется уменьшению углеродного следа, а во многих установлен обязательный показатель его контроля.

Еще одна особенность китайского Стандарта трех звезд. Он требует увеличения общей площади зеленых насаждений (деревьев или травы): общий уровень озеленения должен быть выше 30 % от общей площади проекта, а площадь зеленых насаждений на душу населения должна составлять более 1 м². Не во всех «зеленых» протоколах это предусмотрено. Скажем, в системе CASBEE разработана процедура снижения эффекта теплового острова, но нет конкретных показателей озеленения.

Наконец, несколько слов об одном из больших недостатков GB/T 50878 (присущих и российским стандартам). Жильцы китайских многоэтажек должны сами заниматься дизайном и отделкой интерьера после покупки своей

недвижимости у застройщиков, что приводит к вторичному загрязнению помещений, большим потерям в расходе материалов и негативному воздействию на здоровье (в то время как в западных странах дизайн и отделка интерьера обычно выполняются застройщиками).

Система LEED позволяет разработчикам представить свой проект и пройти «предварительную сертификацию», которую они затем могут продать потенциальным арендаторам до того, как здание будет построено. Это позволяет воспользоваться некоторыми преимуществами экологичности зданий за счет более высокой арендной платы. В отличие от стандарта LEED, заявку на трехзвездочный стандарт необходимо подавать не менее чем через один год эксплуатации нового здания. Этот процесс постфактумной сертификации замедлял рыночную трансформацию в Китае, которую инициировал LEED.

Китайский национальный институт строительных наук является единственным агентством, уполномоченным присваивать зданиям трехзвездочный статус, в то время как провинциальные институты строительных наук могут сертифицировать одно- и двухзвездные корпуса. Как правило, трехзвездочный протокол предлагает гибкость в зависимости от провинции. Когда определенные элементы системы несовместимы с географическими или климатическими условиями, местные органы по оценке и сертификации могут исключить эти элементы из процесса оценки. В результате практика сертификации экологически чистых зданий существенно зависит от географического фактора, а точность стандарта отличается от провинции к провинции (их 34). Следовало бы дополнить Стандарт-2014 более специфичными для регионов показателями. В Северном Китае разумно установить на зиму конкретные показатели поощрения использования возобновляемой/чистой энергии (геотермальной, солнечной, энергии ветра), тогда как в южной части страны – на лето для целей охлаждения. Точно так же нехватка воды является большой проблемой в Северном Китае, поэтому следует выделить индикаторы, поощряющие повторное использование и переработку воды, но загрязнение воды является серьезной проблемой на юге Китая, где следует выделить индикаторы, поощряющие сокращение выбросов сточных вод.

Различия в рабочем определении настроек настолько значительны, что «зеленые» здания в одном месте не могут быть квалифицированы в качестве таковых в другом. Например, муниципалитет Шэньяня (северная провинция Ляолин) требует, чтобы все общественные здания, претендующие на сертификацию, сначала рассмотрели вопрос об использовании гибридного геотермального теплового насоса (HGSHp) для отопления зимой. Но такая

политика может не подходить для других регионов, где нет геотермальных источников или необходимости в услугах по отоплению (как в южных тропических регионах) [136].

С другой стороны, в «зеленых» проектах должны быть разработки, препятствующие значительному увеличению выбросов парниковых газов в городских районах. Ситуация с углеродным следом особенно актуальна для Китая, где истощение запасов ископаемого топлива является критической проблемой с точки зрения его вклада в выбросы парниковых газов и потребляемых ресурсов. Для решения этих проблем правительство Китая и поддержало применение технологии геотермальных тепловых насосов GSHP с целью уменьшения зависимости от ископаемого топлива и улучшения энергетической структуры регионов.

В настоящее время Шэньян в плане развития технологий GSHP является одним из лидеров. Понятно поэтому стремление муниципалитета связать «зеленое» строительство с распространением геотермальных технологий. Однако в тропиках более эффективным представляется строительство не по протоколу GB/T 50878, основанному на системе LEED, а сингапурскому Green Mark или сбалансированному японскому CASBEE, опыт применения которого у китайских проектировщиков уже имеется [137].

Тем не менее, несмотря на разный опыт применения, Стандарт трех звезд является главным «зеленым» инструментом оценки. С 2008 по 2018 г. более 10,6 тыс. проектов (1 млрд м²) сертифицированы в соответствии с данным стандартом, включая этап проектирования (Green Building Design Label, GBDL) и этап эксплуатации (Green Building Label, GBL). В 2017 г. был оценен 3401 проект [138].

Считается, что данный протокол обеспечивает всеобъемлющие экономические, экологические и социальные выгоды. Например, он поощряет более эффективное использование материалов и энергии, поэтому экономия средств может быть достигнута за счет потенциально более низких затрат на страхование, льгот со стороны регулирующих органов, а также снижения строительной нагрузки на окружающую среду. Поскольку «зеленое» здание обеспечивает более чистый воздух в помещении и лучшее освещение, то цена продажи или аренды на порядок выше, чем обычно. Преимущества «зеленых» проектов включают в себя и некоторые социальные выгоды: повышение осведомленности о программах экологизации окружающей среды, экологичный общественный имидж, улучшение общественного здравоохранения [139].

В 2019 г. экспертами была разработана новая версия GBL – GB/T 50378–2019. Вот краткое изложение некоторых основных изменений по сравнению с предыдущими версиями 2006 и 2014 гг. Как и ожидалось, для привлекательности и упрощения процедуры сертификации оценка больше не делится на оценку проекта GBDL и оценку эксплуатации GBL один год спустя, а теперь выполняется по завершении строительства. Оценка в конце этапа проектирования, когда строительные чертежи завершены, считается только «предварительной оценкой». Более того, жилые дома должны быть полностью оборудованы для начала процесса сертификации (не по схеме Core и Shell). Добавлен «базовый уровень», на котором должны быть выполнены все «элементы управления». Для любого «звездного» уровня оценка каждого завершённого этапа строительства должна включать не менее 30 % от общей суммы баллов. Для получения 1-, 2- или 3-звездочного уровня требуются более высокие баллы (табл. 35).

Таблица 35

Изменения в рейтинге системы трех звезд

GBDL/GBL 2014		GBL 2019	
Звезды	Баллы	Звезды	Баллы
—	—	Базовый уровень	40
☆	50–59	☆	60–69
☆☆	60–79	☆☆	70–84
☆☆☆	≥ 80	☆☆☆	≥ 85

Помимо базового уровня и соответствующих требований по баллам, зданиям уровней 1, 2 и 3 предписаны соответствующие обязательные технические требования:

- оптимизация тепловой или кондиционирующей нагрузки оболочки;
- коэффициент теплопередачи наружных окон жилых объектов в су-ровых холодных и холодных регионах;
- водосберегающие приборы;
- звукоизоляция жилого дома;
- концентрация загрязняющих веществ в воздухе помещений;
- герметичность наружных окон.

В духе западных «зеленых» сертификатов версия GBL-2019 ориентирована на людей с упором на производительность и улучшение качества окружающей среды. По требованиям она сравнима с американским стандартом WELL, официально зарегистрированным в Китае. Подобно LEED и WELL, новая версия Системы трех звезд больше фокусируется на отношениях людей с окружающей средой и направлена на строительство качественных зданий. Это можно проиллюстрировать изменением категорий оценки. Прежде их было семь, и они были ориентированы на полезность или ресурсы: «Экономия земли и окружающей среды», «Энергосбережение и использование энергии», «Водосбережение и использование водных ресурсов», «Экономия материалов и использование материальных ресурсов», «Качество внутренней среды в здании», «Управление эксплуатацией», «Управление строительством». Теперь же их пять, и сфокусированы они на благоприятные условия жизнедеятельности населения:

- «Безопасность и долговечность» (100 баллов);
- «Здоровье и комфорт» (100 баллов);
- «Удобство проживания» (100 баллов);
- «Ресурсосбережение» (200 баллов);
- «Экологическая благоустроенность» (100 баллов).

После окончательной оценки здания общая сумма баллов делится на 10.

Новый стандарт обязывает следовать требованиям по безопасности и здоровью:

- построить балконы, лестницы, окна от пола до потолка, безбарьерные помещения, пространство для общения на открытом воздухе;
- создать условия для улучшения качества воздуха в помещениях, фитнеса, комфортной внешней среды;
- принять меры по предотвращению падения (нескользкий пол);
- создать комфорт пожилым людям;
- обеспечить качество воды, комфортную среду в помещении.

В новой версии представлены также более высокие требования к естественной вентиляции. Требования к дневному освещению стали более строгими, и теперь необходимо выполнять статическое и динамическое моделирование, тогда как в предыдущей версии было достаточно статического. Внедрена концепция экологически чистых строительных материалов. В настоящее время Китайская инженерно-строительная ассоциация разрабатывает различные стандарты для 28 типов строительных материалов. Если такие

материалы используются в проекте, они могут получить до 12 из 200 баллов категории «Ресурсосбережение».

Тем не менее отсутствие в новой версии индикаторов реагирования на изменение климата и показателей сокращения углеродных выбросов является одним из препятствий для широкого применения стандарта. В то время как во всем мире растет озабоченность глобальным потеплением, доля использования возобновляемых/более чистых источников энергии в Китае остается крайне низкой при том, что производство электроэнергии в значительной степени основано на угле. Низкоуглеродное развитие строительной индустрии остается пока под большим вопросом [140].

Китайская система оценки имеет слишком мало количественных показателей, поэтому она не отражает реальный «зеленый» эффект. Например, рассмотрим опцию, связанную с комплектацией здания водосберегающими средствами. Если объект оборудован хотя бы одним водосберегающим инвентарем (скажем, водосберегающими туалетами или энергосберегающими кондиционерами), то можно получить один балл. Таким образом, разработчик склонен просто установить по одному комплекту сантехники или один кондиционер ради легкого получения балла. Однако если установить количественный показатель, например более 50 % туалетов должны быть водосберегающими и функциональными, то все здание может дать значительную экономию воды.

Поскольку китайский материковый вариант «зеленого» строительства не требует, сколько воды или энергии здание должно сэкономить в год, он не является ресурсосберегающим в собственном смысле этого слова.

Хотя за счет сертификации «зеленого» здания могут быть получены значительные преимущества, высокие финансовые затраты препятствуют широкому распространению среди разработчиков частных, а не государственных проектов. У предпринимателей нет достаточных средств для проведения такой сертификации. По сравнению с традиционными зданиями дополнительные расходы включают в себя более высокую стоимость приобретения «зеленых» элементов (например, геотермальный тепловой насос, теплоизоляция стен, солнечный отопительный прибор и т. д.), затраты, связанные с приобретением «зеленых» технологий, включая любые изменения на этапах планирования, проектирования и строительства, а также более высокие затраты на оплату труда. Также требуются дополнительные расходы на процесс сертификации проекта. Помимо этого, период окупаемости часто является чрезмерным и длительным для тех застройщиков, которые хотят купить

вложения в более короткие сроки. По этим причинам трудно убедить многих застройщиков и финансовые учреждения в Китае предпринять усилия для «зеленого» строительства [141].

В такой ситуации необходимы более низкие налоговые ставки, банковские проценты и финансовые субсидии для сокращения общих расходов, разработки соответствующих политик побудить разработчиков уделять больше внимания получению «зеленой» сертификации. Девелоперы часто просто следуют дешевым вариантам, не применяя инновационный вариант технологий экологически чистого строительства, не уделяя должного внимания дорогим и сложным, но более энергоэффективным и водосберегающим опциям стандарта.

Известно, что вовлечение всех заинтересованных сторон в процесс сертификации приводит к выработке соответствующих решений, учитывающих уникальные социальные, экономические и экологические условия и ценности каждого здания. К сожалению, в Китае не развита культура подготовки зданий к сертификации на этапе планирования.

Благодаря определенным механизмам участия команда проекта имеет возможность участвовать в планировании и применении инновационных «зеленых» технологий, пассивных и активных стратегий проектирования. Стратегия «пассивной» застройки не требует механического оборудования для своего обогрева или охлаждения. Она имеет непосредственное отношение к оболочке здания (воздухопроницаемости, наружным стенам, дверям, окнам и кровле), к тому, как оно спроектировано относительно оптимизации ресурсопотерь и получения энергии от возобновляемых источников для снижения потребления и затрат в течение всего срока службы, использования материалов с низким уровнем выбросов углерода и т. д.

Напротив, «активная» стратегия относится к применению искусственных, механических или электрических экологически чистых технологий для нагрева, охлаждения или освещения пространства (кондиционирования воздуха, искусственного освещения, лифтов, эскалаторов, насосов, вентиляторов и т. д.). «Пассивные» стратегии недороги по сравнению с «активными» на этапе планирования и проектирования. Поэтому «пассивные» элементы дизайна зданий более представлены в Китае, тогда как дорогие «активные» технологии реализуются государством или частными инвесторами в «столичных» городах с развитой городской инфраструктурой (Пекин, Гуанчжоу-Кантон, Тяньзинь, Ухань, Харбин, Чунцин, Шанхай, Шэньян, Гонконг, Макао и ряд других).

В последнее время в стране колоссальный рост цен на недвижимость. Во многих городах инвесторы вынуждены уничтожать построенные многоэтажки целыми кварталами. Так, в 2021 г. в Куньмине, провинция Юньнань, был снесен новый микрорайон (137 га) с 15 башнями стоимостью 154 млн долл. Освободившийся участок местные власти отдали другому застройщику (рис. 23).



Рис. 23. Куньмин, Китай. Снос 15 недостроенных небоскребов.
Стратегия распыления ресурсов
(Источник: <https://life.ru/p/1431564?ysclid=lfznfif7ph847749283>)

Снос жилья объясняют запланированным процессом урбанизации страны с целью усилить экономику и использовать быстрорастущее население для развития промышленности [142].

А как же быть с ресурсосбережением или сокращением экологического следа от строительства? Вопрос риторический, особенно на фоне того, что 60 % всех небоскребов Земли находится в Китае. Во всех ли установлен один комплект водосберегающей сантехники, один кондиционер, один современный высокочастотный светильник? Страна удерживает мировое лидерство по количеству высоток. В городе Чанша строят Sky Tower высотой 838 м. Однако китайцы мало задаются количественными параметрами экологичного строительства, поэтому простая погоня за рекордами лишь способствует оттоку зарубежных инвестиций, без которых Китаю не осилить

науку «зеленых» протоколов. Несмотря на то что многое сделано, в целом развитие экологичного строительства собственно в китайских городах все еще находится на начальном этапе и может быть охарактеризовано как отсталое [143].

2.9. Система экологической сертификации зданий в Сингапуре

Стоит упомянуть большое разнообразие программ «зеленого» строительства в Сингапуре. Green Mark является топовым мировым стандартом экологичного строительства. Это главный инструмент оценки строительства в Сингапуре, получившем в 1965 г. независимость от Малайзии. Он позволяет оценивать качество объекта недвижимости, проект строительства и эксплуатации по нескольким критериям: энергоэффективность, эффективное использование воды, качество окружающей среды в помещении, осведомленность и образование в области устойчивого развития и др. Чем больше здание приближается к экологическому совершенству и соответствует критериям стандарта, тем выше его рейтинговая оценка (табл. 36).

Таблица 36

Рейтинговая оценка Green Mark

Рейтинг	Green Mark, баллы	Предварительные требования I	Предварительные требования II
Green Mark Platinum	90 и выше	68	67
Green Mark GoldPlus	От 85 и до < 90	56,5	55,5
Green Mark Gold	От 75 и до < 85	35	34

Масштабы «зеленого» строительства в Сингапуре довольно высокие. В 2020 г. экологичные здания составляли более 43 % общей площади строительного фонда, 90 % офисов класса А имеет сертификаты по экологическим стандартам. Величина арендной премии в них составляет от 4 до 9 %. Самая высокая арендная премия приходится на здания, сертифицированные Green Mark Gold, Gold Plus или Platinum. Преимущество полученной сертификации отражается на пониженных эксплуатационных затратах и коммуналь-

ных счетах. С помощью наилучших природоохранных и энергоэффективных технологий, оборудования и материалов обеспечивается повышенный комфорт работы и проживания в здании, а также продлевается жизненный цикл комплекса. Высокий экологический имидж – это еще и существенное снижение периодичности текущего ремонта, усовершенствованный процесс эксплуатации здания согласно энергоэффективным схемам устойчивого использования и развития. Как следствие, происходит рост удовлетворенности населения условиями, предоставленными в такого рода зданиях. Следующая таблица дает представление о распределении баллов в зависимости от актуальности различных аспектов устойчивого развития. Наибольшим рейтинговым весом обладает критерий энергоэффективности (табл. 37).

Таблица 37

Распределение баллов в системе Green Mark

Критерии оценки	Наличные баллы	Предварительные требования
<i>Энергоэффективность</i>		
Ч. 1. Энергоэффективность		
1-1. Энергоэффективность	10	2
1-2. Процент некондиционируемых площадей на основе общей площади пола (GFA)	5	3
1-3. Система кондиционирования воздуха	14	3
1-4. Ориентация здания	5	–
1-5. Система освещения	13	2
1-6. Вентиляция на автостоянке	2	–
1-7. Вентиляция мест общего пользования	3	–
1-8. Мониторинг энергии	6	3
1-9. Энергетическое обязательство	3	–
1-10. Лифты	1	–
1-11. Офисное оборудование	5	–

Продолжение табл. 37

Критерии оценки	Наличные баллы	Предварительные требования
1-12. Возобновляемые источники энергии. Энергоэффективные функции	10	—
Итого (ч. 1)	77	13
<i>Другие «зеленые» требования</i>		
Ч. 2. Эффективность использования воды		
2-1. Водосберегающие фитинги	8	6
2-2. Водный мониторинг и управление водосбережением	9	2
2-3. Коммуникация и информирование о показателях эффективности использования воды	2	2
2-4. Альтернативные источники воды	2	—
2-5. Водосберегающая система орошения ландшафтных территорий	1	—
Итого (часть 2)	22	10
Ч. 3. Устойчивые осведомленность и управление		
3-1. Осведомленность и образование в области устойчивого развития	14	2
3-2. Уполномоченные по охране окружающей среды	10	—
3-3. Эксплуатация и техническое обслуживание здания	5	—
3-4. Оценка занятости офиса (поста)	3	3
3-5. Управление отходами	7	3
3-6. Защита окружающей среды	1	—
3-7. Зелень и биоразнообразие	10	—
3-8. Доступность общественного транспорта	3	—
Итого (ч. 3)	53	8

Окончание табл. 37

Критерии оценки	Наличные баллы	Предварительные требования
Ч. 4. Качество окружающей среды в помещении		
4-1. Показатели качества воздуха в помещении	3	—
4-2. Загрязнители воздуха внутри помещений	1	—
4-3. Качество освещения	2	1
4-4. Тепловой комфорт	2	2
4-5. Наружная тепловая среда	2	—
Итого (ч. 4)	10	3
Ч. 5. Другие экологические функции (бонус)		
Итого (ч. 5)	5	—
ИТОГО	167	34

City Square Mall, один из многих экологически чистых торговых центров, наряду с Bedok Mall, Bugis+, Jcube, Junction 8 и Westgate получил платиновую награду Green Mark Управления строительства Сингапура, и, подписав новое партнерство, фирма CDL (City Developments Limited), владелец мола, теперь будет поощрять арендаторов также снижать свое воздействие на окружающую среду (рис. 24).

В отличие от LEED, созданной для частного сектора и основанной на гибком наборе принципов устойчивого проектирования, Green Mark была разработана государственным агентством прежде всего для снижения потребления энергии и воды. Вот почему данная сертификация, в рамках которой возможна подача заявок и по отдельным критериям экологичного строительства, распространена в соседних тропических странах: Вьетнаме (LOTUS), Индонезии (Green-Ship), Малайзии (GBI), Таиланде (TREES), Филиппинах (BERDE). Значительная тепловая нагрузка является причиной больших затрат на энергию при обеспечении зданий системами кондиционирования. Поэтому уменьшение потребления энергии стало ведущим требованием при строительстве в тропическом климате.



Рис. 24. City Square Mall, получивший платиновый сертификат Green Mark.
(Источник: <https://www.eco-business.com/news/new-study-shows-strong-business-case-upgrading-buildings/>)

В дальнейшем в Сингапуре появился ряд других специальных схем экологического строительства для оценки соответствия возводимых зданий требованиям:

- благоприятных условий в помещениях – естественного освещения, эффективности вентиляции, контроля качества воздуха и воды, высокой звукоизоляции;
- экономии воды, т. е. сбора дождевой воды и ее повторного использования;
- снижения потребления энергии (естественного освещения, вентиляции и кондиционирования, использования тепловых насосов, высокочастотных светильников и других энергосберегающих технологий);
- использования возобновляемых источников энергии (ветра, солнечного излучения, биомюля);
- обеспечения материалов с ресурсосберегающими характеристиками (минимальными затратами энергии и минимумом вредных веществ, возможностью утилизации и вторичной переработки).

Программа стимулирования Green Mark для существующих зданий GMIS-EB на сумму 100 млн долл. США поощряет застройщиков и владельцев существующих зданий к повышению энергоэффективности. Она предусматривает энергетический аудит для определения эффективности установок кондиционирования воздуха. Управление по строительству BCA софинансирует 50 % стоимости, а оставшиеся 50 % – владелец здания.

Схема поощрения Green Mark – прототип дизайна GMIS-DP – призвана побудить застройщиков и владельцев зданий сосредоточиться на энергоэффективности зданий еще на этапе проектирования, а также обеспечивает финансирование для привлечения консультантов по экологически устойчивому проектированию (Environmentally Sustainable Design, ESD), проведения совместных семинаров по подготовке документации и оказания помощи в исследованиях моделирования на ранних этапах проекта.

Схема поощрения большей площади Green Mark GM-GFA направлена на поддержку частного сектора к строительству зданий с высокими рейтингами Green Mark и предоставлением в таких случаях сверхпредельной площади застройки, предусмотренной генпланом.

Схема поощрения Green Mark для существующих зданий и помещений GMIS-EBP направлена на поощрение владельцев и арендаторов зданий к проведению работ по улучшению энергопотребления, включая установку энергоэффективного оборудования. Опция предназначена в основном для существующих частных коммерческих зданий, таких как торговые центры, гостиницы, офисные здания и др.; арендуемых помещений, таких как офисы, магазины, рестораны и супермаркеты. Предусмотрено денежное поощрение в размере до 50 % квалификационных затрат.

Исследовательский фонд MND для искусственной среды представляет собой инициативу финансирования в размере 50 млн долл. США от Министерства национального развития (MND) и Управления по строительству. Целью фонда являются поощрение и поддержка прикладных исследований и разработок, которые повысят качество жизни и сделают Сингапур самобытным глобальным городом. Фонд покрывает от 30 до 75 % квалификационной стоимости проекта, но не более 2 млн долл.

Совместный конкурс A*STAR-MND (Agency for Science, Technology and Research, Ministry of National Development) на исследования и разработки в области «зеленого» строительства собирает исследователей из государственного сектора и частных компаний. Каждый проект должен иметь по крайней мере одного отраслевого партнера в качестве соисследователя,

чтобы поощрять сотрудничество в области НИОКР между исследовательскими организациями и частными компаниями.

Схема Skyrise Greenery (SGIS) поощряет установку Skyrise Greenery на существующих жилых и нежилых зданиях в Сингапуре. Предусмотрено финансирование до 50 % стоимости монтажа зеленых крыш и вертикального озеленения.

Фонд развития возможностей устойчивого строительства SC Fund представляет собой фонд в размере 15 млн долл. США для развития потенциала строительной отрасли по внедрению методов и материалов устойчивого строительства. Фонд SC сосредоточен на переработке отходов от сноса зданий и использовании переработанных материалов для строительства. Финансирование составляет до 50 % от общей квалификационной стоимости, в зависимости от типа заявки и достоинств проекта.

Фонд тихого строительства (Quieter Construction Fund, QCF) оказывает поддержку сингапурским компаниям в использовании более тихих строительных машин, оборудования для контроля шума и инновационных решений с целью снижения воздействия строительного шума и создания более тихой жилой среды.

Исследование ученых из Национального университета Сингапура NUS и Управления по строительству Сингапура BCA показало, что экологическая модернизация 40 офисных зданий, сертифицированных по программе Green Mark, позволила сэкономить 90 гигаватт-часов энергии или 24 млн сингапурских долл. Инновации обеспечили в среднем снижение общих эксплуатационных расходов на 11,6 % и увеличение капитальной стоимости на 2,3 % при среднем периоде окупаемости около 6,3 года после реконструкции. Потребление энергии снизилось на 6–40 %; и как арендодатели, так и владельцы отметили значительное сокращение своих счетов за электроэнергию, составившее от 14 до 53 %.

2.10. Система экологической сертификации зданий в США

2.10.1. Обязательные требования системы LEED

Сегодня передовые страны постепенно осуществляют переход к комплексному обеспечению экологической безопасности без использования углеводородных энергетических источников, без достаточных запасов пресной воды и других исчерпанных на планете ресурсов. Подражание и приближение к природе оказываются главными требованиями для функционирования техники потому что природа самодостаточна, питает здоровьем людей, она предсказуема и надежна в целом, бесхитростна, проста даже в своих сложнейших творениях (например, глаз, рука человека и т. д.). Практика «зеленого» строительства подразумевает такое строительство объектов, как если бы они самостоятельно и без участия человека, подобно семенам в земле, выросли из природной среды, т. е. строительство их должно быть бионическим.

Совершенство и гармония таких сооружений с внешним окружением, их простота, надежность, энергоэффективность связаны с определенной целесообразностью. В природе снижение затрат у одного животного на поддержание жизнедеятельности приводит к благу и процветанию всего сообщества – видовому многообразию, которое повышает стабильность всей экосистемы. Природа совершенна. Появление экстремальных ситуаций из-за пренебрежения экологической безопасностью ставит под вопрос естественный ход событий, внося изменения, чуждые экосистеме. Деятельность, преобразующая окружающую среду, должна осуществляться с особой осторожностью; любые неестественные изменения в экосистеме неизбежно приводят к необратимым трансформациям.

Именно в таком экологическом контексте появилась система рейтинга экологически чистых зданий от организации «Лидерство в энергетическом и экологическом дизайне» (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED). С 1998 г. она поощряет комплексный подход к проектированию со схемой балльной оценки что полезно для перехода к низкоуглеродной урбанизации. Экспертами оцениваются особенности конструкции здания, повышающие устойчивость, т. е. включающие в себя защиту строительной площадки, сокращение энергопотребления, уменьшение расхода воды, улучшение качества внутренней среды, использование экологически чистых материалов.

В 2007 г. некоммерческая неправительственная организация «Совет по экологическому строительству США» (United States Green Building Council, USGBC) определила «зеленые» здания как эффективную строительную стратегию с учетом: комплексного планирования; ориентации на энергосберегающие технологии и производство возобновляемой энергии в границах объекта; естественного дневного света; вентиляции; установки светоотражающих материалов [144].

В настоящее время LEED используется в качестве основного инструмента рейтинга экологически чистых зданий в 165 странах, но в основном в США, Канаде, Аргентине, Колумбии, Перу, Чили. Наряду с Alta Qualidade Ambiental (AQUA) этот рейтинг практикуется также в Бразилии. По состоянию на 2019 г. было зарегистрировано 80 тыс. проектов LEED, из которых 32,5 тыс. прошли процесс сертификации. В штатах Алабама, Джорджия, Мэн и Миссисипи программа LEED к новым общественным зданиям не применяется, предпочтение получили другие отраслевые стандарты. Персонал LEED насчитывает более 120 тыс. сотрудников и аккредитованных специалистов. Почти 7 тыс. членских организаций USGBC имеют право редактировать программу LEED и на основании внутренней проверки публично предлагать ее обновленные критерии. Под эгидой USGBC организация «Сертификация зеленого бизнеса» (Green Business Certification Inc., GBCI) предоставляет аккредитацию работникам Американского национального института стандартов (ANSI) как специалистам, обладающим знанием рейтинга LEED, включая такие профессиональные статусы, как «LEED Профессиональная аккредитация» (LEED AP), «LEED Зеленый партнер» (LEED Green Associate) и «Общество членов LEED» (LEED Fellow). GBCI может и сама сертифицировать проекты, претендующие на получение марки LEED.

Участие в LEED является добровольным, а программа в некоторой степени обязана своим ростом муниципальным и государственным постановлениям, которые предписывают ее для общественных зданий и предлагают стимулы для частных зданий. Сертификация LEED в настоящее время используется практически для всех типов коммерческих, жилых зданий и проектов, от нового строительства и внутренней отделки до устойчивой эксплуатации, модернизации прежнего технического обслуживания.

Существует 10 основных категорий для оценки «зеленых» зданий в LEED, включающих:

- местоположение и транспорт;
- устойчивые объекты;

- эффективность использования воды;
- энергию и атмосферу;
- материалы, средства и источники строительства;
- качество внутренних помещений, региональные приоритеты;
- инновации.

В системе LEED один кредитный балл присваивается стоимости «зеленых» зданий, которая не учитывается во многих инструментах оценки экологической безопасности строительства. Рейтинг зданий может меняться в зависимости от курса валют [145].

Согласно Д. Матисоффу, Д. Нунану и М. Флауэрсу (2016), политика «зеленого» строительства в США требует сертификации LEED или эквивалентного дизайна и характеристик в строительном секторе. Эти требования часто распространяются на правительственные здания. Некоторые местные органы власти принимают различные инновационные меры и стимулы для продвижения «зеленых» зданий, в том числе моратории на переоценку налога на имущество, «зеленые» фонды, стимулы для парковки, скидки на счета за электроэнергию и полномочия на устройство «зеленых» крыш. В пяти штатах предлагаются ограниченные гранты для покрытия расходов на сертификацию, а в 10 – утверждены налоговые вычеты для сертифицируемых фирм [146].

Обязательные требования системы LEED направлены на строительство экологически чистых, экономически и энергетически эффективных зданий и целых районов, удобных для проживания, с применением биопозитивных архитектурно-планировочных решений (табл. 38).

Обязательные (минимальные) требования системы LEED

№ п/п	Категории LEED	Описание
1	Оценка потенциального воздействия на окружающую среду, очистка строительной площадки, меры для предотвращения загрязнения окружающей среды, оптимизация энергопотребления. Общее число баллов – 26	Данный критерий реализуется перед строительством и является необходимым для сертификации. Запрещается застраивать экологически ценные земли, сельскохозяйственные угодья – реализация критерия дает участникам один балл. В радиусе 800 м должно быть построено не менее 10 социальных, культурных и бытовых объектов (школ, детских садов, больниц, зданий коммунального хозяйства, торговых и развлекательных центров и т. д.). Критерий плотности застройки и доступности сервисов поощряется пятью баллами. Организация удобного доступа к площадкам общественного транспорта – 6 баллов; за проезд к транспортным пересадочным узлам – 1 балл; за устройство велосипедных дорожек, бесплатных велосипедных парковок у дома, душевых и комнат для переодевания – 1 балл; устройство достаточной емкости парковки автомашин – 2 балла; обеспечение защиты окружающей среды и восстановления зеленых насаждений с быстрорастущими деревьями (20 % общей площади участка), применение газонных решеток, создание архитектурных форм и структур для затенения и т. д., для уменьшения теплового эффекта, тепловых отходов (не крыша) – 1 балл; для уменьшения теплового эффекта (крыша) – 1 балл; использование «зеленой» крыши (50 % кровли объекта) – 1 балл; снижение светового загрязнения от здания: внешних осветительных приборов, внутренних светильников (50 % в ночное время), оптимизация энергоэффективности – 1 балл и т. д. Оптимизация энергоэффективности реализуется на всех этапах жизненного цикла здания в качестве обязательного требования сертификации. Каждое здание классифицируется по одной из пяти категорий в зависимости от его использования. Затем система LEED оценивает каждую фазу проекта на основе 6 основных категорий, по которым присуждаются кредиты. Все это определяет схему, согласно которой энергосбережение будет сертифицировано или предварительно оценено третьей стороной с соответствующей аккредитацией

2	Снижение водопотребления согласно пороговым значениям LEED. Общее число баллов – 10	В обязательном порядке проведение мер по сокращению водопотребления на 20 % в сравнении с типовым проектом; соблюдение строгих норм по энергосберегающей сантехнике и оборудование здания технологиями по эффективному управлению водными ресурсами (ограничителями расхода воды; рассеивателями на кранах в раковинах и на душах; унитазами с двойным сливом; использованием дождевой воды с «зеленых крыш» и др.). Устройство водоэффективного ландшафта оценивается от 2 до 4 баллов; Уменьшению потребления воды на нужды канализации отводится 2 балла, т. е. канализационные «серые» воды должны быть очищены и повторно использованы (не менее 50 %). Проведение мер по сокращению водопотребления на 30–40 % в сравнении с типовым проектом приносит от 2 до 4 баллов
3	Минимальные требования LEED к энергоэффективности, баллы за общую энергопроизводительность, независимый технический аудит, учет и контроль, оптимизация, прогноз фактического энергопотребления, атмосфера. Общее число баллов – 35	Обеспечение минимальных параметров по энергоэффективности по сравнению с типовым решением на 10–20 % обязательно. Квалифицированный и независимый аудит является обязательным. В новых зданиях в обязательном порядке должны использоваться системы с контролем хлор-фтор-углеродных хладагентов (CFC). Следование американским стандартам ASHRAE по энергоэффективности зданий (ASHRAE Std 90.1 – «Энергетический стандарт для зданий, кроме малоэтажных жилых зданий»). Оборудование здания холодильными агрегатами без хлор-фтор-углеродных (CFC) хладагентов оценивается 2 баллами. Прогноз годового эффекта сокращения энергозатрат (в тоннах условного топлива); следование энергетическому моделированию LEED, сравнение с базовым зданием в тех же условиях (местом, геометрией и заполняемостью) поощряется 3 баллами. Выделение факторов, заметно сокращающих энергопотребление, в виде таблиц для дальнейшего анализа оценивается от 1 до 19 баллов в зависимости от процента улучшения и т. д.

№ п/п	Категории LEED	Описание
4	Сокращение отходов и используемых ресурсов, повторное использование и переработка материалов. Общее число баллов – 14	В обязательном порядке должен быть организован раздельный сбор отходов на отдельном этаже, наличие площадки для сбора вторсырья разного типа (бумаги, картона, стекла, металла и пластика, органических отходов для компоста, электронных отходов, компьютерной техники) для последующей переработки. За переработку 50 % мусора проект поощряется 1 баллом, 75 % – 2 балла. Вторичное использование строительных конструкций для несущих компонентов: 55 % – 1; 75 % – 2; 95 % – 3; для не несущих компонентов (внутренних стен, дверей, покрытий полов, потолков): более 55 % – 1 балл. Использование переработанных материалов поощряется баллами: 10 % – 1; 20 % – 2; 30 % – 3; сертифицированных материалов местного производства в пределах 800 км: 10 % – 1 балл; 20 % – 2; 30 % – 3. Рассматриваются показатели в процентном отношении стоимости использованных местных материалов к стоимости общего объема материалов, используемых на объекте и т. д.
5	Минимальные требования к качеству внутреннего воздуха. Общее число баллов – 15	Обязательное соблюдение требований о системе жизнеобеспечения в зданиях, оборудование обязательных зон для курения. 1 балл добавляется за установку датчиков CO ₂ и датчиков расхода свежего воздуха; мониторинг подачи свежего воздуха, вывод показаний датчиков на центральный пульт автоматического регулирования систем жизнеобеспечения здания. 1 балл – за повышение на 30 % объема свежего воздуха в сравнении с минимальными требованиями. 1 балл – за предотвращение загрязнений воздуха на этапе строительства. 1 балл – за удаление вредных веществ, качество внутреннего воздуха на этапе аренды здания должно соответствовать требованиям ПДК.

		1 балл – за применение адгезивов, уплотнителей и материалов с низкими значениями вредных выбросов в атмосферу. 1 балл – красок и покрытий с эмиссией, не превышающей ПДК, и подтвержденными сертификатами. 1 балл – ковровых покрытий с эмиссией, не превышающей ПДК, и подтвержденными санитарно-гигиеническими сертификатами. 1 балл – композитов из дерева и панели из растительных материалов без фенолформальдегидных смол, с подтвержденными пожарными, санитарно-гигиеническими сертификатами. 1 балл – мероприятия по контролю источников внутреннего загрязнения, включая химическое. 1 балл – индивидуальное регулирование освещения (не менее 90 % рабочих мест). 1 балл – индивидуальное регулирование теплового комфорта (для 50 % работников здания). 1 балл – индивидуальное регулирование теплового комфорта (проектный компонент) в соответствии со стандартом ASHRAE Std 55 – «Тепловые условия окружающей среды для проживания человека». 1 балл – индивидуальное регулирование дневного света для 75 % рабочих мест в соответствии со стандартом (минимальная освещенность в 268 люкс) и т. д.
6	Иновации. Общее число баллов – 6	1–6 баллов – за повышение энергоэффективности и экологичности здания с помощью инновационных решений
7	Местные приоритеты. Общее число баллов – 4	1 балл – дизайн теплового комфорта. 1 балл – альтернативный транспорт – доступ к общественному транспорту. 1 балл – проектирование ливневых стоков – количественный контроль. 1 балл – сокращение водопотребления
	Итого	110 баллов

2.10.2. Схемы сертификации LEED

LEED – это гибкая система, которая предоставляет различные формулы для различных типов зданий: новостроек, существующих зданий, школ и небольших домов. Возможны следующие схемы сертификации (LEED version: v.4):

- **BD + C** (Building Design and Construction, Проектирование и строительство зданий) относится к проектированию и строительству разного рода зданий, новому строительству и капитальному ремонту, например школ, торговых точек, гостиниц, офисных центров, складов, учреждений здравоохранения и т. д.;

- **ID + C** (Interior Design and Construction, Дизайн интерьера и строительство) связана с рассмотрением дизайна интерьера и строительства (проектирования) и применяется к завершенным проектам коммерческого назначения на этапе внутренней отделки (здания розничной торговли, гостиничного бизнеса, офисные центры);

- **O + M** (Building Operations and Maintenance, Эксплуатация и техническое обслуживание зданий) касается строительных работ и технического обслуживания в построенных зданиях самого разного целевого назначения, в которых ведутся работы по благоустройству;

- **ND** (Neighborhood Development, Застройка района) разработана для оценки развития районов и применяется к новым проектам освоения земель и перепланировки жилых и нежилых площадей на начальных этапах их реализации;

- **Homes** (дома) позволяет оценивать малосемейные дома от одного до трех этажей и многосемейные от четырех до шести этажей;

- **LEED Cities and Communities** (Города и сообщества) применяется для сертификации районов города или даже целых городов относительно потребления воды, энергопотребления, отходов и транспорта;

- **LEED Recertification** (Повторная сертификация) предназначена для поддержания и улучшения зданий, которые ранее прошли сертификацию по данной системе, включая схемы **BD + C** и **ID + C**, независимо от первоначальных рейтинговых результатов;

- **LEED Zero** (LEED ноль) доступна для всех проектов, сертифицированных по рейтинговым системам **BD + C** или **O + M**; предназначена для достижения нулевых показателей по углероду и/или ресурсам. Сертификация

возможна по четырем категориям: эксплуатации, энергии, воде и отходам. LEED Zero Carbon разработан для сертификации объектов с чистыми нулевыми выбросами углерода благодаря потреблению энергии за счет предотвращенных или компенсированных выбросов углерода. LEED Zero Energy является стандартом нулевого баланса при использовании энергии источника. LEED Zero Water характеризует нулевой баланс при употреблении питьевой воды. Проекты предоставляют данные о производительности за 12 месяцев, согласно выбранной заказчиком категории. Наконец, LEED Zero Waste дает оценку зданиям, получившим сертификат TRUE GBCI на уровне Platinum (уровням сертификации соответствуют баллы).

Показатель TRUE – это программа сертификации безотходного производства, предназначенная для измерения, улучшения и признания эффективности безотходного производства. TRUE GBCI поощряет внедрение устойчивых методов управления ресурсами и сокращения отходов, которые способствуют положительным результатам для окружающей среды, здоровья и экономики, поддерживает перепроектирование жизненных циклов зданий разного целевого назначения для обеспечения рециклинга использованных материалов и продвижения процессов, учитывающих замкнутый цикл строительных продуктов. Кредитование застройщиков за сокращение автомобильных поездок и количества автомобилей на семью способствует развитию недвижимости, которое бросает вызов американской привычке подчинять общественное проектирование транспортной инженерии. «Новый урбанизм» TRUE GBCI ориентирован на нетрадиционную планировку в деревенском стиле с соседними продуктовыми магазинами, многофункциональной застройкой и более узкими улицами, затененными деревьями.

Сертификация LEED, оценивая строительную деятельность как экологический фактор, образующий безопасную область обитания людей, способствует восстановлению окружающей среды, обеспечивает высокое качество жизни и здоровья, лучшее и доступное жилье. Рассмотрим схему BD + C, чтобы показать, какими современными методами поддерживают экологическую безопасность объектов «зеленого» строительства по американскому международному стандарту (рис. 25).



Рис. 25. Опции рейтинговой схемы LEED «BD+C» (Building Design and Construction, core&shell). Core&shell означает, что базовое здание с магистральной инфраструктурой (ядром) строится владельцем здания, а экстерьером (оболочкой) занимаются арендаторы.
(Источник: <https://realestateschool-1.blogspot.com/2021/11/leed-building-rating-system.html>)

Схема включает ряд энергоэффективных и ресурсосберегающих требований – категорий, из которых приведем следующие (2021 г., как уже было отмечено, для оценки берут базовое количество баллов 100 и 10 в качестве бонуса за инновации и учет региональных приоритетов):

- «интегративный процесс» (поощрение междисциплинарного сотрудничества);
- «экологическое развитие участков и транспорт», от 21 до 28 баллов (оценивается, используют ли проекты преимущества уже существующей инфраструктуры ради улучшения здоровья населения, учитывают ли плотность близлежащей застройки, характер передвижений, нагрузку на окружающую среду);
- «потребление материалов и ресурсов», от 13 до 14 баллов (требуется наличие в проектах стратегии минимизации вредного воздействия на окру-

жающую среду вследствие использования материалов, полученных от добычи переработки, транспортировки, обслуживания, утилизации строительных материалов; решений по повышению производительности жизненного цикла материалов и их ресурсоэффективности, начиная от поставок, использования и заканчивая переработкой, утилизацией, рециклингом отходов; уделяется повышенное внимание ответственности легальной заготовке древесины, местам закупок материалов, вопросам транспортировки и переработки материалов);

- «эффективность водопотребления», от 10 до 11 баллов (учитывается потребление воды внутри помещений, наружное, специализированное, техническое использование с целью рециклинга сточных вод и сохранения естественного ландшафта и водоносных горизонтов пресной воды, поощряется установка водосберегающего оборудования);

- «энергопотребление и атмосфера», от 33 до 37 баллов (оценка наличия в проектах энергоэффективного потребления, возобновляемых источников энергии, стратегии снижения общей величины энергорасходов с целью предотвращения разрушительной добычи невозобновляемых ископаемых, сокращения неопределенности в поставках, стабилизации рыночных цен и повышения экологической безопасности, наконец, снижения вредных выбросов вследствие энергопотребления; тем самым достигается значительная экономия объема энергопотребления, связанного с транспортировкой питьевой воды в здания и из них, дополнительно провоцирующей выбросы CO₂);

- «устойчивые объекты», до 14 баллов (оценивается минимальное воздействие на экосистемы и водные ресурсы);

- «качество внутренней среды», от 12 до 17 баллов (рассматриваются решения по улучшению качества воздуха в помещениях, созданию комфортных условий проживания (компонентов по регулированию качества воздуха, освещения, акустического дизайна, параметров среды, таких как вентиляция и терморегуляция, пассивное отопление и охлаждение, контроль загрязняющих веществ, определяемых пользователями с помощью системы интеллектуального управления));

- «инновации и процесс проектирования», 5 + 1 балл, если есть специалист с аккредитацией LEED (требование наличия решений по инновационным особенностям объекта и устойчивым методам в строительстве, оцениваются эффективные стратегии по повторному использованию низкоэмиссионных материалов с целью уменьшения нагрузки на окружающую среду, рециклинга отходов, снижения вредных выбросов в атмосферу);

● «региональные приоритеты», 4 балла (в этом разделе оценивается, насколько проектировщик учел местные специфические экологические приоритеты) и т. д.

Однако баллы не начисляются одинаково в каждой категории и распределяются в процентах следующим образом:

- энергия и атмосфера – 34 %;
- качество окружающей среды в помещении – 16 %;
- расположение и транспорт – 14 %;
- эффективность воды – 11 %;
- материалы и ресурсы – 8 %;
- устойчивые площадки – 6 %;
- инновации – 5 %;
- региональный приоритет – 4 %;
- интегративный процесс – 2 % [147].

Сертификатом LEED отмечаются научно и технически обоснованные решения подрядчиков и проектировщиков уменьшить антропогенное воздействие здания во время всего его жизненного цикла. Сертифицированные проекты способствуют осуществлению экологического безопасного строительства и эффективного использования электричества, воды, отопления, тем самым существенно сокращая эксплуатационные затраты. Кроме снижения антропогенного «веса» объекта, стандарт LEED направлен на создание наилучших условий для здоровья жильцов домов, персонала офисов и работников предприятий, т. е. на обеспечение качества воды, воздуха, эргономики пространства, экологической безопасности в целом. Последнее обновление рейтинговой системы (LEED v.4.1) делает упор на главный социальный фактор – здоровье и благополучие людей [148].

2.10.3. Начисление баллов в LEED

Основные изменения, внесенные в LEED v.4, заключаются в добавлении нескольких новых групп критериев, расширении минимальных требований и кредитов, а также условий для некоторых из них. LEED для нового строительства и капитального ремонта (LEED-NC). V.4 имеет две дополнительные категории, которых не было в предыдущей версии, а именно «Интегративный процесс» IP и «Местоположение и транспортировка» LT. LEED v.4 теперь включает 12 минимальных требований (увеличение с 8) и 43 кредита (уменьшение с 49), некоторые части критериев здравоохранения

и образования были немного изменены, а демонстрационные требования для кредитов в категории «Материалы» существенно изменились.

Как уже отмечалось, чтобы начать процесс сертификации, сначала должны быть выполнены определенные предварительные условия для каждой области оценки. В следующей таблице показаны области оценки, проанализированные протоколом, и относительные максимальные баллы, которые можно присвоить (табл. 39).

Таблица 39

Оценочные категории метода LEED

Категории оценки	Максимальный балл
Устойчивость строительной площадки	25
Управление водными ресурсами	10
Энергия и атмосфера	30
Материалы и ресурсы	15
Качество внутренней среды	20
Всего	100
Инновации в дизайне	10

Социальные аспекты устойчивости, проанализированные этим протоколом, касаются качества внутренней среды зданий посредством изучения 11 макропоказателей (рис. 26).



Рис. 26. Макропоказатели, учитываемые по методу LEED для внутренней экологической оценки

В данном случае, следуя протокольному подходу, предусмотрены некоторые условия: контроль выбросов дымовых газов, защита от загрязняющих веществ, поступающих из гаража, защита от радона, контроль внутренних загрязнений, вытяжные системы. Также оцениваются другие функциональные аспекты, связанные с внутренним качеством здания.

На рис. 27 представлена рейтинговая схема LEED ND. Схема показывает, как начисляются баллы и кредиты до и после строительства.

2.10. Система экологической сертификации зданий в США


LEED v4 for Neighborhood Development Built Project
 Project Checklist

Project Name:
 Date:

Yes	?	No			
0 0 0 Smart Location & Linkage 28					
Y			Prereq	Smart Location	Required
Y			Prereq	Imperiled Species and Ecological Communities	Required
Y			Prereq	Wetlands and Water Body Conservation	Required
Y			Prereq	Agricultural Land Conservation	Required
Y			Prereq	Floodplain Avoidance	Required
			Credit	Preferred Locations	10
			Credit	Brownfield Remediation	2
			Credit	Access to Quality Transit	7
			Credit	Bicycle Facilities	2
			Credit	Housing and Jobs Proximity	3
			Credit	Steep Slope Protection	1
			Credit	Site Design for Habitat or Wetland and Water Body Conservation	1
			Credit	Restoration of Habitat or Wetlands and Water Bodies	1
			Credit	Long-Term Conservation Management of Habitat or Wetlands and Water Bodies	1
0 0 0 Neighborhood Pattern & Design 41					
Y			Prereq	Walkable Streets	Required
Y			Prereq	Compact Development	Required
Y			Prereq	Connected and Open Community	Required
			Credit	Walkable Streets	9
			Credit	Compact Development	8
			Credit	Mixed-Use Neighborhoods	4
			Credit	Housing Types and Affordability	7
			Credit	Reduced Parking Footprint	1
			Credit	Connected and Open Community	2
			Credit	Transit Facilities	1
			Credit	Transportation Demand Management	2
			Credit	Access to Civic & Public Space	1
			Credit	Access to Recreation Facilities	1
			Credit	Walkability and Universal Design	1
			Credit	Community Outreach and Involvement	2
			Credit	Local Food Production	1
			Credit	Tree-Lined and Shaded Streetscapes	2
			Credit	Neighborhood Schools	1
0 0 0 Green Infrastructure & Buildings 31					
Y			Prereq	Certified Green Building	Required
Y			Prereq	Minimum Building Energy Performance	Required
Y			Prereq	Indoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
			Credit	Certified Green Buildings	5
			Credit	Optimize Building Energy Performance	2
			Credit	Indoor Water Use Reduction	1
			Credit	Outdoor Water Use Reduction	2
			Credit	Building Reuse	1
			Credit	Historic Resource Preservation and Adaptive Reuse	2
			Credit	Minimized Site Disturbance	1
			Credit	Rainwater Management	4
			Credit	Heat Island Reduction	1
			Credit	Solar Orientation	1
			Credit	Renewable Energy Production	3
			Credit	District Heating and Cooling	2
			Credit	Infrastructure Energy Efficiency	1
			Credit	Wastewater Management	2
			Credit	Recycled and Reused Infrastructure	1
			Credit	Solid Waste Management	1
			Credit	Light Pollution Reduction	1
0 0 0 Innovation & Design Process 6					
			Credit	Innovation	5
			Credit	LEED® Accredited Professional	1
0 0 0 Regional Priority Credits 4					
			Credit	Regional Priority Credit: Region Defined	1
			Credit	Regional Priority Credit: Region Defined	1
			Credit	Regional Priority Credit: Region Defined	1
			Credit	Regional Priority Credit: Region Defined	1
0 0 0 Project Totals (Certification estimates) 110					

Certified: 40-49 points, Silver: 50-59 points, Gold: 60-79 points, Platinum: 80+ points

Рис. 27. Начисление баллов и кредитов в рейтинговой схеме Leed v4 ND (развитие микрорайона) на этапе подготовки. (Источник: https://build.usgbc.org/l/413862/2019-01-17/nf5pbk/413862/153050/LEED_v4_for_Neighborhood_Development_Checklist.xlsx)

Алгоритм LEED-оценки имеет следующий вид:

- проект разрабатывается под требования конкретной версии стандарта и схемы назначения объекта, оценка производится по выбранной схеме;
- анализ среднего общего количества баллов в каждом кредите отдельно (А – применимый кредит и хорошие достижения в проектах: его среднее значение > 75 % баллов; ND – нужна разработка, его среднее значение 50 % < < кредит < 75 % баллов; NA – неприменимый кредит и труднодостижимый: его средний балл < 50 %);
- в данном протоколе не применяются корректирующие коэффициенты, поэтому баллы начисляются с помощью математического расчета, учитывая две характеристики – «отношение» (т. е. каково количество отношений конкретного кредита с другими кредитами) и «частота» (т. е. индикатор частоты кредита измеряет кредиты для каждого проекта путем расчета частоты получения определенного кредита в рамках категории и рассчитывается

на основе суммы ранее проанализированных процентов полученных баллов) [149].

Основное уравнение взвешивания [150]:

Относит. важность каждой категории воздействия · Относит. вклад
группы строит. деятельности в воздействие на здание · Связь (2)
между отдельными кредитами и группами деятельности = Вес кредита,

где *категория воздействия* – воздействие здания на окружающую среду и жителей (например, категории TRACI); *группа деятельности* – функция здания, связанная с группой кредитов LEED (например, потребление энергии строительными системами, транспортом, водопользованием); *связь с группой деятельности* – бинарная (или нет) связь, указывающая, способствует ли кредит уменьшению воздействия; TRACI (Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts) – инструмент для снижения и оценки химического и другого воздействия на окружающую среду.

TRACI предоставляет характеристики факторов для оценки воздействия жизненного цикла (Life Cycle Impact Assessment, LCIA), промышленной экологии и показателей устойчивости. Категории воздействия включают: истощение озонового слоя, изменение климата, *подкисление*, эвтрофикацию, образование смога, воздействие на здоровье человека и экотоксичность. Применяется только в Северной Америке. *Подкисление* (категория в TRACI) – мера (в единицах pH) концентрации ионов водорода в растворе, в данном случае в воде, в конечном итоге – океана. Когда CO₂ попадает в океан, он растворяется в соленой воде.

Во-первых, он образует угольную кислоту. Затем эта угольная кислота распадается (диссоциирует) с образованием ионов бикарбоната и ионов водорода. Подкисление океана происходит в результате увеличения концентрации ионов водорода и снижения содержания ионов карбоната из-за поглощения повышенного количества CO₂, что губительно сказывается на водном биоразнообразии.

Во-вторых, закисление океана сейчас происходит быстрее, чем за последние 66 млн лет, а возможно, и 300 млн лет. За последнее десятилетие (с 2008 по 2017 г.) ежегодно выбрасывалось в атмосферу около 40 гигатонн парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива и изменений в землепользовании, что по массе эквивалентно 252 млн голубых китов (!). Прогнозы показывают, что к концу XXI в. поверхностные воды океана мо-

гут быть более чем в два раза более кислыми, чем в конце прошлого века, если выбросы углерода не сократятся [151].

Скажем, если в категории «Устойчивые строительные площадки», фокусирующейся на окружающей среде, жизненно важных отношениях между зданиями и местными и региональными экосистемами, а также сохранении биоразнообразия в природных системах, команда проекта не разработала последние шесть кредитов (критериев) с кодами SSc2, SSc6.1, SSc6.2, SSc8, SSc5.1, SSc3 (т. е. средний балл кредита меньше 50 %; в каждом кредите имеются баллы, которые оцениваются по тому, насколько они реализованы в процентах; например, кредит с баллами может быть выполнен на 94 % и считается применимым к проекту, или 9 % – и тогда он неприменим, поскольку разработчики не смогли обосновать его значимость для данной категории оценки), то это означает, что примерно 40 % баллов, доступных в кредитах раздела «Устойчивые строительные площадки», считаются неприменимыми для проекта разработчиков.

Кроме того, в таблице ниже «Редевелопмент заброшенного участка» набрал только 9 %, что является очень низким показателем, в то время как кредит «Альтернативный транспорт – парковочные места» набрал 94 %, что является высоким процентом. Если выполнение требований какого-либо критерия дает высокий процент при формировании рейтинговой оценки, то выполнение этого кредита является предпочтительным для заказчика, поскольку минимизирует расходы на реализацию других требований, уменьшая количество выполняемых показателей (табл. 40).

Таблица 40

**Кредиты устойчивых участков в категории
«Устойчивые строительные площадки» и процент набранных баллов проекта**

Код кредита	Кредиты на устойчивые площадки	Кредит, баллы	Процент от общего среднего	Применимость кредитов
SSc4.4	Альтернативный транспорт – вместимость парковки	2	Высший 94	А
SSc4.3	Альтернативный транспорт – автомобили с низким уровнем выбросов и экономичным расходом топлива	3	92	А
SSc1	Выбор площадки	1	84	А

Код кредита	Кредиты на устойчивые площадки	Кредит, баллы	Процент от общего среднего	Применимость кредитов
SSc4.1	Альтернативный транспорт – доступ к общественному транспорту	6	82	A
SSc7.2	Эффект теплового острова – крыша	1	81	A
SSc4.2	Альтернативный транспорт – хранение велосипедов и раздевалки	1	73	ND
SSc7.1	Эффект теплового острова — без крыши	1	73	ND
SSc5.2	Разработка площадки – максимальное открытое пространство	1	62	ND
SSc2	Плотность застройки и связность сообщества	5	40	NA
SSc6.1	Расчет ливневых вод – контроль количества	1	36	NA
SSc6.2	Проектирование ливневых вод – контроль качества	1	35	NA
SSc8	Снижение светового загрязнения	1	32	NA
SSc5.1	Развитие участка – защита или восстановление среды обитания	1	23	NA
SSc3	Редевелопмент заброшенного участка	1	Самый низкий 9	NA

В известном смысле, заказчик должен сосредоточиться на главных для себя кредитах, так как получение высокой оценки по всем критериям требует от него очень больших финансовых вложений. К примеру, если кредит имеет 1 балл в большинстве случаев в более чем 75 % сертифицированных проектов, можно разумно предположить, что этот кредит легко получить (и может возникнуть проблема погони за этим кредитом). Если наиболее высокий балл равен 0, это может указывать на то, что кредит слишком сложно получить.

Некоторые авторы указывают на затруднения оценки протоколом LEED. Многоквартирный жилой дом (например, квартира) и сдаваемое в аренду жи-

лье имеют некоторые общие черты, поскольку оба типа зданий предоставляют жилые помещения. Тем не менее результаты показывают, что между этими двумя типами зданий существуют значительные различия в показателях SS, WE и IEQ. Многоквартирные жилые дома функционируют значительно лучше, чем аренда в устойчивых районах, но значительно уступают по эффективности использования воды и качеству внутренней среды. В SS-показателях многоквартирные жилые дома значительно лучше – с точки зрения плотности застройки и связности сообществ, реконструкции заброшенных участков, доступа к общественному транспорту, эффекта теплового острова – без крыши. Интересно отметить, что в категории «Водоэффективность» WE оба типа зданий эксплуатируются на одном уровне в плане сокращения потребления воды. Тем не менее аренда показывает себя значительно лучше в ландшафтном дизайне с эффективным использованием воды, инновационных технологиях очистки сточных вод. В IEQ-показателях аренда значительно лучше с точки зрения мониторинга подачи наружного воздуха, усиленной вентиляции, управления качеством воздуха в помещении до заселения, дизайна теплового комфорта, проверки теплового комфорта, но уступает по управляемости температурного комфорта и его видам [152].

Обозревая отраслевой опыт сертифицированных LEED-проектов, другие авторы приходят к выводу: выбор площадки SSc1, транспортные средства с низким уровнем выбросов и экономичным расходом топлива SSc4.3, эффект «теплового острова» – крыша SSc7.2, управление качеством воздуха в помещении во время строительства IEQc3.1, клеи и герметики с низким уровнем выбросов IEQc4.1, краски и покрытия с низким уровнем выбросов IEQc4.2 и аккредитация специалистов LEED IDc2 кажутся наиболее экономически эффективными для достижения целей сертификации. Но так ли это на самом деле, остается большой проблемой. Скажем, очень немногие проекты достигли результатов в повторном использовании и поддержании внутренних неструктурных элементов здания MRc1.2, повторном использовании материалов MRc3 и быстро возобновляемых материалов MRc6. Из этого выходит, что они не в тренде и неэффективны? Очевидно, что это не так [153].

На сертифицированном уровне чаще всего используются следующие кредиты:

- выбор площадки SSc1;
- транспортные средства с низким уровнем выбросов и экономичным расходом топлива SSc4.3;
- эффект теплового острова – крыша SSc7.2;

- план управления IAQ во время строительства IEQc3.1;
- материалы с низким уровнем излучения: IEQc4.1, IEQc4.2 и IEQc4.3;
- сертифицированный LEED-специалист IDc2.

Наименее часто принимаемые кредиты:

- реконструкция заброшенных участков SSc3;
- защита или восстановление среды обитания SSc5.1, снижение светового загрязнения SSc8;
- инновационные технологии очистки сточных вод WEc2;
- возобновляемые источники энергии на месте EAc2;
- повторное использование зданий MRc1 и MRc1.2;
- повторное использование материалов MRc3;
- быстро возобновляемые материалы MRc6;
- сертифицированная древесина MRc7;
- управляемость систем – тепловой комфорт IEQc6.2;
- дневной свет IEQc8.1.

Как считают специалисты, быстро возобновляемые материалы и повторное использование материалов – очень трудно достижимые факторы. Наименее часто принимаемые кредиты требуют дальнейшего внимания со стороны регулирующих органов, поскольку кажется, что баллов, выделенных для кредита, недостаточно, чтобы представить его воздействие на окружающую среду или усилия, которые разработчики должны приложить для его получения [154].

По сравнению с сертифицированными проекты уровня Silver должны поддерживать желаемые характеристики при выборе площадки, план управления качеством воздуха в помещении во время строительства, материалы с низким уровнем выбросов и профессиональную аккредитацию LEED. На уровне Gold и Platinum проекты должны значительно улучшить некоторые кредиты, чтобы получить более высокий уровень сертификации. В категории «Устойчивые площадки» SS эти кредиты включают плотность застройки и связность сообществ SSc2 и доступ к общественному транспорту SSc4.1. Эти два показателя стали наиболее часто принимаемыми кредитами на «платиновом» уровне: 86,2 % проектов получили 5 кредитов и 92,6 % проектов получили 6 кредитов соответственно. В категориях «Водоэффективность» WE и «Энергия и атмосфера» EA проекты уровня Gold и Platinum должны значительно улучшить свои показатели по инновационным технологиям очистки сточных вод и всем кредитам в разделе EA. Например, 64,2 % всех платиновых проектов получили 19 баллов по оптимизации энергоэффек-

тивности EAc1. Для сертифицированных проектов чаще всего набирается балл EAc1, равный 5.

Зная тенденцию оценки по данному протоколу, можно порекомендовать проектировщикам сформировать определенную стратегию достижения желаемого уровня сертификации [155, 156].

Например, проекты LEED Silver обычно набирают в общей сложности около 52 баллов, что всего на два балла выше порога для уровня Silver. Вполне вероятно, что проектные группы хотели бы реализовать пару условных кредитов, чтобы убедиться в достижении целевого уровня сертификации проекта, имея в среднем от двух до трех баллов в резерве на основе предыдущих проектов [157].

Исходя из сказанного, во-первых, с самого начала следует внедрить комплексный процесс проектирования и тем самым гарантировать, что цели LEED установлены на этапе предварительного проектирования, а инвестиционные средства использованы наилучшим образом, обеспечив успех проекта. Во-вторых, разумно включить два или три резервных балла LEED для запаса прочности и убедиться, что проект соответствует целевому уровню сертификации. Далее необходимо максимизировать осуществимость проекта: надо рассмотреть наиболее часто используемые кредиты и выяснить, смогут ли они в достижении желаемого уровня рейтинга [158].

Наиболее широко используемые кредиты, условно говоря, включают:

- инновационность проекта (INc1, 3,55 балла);
- план управления IAQ строительства (IEQc3, 0,90 балла);
- защиту уязвимых земель (LTc2, 0,87 балла);
- бережное обращение с отходами строительства и сноса (MRc5, 1,72 балла);
- сокращение использования воды на открытом воздухе (WEc1, 1,67 балла);
- учет воды (WEc4, 0,80 балла);
- минимизацию вклада в эффект городского острова тепла (SSc5, 1,47 балла);
- тщательную оценку площадки для выявления потенциальных проблем до начала строительства (SSc1, 0,72 балла);
- снижение потребления воды внутри помещений (WEc2, 4,26 балла);
- мониторинг подачи наружного воздуха (IEQc1, 1,38 балла);
- оптимизацию энергоэффективности здания (EAc2, 12,28 балла);
- уменьшение площади парковки (LTc7, 0,68 балла);

- использование интегративного процесса с самого начала (IPc1, 0,60 балла);
- усовершенствованный учет энергии (EAc3, 0,60 балла);
- снижение светового загрязнения (SSc6, 0,58 балла);
- обеспечение открытых пространств жильцам здания (SSc3, 0,57 балла);
- оборудование для электромобилей (LTc8, 0,57 балла);
- использование расширенных процедур ввода в эксплуатацию (EAc1, 3,39 балла).

Для проектов уровня LEED Silver или выше инновационные решения INc1 реализуются в явном виде, а также дополнительные кредиты, такие как поддержка большей плотности и разнообразного использования LTc4, расширенный учет энергии EAc3 и внедрение реагирования на спрос EAc1. Проекты, расположенные в районе с высокой плотностью населения, отвечающие требованиям кредитов как для высокой плотности LTc4, так и для качественного транзита LTc5, были особенно полезны для получения сертификата LEED Gold или более высокого уровня.

Другие кредиты, которые следует учитывать для получения сертификата LEED Gold, включают:

- условия для электромобилей и велосипедов и уменьшение площади парковки (LTc6, LTc7 и LTc8 соответственно);
- сокращение потребления воды внутри помещений и использование воды в градирнях (WEc2 и WEc3);
- использование улучшенного ввода в эксплуатацию, оптимизацию энергоэффективности и производство возобновляемой энергии (EAc1, EAc2 и EAc5 соответственно);
- снижение воздействия на жизненный цикл здания;
- использование инновационного дизайна на приоритетном объекте;
- включение открытого пространства (MRc1, INc1, LTc3 и SSc3 соответственно).

Для получения наивысшего уровня LEED Platinum рекомендуется:

- снижение влияния жизненного цикла здания и проведение комплексного раскрытия информации о продукте и оптимизации (MRc1 и MRc3);
- обеспечение эффективного внутреннего освещения и теплового комфорта (IEQc6 и IEQc5);
- управление дождевой водой SSc4;
- улучшенный ввод в эксплуатацию;
- возобновляемая энергия и экологически чистая энергия (EAc1, EAc5 и EAc7 соответственно).

Дополнительные баллы за такие элементы, как снижение светового загрязнения SSс6, инновации TNcl, система учета энергии EAc3 и высокоэффективное оборудование для очистки воды (WEс1 и WEс2), также должны быть рассмотрены [159].

Таким образом, LEED как оценочный инструмент регулирует тенденции развития экологичного строительства – хотя и не без потерь, как в случае с достижимостью кредитов по современным строительным материалам. Если оценивать модель распределения кредитов LEED-2009 и LEED v4 (2020) по всем параметрам, то можно выявить существенную разницу. Появились новые критерии (категории), и они изменили показатели оценки (табл. 41).

Таблица 41

Изменение критериев в системе LEED (2009 и 2020 гг.)

Основные критерии LEED v4	LEED 2009			LEED v.4 (2020)			
	Макс. кол-во очков	Достигнутые показатели, %	Рейтинг	Макс. кол-во очков	Средний балл	Достигнутые показатели, %	Рейтинг
Интегративный процесс (IP)	–	–	–	1,00	0,60	59,91	3
Расположение и транспорт (LT)	–	–	–	16,00	7,99	49,92	6↓
Устойчивые площадки (SS)	26	61,00	2	10,00	4,94	49,37	7↓
Эффективность использования воды (WE)	10	60,80	3	11,00	7,10	64,58	2↑
Энергия и атмосфера (EA)	35	40,30	5	33,00	18,78	56,90	5↑
Материалы и ресурсы (MR)	14	38,70	6	13,00	3,81	29,31	9↓
Качество окружающей среды в помещении (IEQ)	15	59,10	4	16,00	6,19	38,66	8↓
Региональный приоритет (RP)	4	–	–	4,00	3,10	77,59	1
Инновации (IN)	6	67,80	1	6,00	3,55	59,16	4↓
Всего	110	–	–	110,00	57,16	–	–

Хотя пороговые значения для различных критериев, предназначенных для сокращения и оптимизации энергопотребления, теперь выше, все критерии, связанные с эксплуатационными расходами зданий, такие как водо- и энергоэффективность, имеют более высокие показатели достижения в проектах, построенных в соответствии с новыми стандартами LEED v.4. По сравнению с предыдущей версией показатели достижения критериев в категории «Энергия и атмосфера» EA возрасли на 16,6 %, увеличившись с 40,3 % для LEED-2009 до 56,9 % для LEED v.4. «Водоэффективность» (WE) также увеличилась с 60,80 до 64,58 %. Это связано либо с тем, что доступные в настоящее время технологии обеспечивают более высокую эффективность использования электроэнергии и более низкое потребление воды, либо с растущим осознанием общественностью истощения этих ограниченных ресурсов [160]. Интересно, что уровни достижений по двум группам – «Материалы и ресурсы» MR и «Качество внутренней среды» IEQ – заметно ниже для LEED v.4, чем для LEED-2009, что указывает, как уже упоминалось, на трудности удовлетворения новых, более строгих стандартов. Достигнутый высокий показатель (77,59 %) «Регионального приоритетного кредита» RP показал успех региональной приоритетной программы в усилиях по продвижению «зеленых» зданий в новые районы [161].

2.10.4. Процесс сертификации LEED

Процесс сертификации проектных групп состоит:

- из заявки на проектирование, находящейся в компетенции архитектора-инженера и задокументированной в официальных строительных чертежах;
- заявки на строительство, находящейся в компетенции подрядчика и задокументированной во время возведения здания и ввода в эксплуатацию.

Сертификация охватывает все четыре этапа жизненного цикла объекта: потенциальную осуществимость (feasibility), проектирование (design), строительство (construction), перспективу после строительства (post-construction) (рис. 28).

Начинается процесс с предварительной LEED-сертификации согласно выбранной схеме (pre-assessment). Когда проект зарегистрирован в Институте сертификации «зеленых» зданий GBCI, наступает предварительная его оценка с целью получения технических рекомендаций по кредитам и заполнения необходимых форм документов в онлайн-сервисе (необязательно) (pre-assessment). Далее, после подписания регистрационной документации

(registration documentation submittal), наступает собственно этап проверки проекта аккредитованными специалистами (design review, GBCI). Если строительная документация подписана (construction documentation submittal), инициируется проверка строительства с помощью цифровой платформы GBCI (construction review, GBCI), исправление недостатков согласно требованиям одной из рубрик сертификации LEED. После завершения строительства участники рейтинга имеют право обратиться за кредитными баллами (credit appeal) (необязательно), которыми проект поощряется в результате оценки и присуждения знака сертификации (certification awarded).

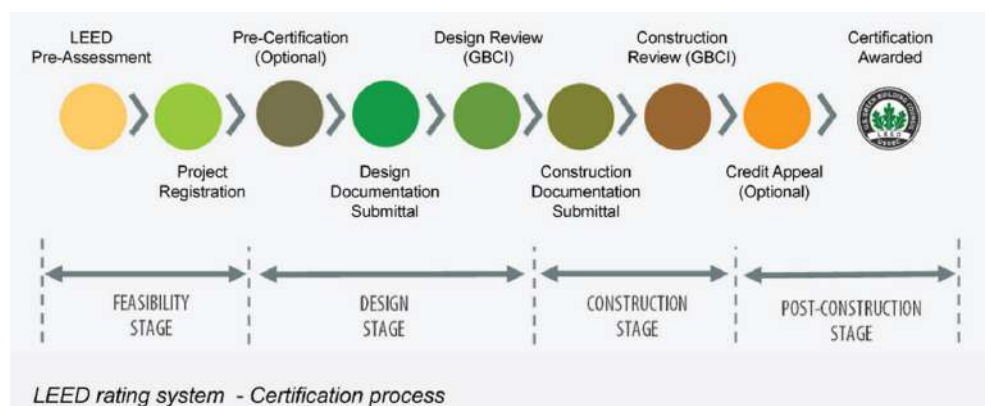


Рис. 28. Процесс сертификации Leed Rating. (Источник: <https://realestateschool-1.blogspot.com/2021/11/leed-building-rating-system.html>)

За регистрацию здания и подачу заявок на проектирование и строительство взимается плата. Затраты зависят от площади здания и оцениваются от 2,9 тыс. долл. для небольших проектов до более 1 млн долл. для крупных. В целом расходы могут достичь от 1 до 6 % общей стоимости строительства. Таким образом LEED-сертификация требует дополнительных затрат. Эти «лишние» издержки амортизируются через некоторое время (как правило, менее 15 лет) в зависимости от инвестиций: Снижение эксплуатационных расходов идет рука об руку с развитием методов экологически безопасного строительства и улучшением качества жизни в «зеленых» зданиях.

Для оценки проектов предлагается 100 базовых баллов. Дополнительными 6 и 4 баллами поощряются инновации в дизайне и учете региональных приоритетов. Баллы начисляются по следующему алгоритму:

- выбор схемы сертификации с учетом типа здания;
- присуждение баллов с помощью математической корреляции параметров «отношение» и «частота» («отношение» – число отношений критерия с другими критериями, «частота» – число упоминаний критерия в предложенной документации по заявленной схеме сертификации);
- наличие в критериях (кредитах) решений с учетом реализации минимальных и максимальных требований к проекту;
- суммирование кредитов (посредством математической корреляции), общего балла и рейтинга проекта.

Претенденты получают сертификаты с отметками, представленными в табл. 42 [162].

Таблица 42

Показатели LEED-сертификации 2013 г. и новой версии 2021 г.

Уровни	Баллы (2013 г., LEED Canada-NC v3)	Баллы (2021 г., LEED-NC v4)
Сертифицировано	27–32	40–49
Серебряный	33–39	50–59
Золотой	40–54	60–79
Платиновый	55 и выше	80 и выше

Совет по экологическому строительству США (USGBC), регулирующий принципы системы экологически чистых зданий, объявил топ-10 лучших стран и регионов в сфере LEED-сертификации. Материковый Китай возглавил список с более чем 68 млн м² застроенных площадей с использованием минимальных объемов энергии и воды, выбросов углерода; созданием благоприятных условий для проживания, экономией средств за предоставленные коммунальные услуги. На ведущие индустриальные страны приходится около 7800 сертифицированных зданий и более 210 млн м² общей площади застройки. В 2022 г. число LEED-проектов превысило 100 тыс. по всему миру. Уже второй год подряд Китай возглавляет список стран по количеству LEED-проектов (табл. 43).

Таблица 43

**Десять лучших стран и регионов для сертификации LEED
за пределами США в 2022 г.***

Рейтинг	Страна/регион	Кол-во проектов	Общая площадь, м ²
1	Китай	1,121	16 754 839 89
2	Индия	323	10 471 771 39
3	Канада	248	5 341 924 69
4	Бразилия	108	2 402 836 88
5	Швеция	52	2 268 616 83
6	Южная Корея	83	2 189 124 09
7	Мексика	92	1 711 985 28
8	Испания	99	1 565 575 47
9	Италия	96	1 344 229 37
10	Филиппины	24	1 064 327 40
	США**	1225	32 795 000

* Источник: <https://www.usgbc.org/articles/us-green-building-council-announces-2022-top-10-states-green-building>

** Вне рейтинга, данные представлены для сравнения.

Данный рейтинг показывает, что LEED-сертификация является мощным энергоэффективным инструментом в проектировании и строительстве зданий и обеспечения устойчивых решений в сфере защищенности окружающей среды. В настоящее время ею сертифицируются коммерческие, промышленные, институциональные и многоквартирные жилые здания. Экологические приоритеты стандарта во многом способствовали его популярности в разных частях земного шара. Тем не менее есть и нерешенные проблемы. Ученые подсчитали, что углеродные выбросы, сэкономленные благодаря стандарту LEED NC, могут составлять небольшую их долю в случае неудачного выбора местоположения и дополнительных транспортных расходов для офисных работников [163, 164].

Хотя LEED разработана в США, тем не менее там нет общепринятых или обязательных сертификатов зданий. Любые такие системы оценки обычно выбираются на муниципальном уровне.

Таким образом, сертификация LEED служит целям продвижения стратегии безотходного строительства, представляя собой руководство для разработчиков, архитекторов, генеральных подрядчиков и субподрядчиков по внедрению политики, практики и стратегий безотходного производства и устойчивого развития – целостного «зеленого» стандарта безопасности в строительстве. В стране более 100 млн зданий – этих наиболее долгоживущих физических артефактов. Вот почему, поскольку использование энергии в зданиях является причиной почти половины выбросов парниковых газов в США, именно проектировщики и строители несут основную ответственность за решение климатической проблемы.

2.10.5. LEED. Устойчивые достижения «зеленой» застройки: FedEx Family House (Мемфис, штат Теннесси)

Для лучшего понимания устойчивых достижений «зеленой» застройки, рассмотрим показатели жилого здания FedEx Family House (г. Мемфис, штат Теннесси), получившего в 2019 г. сертификат LEED BD + C: New Construction. Объект был удостоен Золотого LEED-стандарта (61 балл) за экологически безопасный процесс строительства и устойчивые характеристики, такие как снижение потребления энергии (23 %) и воды (46 %), доступ к общественному транспорту и станциям утилизации отходов. Система фильтрации комплекса использует до 30 % наружного воздуха и постоянно контролируется сигнализацией. Усовершенствованная фильтрация воздуха удаляет потенциальные загрязняющие вещества. Этому есть объяснение, поскольку FedEx Family House возведен на месте бывшего заброшенного участка с очистными сооружениями, загрязненного моющими средствами.

В течение нескольких лет проходила очистка загрязненной почвы. Максимально было сокращено количество отходов. На следующем этапе проекта использовались 15 % материалов, полученных в результате переработки, 22 % – из местных источников. Все потребление электроэнергии в здании компенсируется за счет возобновляемых источников, а система качества воздуха в помещении построена в соответствии со стандартами ASHRAE. Приведем полностью итоговые результаты проекта (табл. 44).

Таблица 44

Итоговые результаты проекта для сертификации LEED

Категория оценки		Баллы/ из возможных
<i>Устойчивость строительной площадки (Sustainable sites)</i>		18/26
SSp1	Предотвращение загрязнения строительной деятельностью (Construction activity pollution prevention)	0/0
SSc1	Выбор площадки (Site selection)	1/1
SSc2	Плотность застройки и связность сообщества (Development density and community connectivity)	5/5
SSc3	Редевелопмент участков с отходами промышленного производства (Brownfield redevelopment)	0/1
SSc4.1	Альтернативный транспорт – доступ к общественному транспорту (Alternative transportation – public transportation access)	6/6
SSc4.2	Альтернативный транспорт – хранение велосипедов и раздевалки (Alternative transportation – bicycle storage and changing rooms)	0/1
SSc4.3	Альтернативный транспорт – автомобили с низким уровнем выбросов и экономичным расходом топлива (Alternative transportation – low-emitting and fuel-efficient vehicles)	3/3
SSc4.4	Альтернативный транспорт – вместимость парковки (Alternative transportation – parking capacity)	2/2
SSc5.1	Развитие участка – защита или восстановление среды обитания (Site development – protect or restore habitat)	0/1
SSc5.2	Разработка участка – максимизация открытого пространства (Site development – maximize open space)	0/1
SSc6.1	Проектирование ливневых стоков – контроль количества (Stormwater design – quantity control)	1/1
SSc6.2	Проектирование ливневки – контроль качества (Stormwater design – quality control)	0/1
SSc7.1	Эффект теплового острова – без крыши (Heat island effect – nonroof)	0/1

Категория оценки		Баллы/ из возможных
SSc7.2	Эффект теплового острова – крыша (Heat island effect – roof)	0/1
SSc8	Снижение светового загрязнения (Light pollution reduction)	0/1
<i>Водоэффективность (Water efficiency)</i>		6/10
WEp1	Сокращение водопотребления (Water use reduction)	0/0
WEc1	Водосберегающее озеленение (Water efficient landscaping)	2/4
WEc2	Инновационные технологии очистки сточных вод (Innovative wastewater technologies)	0/2
WEc3	Сокращение водопотребления (Water use reduction)	4/4
<i>Энергия & атмосфера (Energy & atmosphere)</i>		14/35
EAp1	Капитальный ввод в эксплуатацию энергосистем здания (Fundamental commissioning of building energy systems)	0/0
EAp2	Минимальная энергоэффективность (Minimum energy performance)	0/0
EAp3	Основное управление хладагентом (Fundamental refrigerant management)	0/0
EAc1	Оптимизация энергоэффективности (Optimize energy performance)	7/19
EAc2	Возобновляемая энергия на месте (On-site renewable energy)	0/7
EAc3	Расширенный ввод в эксплуатацию (Enhanced commissioning)	0/2
EAc4	Расширенное управление хладагентом (Enhanced refrigerant management)	2/2
EAc5	Измерение и проверка (Measurement and verification)	3/3
EAc6	«Зеленая» энергия (Green power)	2/2
<i>Материалы & ресурсы (Material & Resources)</i>		4/14
MRp1	Хранение и сбор вторсырья (Storage and collection of recyclables)	0/0

Категория оценки		Баллы/ из возможных
MRc1.1	Повторное использование здания – сохранение существующих стен, полов и крыши (Building reuse – maintain existing walls, floors and roof)	0/3
MRc1.2	Повторное использование здания – сохранение внутренних неструктурных элементов (Building reuse – maintain interior nonstructural elements)	0/1
MRc2	Управление строительными отходами (Construction waste management)	1/2
MRc3	Повторное использование материалов (Materials reuse)	0/2
MRc4	Вторичное сырье (Recycled content)	1/2
MRc5	Региональные материалы (Regional materials)	2/2
MRc6	Быстро возобновляемые материалы (Rapidly renewable materials)	0/1
MRc7	Сертифицированная древесина (Certified wood)	0/1
<i>Качество окружающей среды в помещении (Indoor environmental quality)</i>		10/15
EQp1	Минимальные показатели качества воздуха в помещении (Minimum indoor air quality performance)	0/0
EQp2	Контроль табачного дыма в окружающей среде (Environmental Tobacco Smoke control)	0/0
EQc1	Мониторинг подачи наружного воздуха (Outdoor air delivery monitoring)	1/1
EQc2	Повышенная вентиляция (Increased ventilation)	1/1
EQc3.1	План управления качеством воздуха в помещении при строительстве – во время строительства (Construction IAQ management plan – during construction)	1/1
EQc3.2	План управления качеством воздуха в помещении при строительстве – до заселения (Construction IAQ management plan – before occupancy)	0/1

Продолжение табл. 44

Категория оценки		Баллы/ из возможных
EQc4.1	Материалы с низким уровнем выбросов – клеи и герметики (Low-emitting materials – adhesives and sealants)	1/1
EQc4.2	Материалы с низким уровнем выбросов – краски и покрытия (Low-emitting materials – paints and coatings)	1/1
EQc4.3	Материалы с низким уровнем выбросов – напольные покрытия (Low-emitting materials – flooring systems)	1/1
EQc4.4	Материалы с низким уровнем выбросов – изделия из композитной древесины и агроволокна (Low-emitting materials – composite wood and agrifiber products)	0/1
EQc5	Контроль источников химических веществ и загрязняющих веществ в помещении (Indoor chemical and pollutant source control)	0/1
EQc6.1	Управляемость систем – освещение (Controllability of systems – lighting)	1/1
EQc6.2	Управляемость систем – тепловой комфорт (Controllability of systems – thermal comfort)	1/1
EQc7.1	Тепловой комфорт – дизайн (Thermal comfort – design)	1/1
EQc7.2	Тепловой комфорт – проверка (Thermal comfort – verification)	1/1
EQc8.1	Дневной свет и обзор – дневной свет (Daylight and views – daylight)	0/1
EQc8.2	Дневной свет и обзор – обзор (Daylight and views – views)	0/1
<i>Инновации (Innovation)</i>		5/6
IDc1	Инновации в дизайне (Innovation in design)	+4
IDc2	Аккредитованный специалист LEED (LEED Accredited Professional)	+1
<i>Кредиты за региональные приоритеты (Regional priority credits)</i>		4/4
EQc7.1	Тепловой комфорт – дизайн (Thermal comfort – design)	+1
SSc4.1	Альтернативный транспорт – доступ к общественному транспорту (Alternative transportation – public transportation access)	+1

Категория оценки		Баллы/ из возможных
SSc6.1	Проектирование ливневых стоков – количественный контроль (Stormwater design – quantity control)	+1
WEc3	Сокращение водопотребления (Water use reduction)	+1
Итого		61

Выбор участка, эффективное водопользование, правильное оснащение, вентиляция, внутренняя среда, работа многочисленных инженеров, дизайнеров и специалистов по устойчивому развитию были профинансированы частными инвесторами с акцентом на создание экологически безопасной среды для жителей и защите благоприятных условий их проживания. Каждый метр постройки предназначен для укрепления здоровья и благополучия проживающих в ней людей (рис. 29).



Рис. 29. Пространство FedEx Family House (г. Мемфис), предназначенное для укрепления здоровья и хорошего самочувствия жильцов. Общие зоны организованы вокруг внутреннего двора, чтобы создать ощущение дома.
(Источник: <https://www.usgbc.org/articles/homelike-design-fedexfamilyhouse>)

**2.10.6. LEED. Экологический стандарт
жилищного комплекса
*Legends Park & University Place в Мемфисе***

Экологический дизайн устойчивого урбанизма на основе LEED ND-сертификации характеризуется низким уровнем выбросов углекислого газа благодаря улучшению доступности микрорайонов, велосипедных дорожек, вариантов общественного транспорта, качества инфраструктуры; отсутствию высотных зданий, благоприятной жилой среде. В штатах Мериленд, Теннесси, Флориде и некоторых других данная концепция получила статус законодательного документа об умном росте. В рамках многомиллиардных инициатив, санкционированных Министерством жилищного строительства и городского развития США HUD, при продвижении жилищных проектов особое внимание уделяется принципам экологической устойчивости. Так, еще в 1998 г. жилой комплекс Legends Park & University Place в Мемфисе (рис. 30) получил сертификат LEED-ND от USGBC. Этот успех был достигнут совместными усилиями властей штата Теннесси и организаций, занимавшихся вопросами устойчивого планирования и экологической безопасности, по строительству доступного жилья для людей с низкими доходами.



Рис. 30. Трансформация государственного жилья для малоимущих (г. Мемфис, Университетская пл.). (Источник: <http://thewileyreport.blogspot.com/2015/01/the-transformation-of-public-housing-in.html>)

Завершенный проект набрал 46 рейтинговых баллов. Комплекс включает 405 доступных рыночных квартир и таунхаусов всего в двух шагах от центра Мемфиса. Неприглядные застройки прежнего времени были преобразованы в новую эстетическую среду. Появился красивый оазис для семей с разными доходами, с ухоженными газонами и широким спектром удобств. Среди самых заметных «зеленых» особенностей комплекса – пруд площадью в 1 акр, служит одновременно востребованным местом отдыха и средством удержания ливневых вод.

2.10.7. Платиновый LEED-сертификат офисного центра Sears Crosstown в Мемфисе

В 2018 г. офисный центр Sears Crosstown площадью 1,5 млн кв. футов в том же Мемфисе получил Платиновый сертификат (LEED Platinum Certified), что сделало его крупнейшим в мире объектом адаптивного повторного использования, получившим наивысший рейтинг LEED. Проектом стоимостью 200 млн долл. было предусмотрено преобразование исторического здания в многофункциональную вертикальную городскую «деревню» с офисными и торговыми помещениями для арендаторов, а также средней школой. Комплекс объединяет жилые, коммерческие, торговые, медицинские и оздоровительные, культурные и образовательные секции под одной крышей. Инженерная фирма и подрядчик подвергли переработке прежние строительные материалы: 54 млн фунтов бетона и 10 млн фунтов металла, чтобы создать прочные атриумы с естественным освещением, проникающим в общественные места и лестничные клетки. Преображенный комплекс получил название «Дом желаний» за воплощение новых стандартов качества жизни и экологического строительства. Вот некоторые устойчивые конструктивные атрибуты здания:

- фасад на 60 % состоит из стекла;
- 92,2 % материалов было использовано повторно;
- 93,5 % строительного мусора (65 млн фунтов – около 30 тыс. т) было вывезено со свалки;
- сокращение потребления воды на 40 % за счет использования мало-расходных устройств, водосберегающих ландшафтов и инновационных технологий очистки сточных вод;
- ультрасовременная центральная установка для обогрева и охлаждения в вестибюле;
- 750 тыс. долл. в год приблизительной экономии благодаря энергоэффективным стратегиям, таким как передовые системы отопления, вентиляции,

кондиционирования воздуха и широкое использование дневного света через атриумы;

- 50 % электроэнергии объекта компенсируется возобновляемыми источниками, что способствовало сокращению выбросов углерода на 8,2 млн фунтов в год.

После сертификации Crosstown Concourse также получил грант от партнерства между USGBC и Memphis Light and Gas and Water (MLGW) в знак признания достижений в области энергоэффективности и заботы об окружающей среде. Проект получил множество наград за экологичность здания, в том числе награду USGBC Tennessee Leadership Award (2018 г.). В 2020 г. здание получило сертификат Fitwell (Центра активного дизайна, CfAD). Указанную сертификацию получили пока 4 проекта в стране. Fitwel Community – американский продвинутый стандарт, основанный на фактических данных для оптимизации благоприятных преимуществ застройки в масштабе городского района (рис. 31).



Рис. 31. Sears Crosstown (г. Мемфис), получивший награды за выдающиеся достижения в области инженерии и устойчивого строительства.
(Источник: <https://crosstownconcourse.com>)

2.10.8. LEED-достижения здания Центра устойчивого развития в Монреале

В качестве еще одного примера «зеленой» сертификации можно привести здание Центра устойчивого развития (г. Монреаль), получившего сертификат LEED Platinum New Construction (NC) в 2013 г., набрав 59 баллов из 72 (рис. 32).



Рис. 32. Здание Центра устойчивого развития (г. Монреаль, Канада).
(Источник: <https://divisare.com/projects/241310-Menk-s-Shooner-Dagenais-LeTourneux-Architectes-Maison-du-d-veloppement-durable>)

Maison du développement durable (Дом устойчивого развития), расположенный в самом центре Монреаля, является первым зданием с Платиновым сертификатом LEED в канадском Квебеке. Пятиэтажное здание площадью 6,5 тыс. м², занимающее место, которое десятилетиями пустовало, способствует возрождению городского района. Этот проект предлагает новый способ осмысления городского ландшафта. Природа наполняет здание, создавая

симбиоз экстерьера и интерьера. Большой стеклянный атриум выходит в боковой сад, предлагая прохожему новую зеленую зону. Залитое естественным светом здание встречает посетителей живой «зеленой» стеной площадью 40 м², которая действует как биоклиматическая система, обеспечивающая исключительное качество воздуха на всех этажах. Его фасады из кирпича и бетонных панелей гармонируют с архитектурой соседнего театра, а большие окна на уровне улицы продолжают логику торговой артерии. Здание оживляет улицу благодаря смещению и неправильному ритму окон. Крытая и открытая парковки для велосипедов (с раздевалками и душевыми) заменяют типичную подземную парковку для автомобилей, часто встречающуюся в центре Монреаля. В проекте использовался интегрированный процесс проектирования, позволяющий клиентам, специалистам и исследователям находить инновационные решения в области устойчивого развития. Этот подход способствовал повышению стандартов в отношении переработанных материалов и материалов местного производства, используемых в здании, а также сокращению энергопотребления объекта до минимума. «Зеленый» ансамбль также служит образовательным целям. В офисном центре расположены Монреальский региональный совет по окружающей среде, Национальная ассоциация региональных экологических советов Квебека и ряд других экологических организаций.

На всех этапах проектирования и строительства заказчик и все вовлеченные стороны (архитекторы, инженеры-консультанты, генеральный подрядчик, консультанты, поставщики и т. д.) работали как многопрофильная команда, нацеленная на поиск инновационных решений. Основная задача состояла в создании такого расположения систем и технологий, чтобы полностью раскрыть их потенциал, оптимизировать их эффективность и функциональность. Отметим среди LEED-достижений проекта: установку 28 геотермальных скважин под зданием на глубине 152 м, чтобы свести к минимуму снижение производительности в случае поломки одной из них. Технические и устойчивые параметры сооружения представлены в «зеленой» стене, которая очищает и увлажняет внутренний воздух, служит фильтрующей средой в дополнение к шумоподавлению и эстетическому вкладу в интерьер. Затем очищенный воздух направляется в офисы внутри постройки, часть возвратного воздуха проходит через атриум, прежде чем выводится наружу. Существует также «зеленая» крыша, уменьшающая эффект теплого острова. В интерьере помещений использованы устойчивые,

местные материалы. Инженерами сконструирована сверхэффективная оболочка с контролем шума и собственного расхода энергии. Геотермальные насосы снижают расход невозобновляемых источников энергии. Сокращению водопотребления способствует сбор дождевой воды. Весь бетон, используемый в *Maison du développement durable*, содержит остаточную летучую золу угольных электростанций. Высококачественная среда для пользователей обеспечена исключительным качеством воздуха. В здании реализована система активного пользовательского контроля температуры, вентиляции, освещения. Создан превосходный тепловой комфорт, поддерживаемый геотермальной энергией и высокими эксплуатационными характеристиками оболочки. Естественное освещение и обзор прилегающих мест способствуют максимальному зрительному комфорту. Выбросы загрязняющих веществ от ковровых покрытий, дерева и ламината, герметиков и клеев, красок и лаков не превышают предельных минимальных значений. В настоящее время экспериментальные бетонные плиты с большим количеством переработанного стекла внутри и снаружи здания тестируются с использованием специализированных датчиков.

Разработка рейтинговой системы LEED сопровождается выдвижением все более жестких условий проверки проектов и оценки достигнутых результатов: если в 2013 г. максимальное количество баллов было 72, то в настоящее время – 110. Свой отпечаток на балльную систему накладывают национальные особенности стандартизации «зеленого» строительства. К примеру, канадский Совет по экологическому строительству (CaGBC), практикуя американский рейтинг LEED, оценивает проекты по пяти, а не по семи категориям:

- эксплуатация и техническое обслуживание зданий;
- дизайн интерьера, проектирование зданий и строительство;
- строительные работы;
- дома;
- застройка района.

Однако в Канаде есть и другие особенности «зеленой» стандартизации. CaGBC в партнерстве с REALpac (Real Property Association of Canada, Ассоциация недвижимости Канады) реализует программу «Создание долговременных изменений» (Building Lasting Change) по экологическому строительству. CaGBC также объявил, что он работает с REALpac над разработкой национальной системы сравнительного анализа энергопотребления,

отчетности и раскрытия информации, а также для поддержки строительного стандарта GRESB и WELL Building Standard в Канаде. С помощью GRESB (см. далее) оценивают устойчивость портфелей недвижимости, в то время как WELL измеряет, сертифицирует и контролирует факторы строительства, влияющие на здоровье и благополучие населения. Таким образом, в отличие от США, в Канаде разработана своя система гарантированного участия со своей бальной градацией.

2.10.9. Затраты и преимущества «зеленых» LEED-зданий

Согласно Г. Кацу и соавторам (2003), проект, имеющий Серебряный сертификат LEED по рейтинговой схеме «Ядро и оболочка здания» (Core & Shell), стоит девелоперу 700–800 долл. за м², а если добавить внутреннюю отделку, то 1,2–1,3 тыс. долл. за м². По сравнению с традиционным зданием перерасход будет 2–5 %. Скажем, «зеленый» офис площадью в 20 тыс. м² обойдется на 500 тыс. долл. дороже типового что легко компенсируется при последующей эксплуатации. В среднем «зеленая» застройка потребляет на 30 % меньше энергии. Государственному офисному зданию площадью 100 тыс. м², стоимостью 60 тыс. долл. такая экономия принесет выгоду в 3/4 млн долл.

Экономия энергии в первую очередь достигается за счет сокращения закупок электроэнергии и во вторую очередь с помощью снижения пикового спроса. В среднем экологичные строения на 28 % эффективнее обычных, генерируя 2 % своей энергии благодаря фотогальванике. Финансовые выгоды от снижения потребления на 30 % при цене электроэнергии 0,08 долл./кВт·ч составляют около 0,30 долл./м²/год, а 20-летняя чистая приведенная стоимость – более 5 долл./м², что равно или даже больше, чем средняя дополнительная стоимость «зеленых» объектов. Стоимость преимуществ экопроизводительности за 20 лет составит около 35 долл. за м² и 55 за м² для LEED-проектов с Золотым или Платиновым сертификатом.

Реальность такова, что прямые и косвенные затраты на эксплуатацию дома значительно превышают издержки его строительства. Следовательно, даже небольшие изменения в производительности, энергоэффективности и улучшении качества внутренней среды принесут большие финансовые выгоды. Более длительный срок службы здания, например 30 или 40 лет, окупится с лихвой. Г. Кац и соавторы считают, что можно говорить о приросте производительности на 1 % в случае LEED-проектов Серебряного уровня и 1,5 % – Золотого или Платинового. Данные показатели – это минималь-

ные значения по приросту экопроизводительности для каждого вида инженерных систем – вентиляции, терморегулирования, управления освещением и дневного освещения. Ее повышение на 1 % (соответствует примерно 5 мин рабочего дня) принесет прибыль 600–700 долл. на одного работника в год, или 3 долл./м² в год. Дальнейшее ее увеличение на 1,5 % (чуть более 7 мин каждый рабочий день) означает финансовую выгоду в размере примерно 1 тыс. долл. на одного работника в год, или от 4 до 5 долл./м² в год. За 20-летний период эксплуатации экономия затрат оценивается в 50–65 долл. на 1 м² [165].

2.10.10. USGBC LEED

На американском рынке существуют как частные, так и некоммерческие программы сертификации «зеленых» зданий. Популярная и широко известная в мире рейтинговая LEED-программа Совета по экологическому строительству США (U.S. Green Building Council, USGBC) продвигает на строительный рынок лучшие в своем классе стратегии и методы «зеленого» строительства. Согласно данному стандарту, строительные проекты должны соответствовать предварительным требованиям и зарабатывать баллы, чтобы получить различные уровни сертификации LEED. Предварительные требования и кредиты различаются для каждой рейтинговой системы, и претенденты выбирают целевую рейтинговую систему на основе уникальных потребностей здания и типа проекта. Оценка, применимая к конкретным типам проектов, включает те же параметры, что и классическая LEED, широко распространенная по всему миру (от американского континента до Европы, Китая, Индии и др.):

- проектирование и строительство зданий;
- дизайн интерьера и строительство;
- эксплуатация и техническое обслуживание зданий;
- развитие района и дома.

Данная рейтинговая система оценивает более чем 60 % общей площади здания или пространства проекта.

2.10.11. Arc/GRESB/Athena/Measurabl

Следует упомянуть технологическую компанию Arc Skoru Inc., связанную с организацией «Сертификация зеленого бизнеса» (Green Business

Certification Inc., GBCI) и Советом по экологическому строительству США USGBC. Платформа Arc является дополнительным инструментом LEED, поддерживает рейтинговые системы следующего поколения, основанные на производительности, включая LEED v.4.1 O + M (Эксплуатация и техническое обслуживание зданий, Building Operations and Maintenance) и схему LEED для городов и сообществ.

Arc предоставляет инструменты для измерения, отслеживания и оценки реальных экологических характеристик пространств, зданий и мест с оценками и показателями для пяти категорий производительности: энергия, вода, отходы, транспорт и человеческий опыт. Информация дает представление об устойчивости, а также помогает командам оценить готовность к сертификации LEED. Рост Arc обусловлен быстрым увеличением взаимодействия со всеми виртуальными портфелями. Организации по всему миру все чаще измеряют производительность каждого пространства, сравнивая производительность с несколькими эталонными тестами и добиваясь признания третьей стороной своей реальной производительности. Исходя из общей площади проектов, США сохраняют наибольшую долю проектов Arc (49,5 %), за ними следуют Канада (9,6 %) и Италия (7,1 %). Эти проекты варьируются от отдельных пространств до целых зданий и полных портфолио. В совокупности пользователи Arc отслеживают 1,8 млрд т эквивалента углекислого газа, 15 трлн галлонов потребления питьевой воды и 5,7 млн т отходов. Эти воздействия связаны с более чем 12 млн жителей.

Arc оценивает данные о производительности в соответствии с растущим набором стандартов производительности, включая LEED, местные правила, международные стандарты и многое другое. Пользователи могут использовать эти баллы для проверки эффективности на соответствие целям устойчивого развития, отмечать улучшения с течением времени и подавать заявки на сертификацию LEED.

Arc применяется для поддержки многих других решений, основанных на «зеленой» производительности. С помощью данного инструмента пользователи могут оптимизировать свою деятельность по экологическому строительству и управлять большим количеством площадей и зданий. Например, участники оценочной системы под названием «Глобальный эталон устойчивого развития недвижимости» (Global Real Estate Sustainability Benchmark, GRESB) могут напрямую загружать данные об активах, чтобы определить потенциальные сертификаты и улучшить свои баллы в рамках оценочной платформы GRESB, в конечном счете LEED-рейтинга.

Что представляет собой GRESB? Речь идет об организации, которая разрабатывает международно признанные бенч-марки для отслеживания экологических, социальных и управленческих ESG показателей коммерческой недвижимости и инфраструктуры. Участники оценки GRESB предоставляют данные на уровне активов, относящиеся к показателям ESG. Взамен они получают подробную бизнес-аналитику о своих сравнительных показателях по сравнению с конкурентами, а также информацию о предлагаемых действиях, которые они могут предпринять для улучшения своих показателей устойчивого развития и общения с инвесторами по этому вопросу. Инвесторы используют отраслевые ориентиры и аналитические инструменты GRESB для оценки эффективности ESG своих портфелей, взаимодействуют с управляющими недвижимостью и выполняют все более строгие обязательства по отчетности ESG. В 2015 г. организация расширила свои интересы на эффективность ESG инфраструктуры, включая автомобильные и железные дороги, системы распределения электроэнергии и связи, а также устойчивую недвижимость. Стоимость активов, покрываемых GRESB в 2021 г., составила более 5,3 трлн долл.

Каждый год GRESB выпускает опросы для операторов недвижимости. С помощью этих опросов они собирают данные об управлении зданием, его эффективности, климатических рисках и взаимодействии с заинтересованными сторонами и проверяют эти данные в ходе многоэтапного процесса. Затем GRESB использует полученную информацию для создания своих отраслевых эталонов, которые публикуются и широко распространяются извне.

Есть несколько дополнительных оценок GRESB: оценка фонда и оценка активов. Они предназначены для выполнения операций инфраструктурными фондами и портфельными компаниями соответственно. Обе оценки касаются основных аспектов эффективности ESG в сфере недвижимости с точки зрения инвесторов. Они соответствуют международно признанным стандартам отчетности в области устойчивого развития, таким как Принципы ответственного инвестирования ООН PRI, Глобальная инициатива по отчетности GRI и Парижское соглашение по климату PCA.

Оценка основана на наборе показателей ESG по компонентам «управление», «производительность» и «развитие». Опция «управление» рассматривает лидерство и стратегию, политику, управление рисками и взаимодействие с заинтересованными сторонами; «производительность» измеряет эффективность ESG организации на основе данных на уровне активов, а компонент «развитие» касается проектирования, строительства и реконструкции зданий, а также усилий оператора по решению проблем ESG в ходе этих процессов.

В опросах участников просят сообщить о сертификации энергии, парниковых газов, отходов, воды и зданий на уровне активов. Темы показателей включают данные и социальную инфраструктуру, транспорт, экологические услуги, сетевые коммунальные услуги и производство возобновляемой энергии. Все представленные данные используются для проверки более широкого отчета о портфеле. Имеются руководящие принципы, объясняющие назначение каждого индикатора; требования к ответу; информация о подсчете баллов и разъяснения используемой терминологии.

Что получают участники от GRESB? На основе собранных данных GRESB ежегодно составляет четыре отраслевых эталонных показателя ESG по анализу:

- недвижимости;
- ее развития;
- инвестиционных фондов, финансирующих масштабные строительные проекты;
- инфраструктурных активов.

Операторы недвижимости будут получать общие баллы, связанные с их работой, включая рейтинги и баллы GRESB, а также иметь возможность приобрести полный сравнительный отчет. При этом они могут рассчитывать на подробный анализ своих текущих показателей ESG на уровне активов и показателей, а также информацию о том, как они работают по сравнению со своими коллегами (операторами с таким же местоположением, сектором и типом инвестиций, что и они сами). Помимо платформы для взаимодействия с управляющими недвижимостью, инвесторы получают доступ к данным ESG и раскрытию информации по своему инвестиционному портфелю. Они могут использовать единую структуру ESG, предоставленную GRESB, для оценки и сравнения эффективности своих активов в сфере недвижимости.

В 2021 г. GRESB представила новую методологию оценки. Она направлена на оценку того, в какой степени представляемые участниками данные (включая сертификаты зданий, показатели эффективности и отчетные характеристики) соответствуют новым строгим требованиям к отчетности, насколько полезна методология, изложенная в Справочном руководстве по недвижимости GRESB 2022, а также цифровая платформа Arcskoru.com, созданная, как уже говорилось, организацией USGBC-LEED. Платформа Arc, дополняя рейтинг LEED Online, является инструментом, который помогает участникам измерять производительность здания с течением времени и сравнивать свои проекты с другими. Информация для повышения эффективно-

сти и увеличения баллов используется клиентами для LEED-сертификации. В новой версии LEED v.4.1 O + M и LEED for Cities and Communities проекты могут набрать максимум 100 баллов. Большой вес придается кредитным требованиям, которые непосредственно измерены на предварительных этапах оценки проекта (90 из возможных баллов) и рассчитаны на основе фактических данных о здании. По каждому из пяти критериев программы, связанных с эффективностью и производительностью, – энергии, воде, отходам, транспорту и благополучию – необходимо набрать не менее 40 баллов.

Таким образом, цифровая платформа Arc и GRESB содействуют участникам строительного рынка в их усилиях получить сертификацию от LEED, расширяя сотрудничество с заинтересованными организациями, чтобы повысить роль экологической безопасности в устойчивом развитии экономики. Организация «Сертификация зеленого бизнеса» (Green Business Certification Inc., GBCI) сообщает о более чем 7 млрд кв. футов площади зданий почти в 140 странах, отслеживая показатели операционной эффективности через сервис Arc. Это делает Arc одной из крупнейших баз данных о характеристиках зданий в мире.

Помимо перечисленной рейтинговой системы и платформы для измерения, сбора и агрегирования показателей о воздействии строительства на окружающую среду, был разработан ряд других облачных пакетов для сравнения данных, конкретизации и продвижения целей и достижений. Некоторые из этих платформ – Athena и Measurabl. Экосервис Athena представляет собой передовой инструмент для тщательной оценки воздействия зданий на протяжении всего их жизненного цикла. Measurabl, являясь платформой ESG, служит легкодоступным универсальным средством устойчивого развития, который позволяет измерять, управлять, раскрывать данные о «зеленом» строительстве и действовать на их основе. Например, компания Measurabl представила Nuveen оперативные предложения, направленные на сокращение расходов знаковых объектов с высокими показателями экопроизводительности. Среди них здание, входящее в категорию выдающихся сооружений с Золотым сертификатом LEED, BOMA Mid-Atlantic Regional TOBY – The Outstanding Building of the Year на 99 Хай Стрит в Бостоне, штат Массачусетс. Совместное решение касалось эффективной оценки, мониторинга в режиме реального времени и оптимизации производительности объекта с целью дальнейших улучшений (рис. 33).



Рис. 33. Здание 99 High Street площадью 730 тыс. м² было отмечено как выдающееся сооружение Бостона в категории «Отремонтированное здание». (Источник: <https://www.cbre.com/properties/properties-for-lease/office/details/US-SMPL-31476?view=isLetting>)

2.10.12. GBCI

«Сертификация зеленого бизнеса» (Green Business Certification Inc.) – американская организация, которая обеспечивает стороннюю аттестацию и проверку для нескольких рейтинговых систем, относящихся к искусственной среде. Она была создана сначала как Институт сертификации «зеленого» строительства в 2008 г. при поддержке Совета по экологическому строительству США USGBC-LEED для обеспечения независимого надзора за сертификацией LEED-проектов и процессами профессиональной аттестации.

Полномочия GBCI включают право выдавать сертификаты «Специалист по устойчивому развитию» (Sustainability Excellence Associate, SEA) и «Профессионал в области устойчивого развития» (Sustainability Excellence Professional, SEP). После их получения SEA-специалист по устойчивому развитию, демонстрируя понимание основных концепций устойчивого развития, работает с новичками на рынке «зеленого» строительства, а SEP-специалист, опираясь на передовые знания и обширный опыт в области устойчивого развития, сотрудничает с экспертами. «Зеленые» оценщики оказывают услуги по проверке на месте по рейтинговым схемам LEED BD + C: Homes and Lowrise и LEED BD + C: Multifamily Rating Systems. Они предоставляют услуги проверки, служат связующим звеном между GBCI и проектными группами, содействуют подготовке заявки на сертификацию проекта для рассмотрения уполномоченным лицом по обеспечению качества поставщика жилья по системе LEED.

2.10.13. Green Globes

«Зеленый глобус» (Green Globes) – еще один из инструментов экологической стандартизации, разработанный Американским национальным институтом стандартов ANSI и компанией «Инициатива по экологическому строительству» (Green Building Initiative, GBI), аккредитованной при ANSI, занимающейся снижением негативного воздействия на климат за счет улучшения застроенной среды. Основанная в 2004 г., организация GBI является глобальным поставщиком программ сертификации и оценки Green Globes и федеральных руководящих принципов. В 2011 г. GBI разработало Программу соблюдения руководящих принципов GPC, первую стороннюю программу для проверки соответствия типовой застройки руководящим принципам экологически безопасных зданий.

Green Globes представляет собой веб-программу для руководства и сертификации по экологическому строительству, которая включает оценку на месте третьей стороной. Компания GBI создала стандарт ANSI/GBI-01–2010: «Протокол оценки экологически чистых зданий для коммерческих зданий». Обновленная версия ANSI/GBI-01–2019 получила статус американского национального стандарта и была переименована в «Протокол оценки Green Globes для коммерческих зданий». В 2021 г. GBI начала процесс разработки новейших стандартов. Указанный новый протокол оценки направлен на улучшение общих экологических характеристик и устойчивости коммерческой недвижимости с помощью модулей, поддерживающих новое строительство, существующие здания и их интерьеры. В стандарте акцентируют внимание:

- на снижении эксплуатационных расходов;
- праве на налоговые льготы;
- соответствии государственным нормам;
- привлечении и удержании сотрудников;
- повышении конкурентоспособной собственности (табл. 45).

Таблица 45

Сертификация «зеленого» строительства согласно Green Globes

Сертификация	Баллы (до 1000), %	Описание
1 зеленый глобус	35–54	Твердая приверженность принципам экологической безопасности: эффективности в использовании ресурсов, предотвращению техногенного влияния на окружающую среду, улучшению самочувствия жильцов
2 зеленых глобуса	55–69	Значительная приверженность принципам экологической безопасности
3 зеленых глобуса	70–84	Выдающиеся успехи в продвижении принципов экологической безопасности
4 зеленых глобуса	85–100	Лидерство мирового уровня в продвижении принципов экологической безопасности

В качестве примера глобус-стандарта можно назвать спортивный комплекс под названием Condron Family Ballpark Флоридского университета в Гейнсвилле, получившего 3 глобуса. Стадион демонстрирует оптимиза-

цию энергоэффективности на 42 % по сравнению со стандартным зданием: заказчик взял на себя обязательство приобрести сертификаты возобновляемой энергии для компенсации потребления энергии, материалы внешней и внутренней отделки здания указаны в экологических сертификатах EPD – Environmental Product Declaration – о воздействии продукции или услуги на окружающую среду с учетом ее жизненного цикла, зарядные станции для электромобилей помогают сократить выбросы транспортных средств, помещения оборудованы датчиками присутствия для систем освещения (рис. 34).



Рис. 34. Condron Family Ballpark (г. Гейнсвилл, Флорида).
(Источник: <https://ballparkdigest.com/2022/04/24/new-for-2022-condron-family-ballpark>)

Сертификация Green Globes включает несколько схем оценки проектной документации и застройки:

- «Зеленый Глобус» для оценки новых зданий (Green Globes NC, инструмент для расчета количественных параметров и продвижения решений по обеспечению устойчивости новых проектов, рассматриваются 7 областей экологической оценки);
- «Зеленый Глобус» для оценки наличной застройки (Green Globes EB, применяется собственниками зданий и администраторами по недвижимости для анализа текущих эксплуатационных характеристик сооружений, определения базового стандарта производительности, разработки и внедрения

улучшений, контроля текущих параметров экологической безопасности застройки. Для рейтинга применяются 1000 баллов по шести областям экологической оценки);

- «Зеленый Глобус» – экологически чистый интерьер (Green Globes SI, ключевыми показателями сертификата являются политика и практика устойчивого развития) [166].

Рассмотрим схему Green Globes для существующей застройки (табл. 46).

Таблица 46

**Экологическая оценка зданий в соответствии с Green Globes
для существующих зданий (Green Globes EB)**

Предмет оценки	Описание	Баллы
Энергопотребление	Минимизация потребности в энергии, энергоэффективные решения для систем «правильного размера», использование возобновляемых источников энергии, развитие энергоэффективного транспорта	350
Водопотребление	Приспособления для протока воды и смыва, внедрение водосберегающих функций, улучшение очистки воды за пределами стройплощадки	80
Использование ресурсов, строительных материалов и твердых отходов	Применение материалов с характеристиками минимального воздействия на окружающую среду; поощрение решений по минимизированному потреблению, повторному использованию существующих конструкций, предотвращению истощения природных ресурсов; акцент на прочности здания, адаптивности и разборке; приоритет сокращения, повторного использования и переработки отходов	110
Эмиссия вредных веществ в атмосферу, негативные воздействия стоков и других загрязняющих веществ	Предотвращение загрязняющих эмиссий в атмосферу, разрушения озонового слоя и глобального потепления; обеспечение защиты водных путей и представление технологических решений относительно очистки муниципальных сточных вод; содействие минимизации загрязнений земли и воды, комплексной борьбе с вредителями, мерам по совершенствованию хранения опасных материалов	175

Предмет оценки	Описание	Баллы
Помещения внутри здания	Наличие эффективных систем вентилирования, мониторинг возникновения загрязняющих веществ внутри помещений, создание экологически безопасного дизайна и интегрированных систем освещения, обеспечение теплового и акустического комфорта	185
Экологический менеджмент	Требование следовать документации и программному софту EMS (Event Management Systems, системе управления событиями в реальном времени на конференциях, выставках, фестивалях, корпоративных мероприятиях с целью обеспечить более эффективную работу и надлежащее качество организационного климата), экологически безопасной политике закупок, методам своевременного предупреждения чрезвычайных ситуаций и повышения осведомленности заинтересованных сторон	100
Всего баллов		1000

Как видно из таблицы, на первый план выдвигаются принципы: комплексного проектирования; оптимизации энергоэффективности и водопользования; повышения качества окружающей среды в помещении; предотвращения вредного воздействия материалов на окружающую среду; оценки рисков изменения климата; развития общей организационной культуры бизнеса.

Подобно требованиям LEED, Green Globes дает возможность представителям федеральных агентств обеспечить соответствие целевых показателей предотвращения эмиссий воды, энергии и парниковых газов отраслевым стандартам. Государственным агентствам (Министерству энергетики, Министерству обороны и др.) рекомендуется использовать одну из двух указанных систем сертификации [167]. «Зеленый Глобус» стал национально признанным эталоном оценки, руководства и сертификации в сфере нового строительства, уже существующей застройки и внутренних помещений [168, 169].

2.10.14. Energy Star

Агентство по охране окружающей среды США EPA не имеет собственной программы сертификации «зеленых» зданий, но в сотрудничестве с Министерством энергетики США им был разработан добровольный

стандарт ENERGY STAR. Начиная с 1995 г. программа Energy Star использовалась производителями офисного оборудования и бытовой техники и получила настолько широкое распространение, что фактически преобразовало рынок компьютеров, мониторов, принтеров, копировальных аппаратов, стиральных и посудомоечных машин в сфере обеспечения энергоэффективности. Программа также направлена на продвижение экономичных, актуальных и высококачественных решений по энергоэффективности с упором:

- на тестирование;
- стороннюю проверку;
- проверку соответствия.

Сертификаты доступны для продуктов, домов, коммерческих зданий и промышленных предприятий, каждый из которых имеет определенный набор требований и процедур квалификации.

Более 360 тыс. новых домов в стране получили маркировку Energy Star, сэкономя домовладельцам около 200 млн долл. и устранив примерно 4 млрд фунтов (200 тыс. т) выбросов парниковых газов. По оценкам специалистов, с 1992 г. Energy Star уменьшила расходы американцев на электропотребление как минимум на 430 млрд долл. Только в 2020 г. программа помогла населению сэкономить более 520 млрд кВт·ч и избежать затрат на 42 млрд долл. Эта экономия привела к сокращению выбросов более чем на 400 млн т парниковых газов. За время действия программы каждый доллар, потраченный Агентством по охране окружающей среды на программу Energy Star, составил 230 долл., вложенных американскими предприятиями и домашними хозяйствами в энергоэффективную инфраструктуру и услуги. Energy Star охватывает примерно 95 % домохозяйств во всех 50 штатах.

В 2020 г. коммунальные предприятия по всей стране инвестировали 7,6 млрд долл. в программы повышения энергоэффективности. В 2021 г. более 6 тыс. зданий, из них 90 промышленных предприятий, получили Energy Star, в результате чего общее количество зданий превысило 39 тыс. В среднем здания, сертифицированные по данному стандарту, потребляют на 35 % меньше энергии, чем обычные здания по всей стране. На сегодняшний день построено более 2,3 млн новых домов и квартир, сертифицированных Energy Star, в том числе более 120 тыс. (8,5 % домов в США) только в 2021 г.: они как минимум на 10 % более энергоэффективны, чем дома, построенные в соответствии с нормами, и обеспечивают улучшенное проживание в среднем на 20 %, предоставляя домовладельцам и жителям более высокое качество, производительность и комфорт. Жилая застройка должна быть оборудована полной системой термо-

изоляции, высокоэффективными системами отопления, вентилирования и охлаждения, комплексной технологией управления водными ресурсами, а также энергосберегающим освещением и бытовой техникой [170, 171].

В США строители энергоэффективных домов могут претендовать на льготы и вычеты по федеральному подоходному налогу [172].

Сертификация проводится по ряду направлений, включая новые дома (жилье разных типов), коммерческие здания (банки и финансовые учреждения, здания судов, больницы, гостиницы и мотели, школы, медицинские учреждения, офисы, общежития, розничные магазины, супермаркеты, склады, центры обработки данных, очистные сооружения и т. д.), промышленные предприятия (автосборочные, нефтеперерабатывающие, цементные, фармацевтические заводы и т. д.). В 2021 г. Energy Star подготовила две отдельные программы: по односемейному (SFNC) и многоквартирному новому строительству (MFNC) [173].

В 2023 г. предполагается ввести в действие новый тип сертификации – Energy Star NextGen Certified Homes and Apartments. Эта новая сертификация использует базовый уровень сертификации Energy Star для односемейных и многоквартирных домов с дополнительными требованиями, такими как водонагреватели с тепловым насосом и возможность зарядки для электромобилей [174].

Рейтинговая шкала Energy Star в 100 баллов позволяет измерять характеристики энергоэффективности строительных проектов, офисов, предприятий, сравнивая их с нормами несертифицированных объектов на основе среднего показателя по стране. Получившие 75 или более баллов здания сертифицируются Energy Star, что означает: они работают лучше, чем 75 % аналогичных сооружений по всей стране. Для оценки применяется Portfolio Manager – автоматизированный онлайн-инструмент сравнительного анализа – при условии загрузки данных о площади в квадратных метрах, еженедельных часах работы, энергопотреблении за 12 мес. подряд. Онлайн-сервис позволяет отслеживать и оценивать потребление энергии и воды для всего портфолио зданий, т. е. устанавливать инвестиционные приоритеты, выявлять неэффективные здания, проверять повышение эффективности. Данная оценка учитывает различия в условиях эксплуатации, региональные погодные данные и другие важные факторы. Сертификация проводится ежегодно и проверяется третьей стороной, поэтому здание должно поддерживать свои высокие эксплуатационные характеристики из года в год. Информация, представленная в заявке на сертификацию, должна быть проверена лицензированным

профессиональным инженером PE или зарегистрированным архитектором RA, чтобы иметь право на утверждение. Специалисты должны обладать практическими знаниями строительных систем и самой последней версии стандарта ASHRAE Std 55, ASHRAE Std 62 и руководства по освещению IESNA.

Energy Star взаимодействует с другими федеральными программами и ресурсами Агентства по охране окружающей среды: EPA сенсоры воды, EPA качество воздуха внутри помещения, EPA готовые дома с возобновляемыми источниками энергии, DOE готовые дома с нулевым энергопотреблением (DOE Zero Energy Ready Home), ипотечные кредиты по эффективному энергопотреблению. Что касается DOE готовых домов с нулевым энергопотреблением, то Министерство энергетики США DOE (Department of Energy) определяет дом с нулевым потреблением энергии как «дом с высокими эксплуатационными характеристиками, который настолько энергоэффективен, что система возобновляемых источников энергии может компенсировать всю или большую часть его годового потребления энергии». Готовые дома с нулевым энергопотреблением DOE спроектированы в соответствии с высокими стандартами производительности.

Рейтинги Energy Star сравнивают с другими системами рейтинга экологически чистой энергии и системами сертификации экологически чистых зданий (например, MiQ или LEED). Более того, они были включены в некоторые стандарты экологически чистых зданий, такие как LEED для существующих зданий. Ряд программ Energy Star реализуется в Канаде, Тайване, Японии, а также в странах Европейского союза [175].

2.10.15. Living Building Challenge

Рейтинг «Инициатива Живого Здания» LBC представляет собой международную программу сертификации экологического строительства, ее также называют «Манифестом под видом стандарта производительности» [176]. Она создана в 2006 г. организацией под названием «Международный институт будущего жизни» (International Living Future Institute, ILFI) с целью продвижения передовых стандартов устойчивости в строительстве и разработок биопозитивной застройки. На разработку Challenge повлияли идеи дизайнера Джейсона Ф. Макленнана, известного деятеля экологичного строительства. Он является основателем и нынешним членом правления ILFI и Совета по экологическому строительству Cascadia (Cascadia Green Building Council), входящего в состав Совета по экологическому строительству США USGBC

и Совета по экологическому строительству Канады CAGBC. Кроме того, он разработал Pharos, передовую систему оценки строительных материалов; Declare, ярлык раскрытия информации об ингредиентах строительных продуктов; известные в мировой строительной индустрии программы Living Community Challenge и Living Product Challenge.

Методология LBC восходит к проекту EpiCenter в Боузмоне, штат Монтана, в середине 1990-х гг. Во время исследований для проекта Макленнан начал концептуализировать программу «живого здания», постепенно превратив ее в систематизированный стандарт, не похожий на LEED. Макленнан отмечал несовершенство LEED. У этой системы – лишь благие намерения. Ее исходная посылка о том, что вся планета представляет собой один биоклиматический регион, неверна. Еще один серьезный недостаток – в ней нет анализа жизненного цикла проекта.

В октябре 2010 г. первые «живые здания» были официально сертифицированы ILFI. Два коммерческих здания соответствовали требованиям производительности всех лепестков в версии 1.3 стандарта, а один жилой проект получил признание за выполнение необходимых требований четырех лепестков. К началу 2012 г. более 100 проектов находились либо в стадии строительства, либо первого года эксплуатации, либо были полностью сертифицированы как «живые здания».

Макленнан пришел к выводу, что современная массовая застройка отрицает фундаментальную природу живых существ, забывая, что все живое существует только в активных отношениях с другим живым сущим, включая природу.

Экономика сводит заботливые человеческие отношения к бездушному финансовому обмену, наше физическое пространство структурировано вокруг зданий и самостоятельных транспортных систем, отгораживающих нас друг от друга и от природы. В изоляции от природы человек стремится доминировать и контролировать, а не работать с природными процессами воспроизводства.

По мере того как достижение подлинной экономической эффективности и снижение нагрузки на биосферу становятся актуальными требованиями, все больше о себе дает знать взаимозависимость людей и их связь с местом, где проходит жизнь. В какой степени наше счастье и благополучие зависят от активного участия в продуктивном живом сообществе? Этот вопрос наводит на размышления о «зеленом евангелии», идее полностью самоподдерживающихся структур; продуктах искусственной среды, которые

возвращают, а не берут ресурсы из своего естественного окружения, и делают это в духе любви и красоты.

LBC призывает к созданию зданий с нулевым потреблением энергии, воды и отходов; состоящих из нетоксичных, экологически чистых материалов; с красивой и вдохновляющей архитектурой. Программа значительно поднимает планку эффективности здания. Из крупнейших проектов, которые когда-либо проходили сертификацию с помощью LBC, пять – это рабочие комплексы компании Google, включая новейший офис в г. Саннивейле, Калифорния (рис. 35).



Рис. 35. Новейший офис Google в г. Саннивейле (237, Moffett Park Drive). Регенеративный дизайн производственного помещения, построенного в 1960-х гг. (Источник: <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/living-building-challenge-2022>)

Сначала LBC в качестве партнера Google по устойчивому развитию предложила использовать более качественные материалы для создания максимально здоровой внутренней среды. В 2015 г. компания получила сертификат LBC Materials Petal Certification от ILFI. Затем сотрудничество Google с LBC приобрело масштабное измерение: комплексы Charleston East (площадь 600 тыс. кв. футов) и Bay View (1,1 млн кв. футов) в Силиконовой долине

были представлены к сертификации по данному протоколу. Наконец, здание кампуса Google в Саннивейле – 237 Moffett Park Drive (237 MPD) (250 тыс. кв. футов) – также крупнейший проект реконструкции и третий по величине объект в мире, когда-либо сертифицированный ILFI. Здание 237 MPD получило четыре из семи лепестков и платиновую сертификацию LEED v.4.

Здание было построено в 1960-х гг. и первоначально позиционировалось как научно-исследовательский центр для одной из первых в мире фирм по производству суперкомпьютеров. Регенеративный дизайн позволил создать Oculus, огромное отверстие, прорезающее крышу и структуру здания, которое наполняет интерьер естественным светом и обзорами. Были сохранены все еще функционирующие компоненты оригинальных механических систем. Внутренние двери сделаны из шпона дубов, спасенных от пожаров в комплексе Мендосино в 2018 г. В общей сложности 3400 т отходов (или 91 % от общего количества) было вывезено со свалки. За пределами здания территория была спроектирована с влажными лугами в низинах и местными дубами на возвышенностях, чтобы отразить историческую экологию региона, обеспечить среду обитания для диких животных и снизить потребность в воде. В 237 MPD установлены инновационные системы устойчивого развития. В общей сложности 5000 солнечных панелей покрывают 91 % расчетного годового спроса на энергию. Helios, интерактивная световая скульптура, представляет цели здания, связанные с чистой нулевой энергией, показывая данные об энергопотреблении здания в реальном времени. Кроме того, собираемая и хранящаяся дождевая вода снижает питьевую потребность для смыва в туалетах на 30 %, а потребность в ирригации на 100 % удовлетворяется за счет оборотной воды, поставляемой муниципалитетом. Все эти конструктивные особенности способствует благополучию работников компании [177].

Еще один комплекс, сертифицированный по системе LBC, – Центр устойчивого ландшафта CSL. Он известен как самое «зеленое» сооружение в мире. Являясь образовательным, исследовательским и административным центром исторического места – Консерватории и ботанического сада Фиппса в парке Шенли (Питтсбург), здание (площадью 24 тыс. кв. футов) демонстрирует единство искусственной и природной среды, глубинную зависимость здоровья человека от состояния экосистем. Центр производит всю собственную энергию и очищает все ливневые и санитарно-технические воды, собранные на месте (рис. 36).



Рис. 36. Центр устойчивого ландшафта CSL – самое «зеленое» здание в мире, соответствует семи престижным экологическим сертификатам. (Источник: <https://www.phipps.conservatory.org/visit-and-explore/explore/online-tour/center-for-sustainable-landscapes>)

Это единственное здание, которое соответствует семи известным в мире экологическим сертификатам: Living Building Challenge, LEED Platinum, WELL Building Platinum, Zero Energy Certification, SITES Platinum, Fitwel 3 Star и BREEAM Outstanding.

К примеру, CSL получил более 90 % баллов в каждой из категорий BREEAM, в том числе: «Землепользование», «Материалы», «Энергия и вода»,

«Здоровье и благополучие» и «Загрязнение окружающей среды». Эти результаты отражают высокую степень подготовки документации в таких разделах оценки, как реабилитация заброшенных территорий, управление стихийными бедствиями, устойчивые закупки, нулевая чистая энергия, чистая нулевая вода, а также приверженность Phipps сохранению биоразнообразия.

Стандарт LBC отличается от других схем добровольной «зеленой» сертификации, таких как LEED или BREEAM. Он способствует созданию регенеративной застроенной среды, побуждая архитекторов, подрядчиков и владельцев зданий обращать внимание на «живые» биопозитивные здания, функционирующие так же чисто, красиво и эффективно, как сама природа. В данном смысле цветы являются определенным подобием действительно регенеративного здания, которое получает свою энергию от солнца, питательные вещества из почвы и воду с неба. Цветочная метафора выбрана основателями стандарта неслучайно. Подобно цветку, здания одновременно являются домами для других организмов и поддерживают окружающую экосистему. Они также украшают природные ландшафты, служат источником вдохновения, выступают формой приспособления к внешним условиям. Семь лепестков, изображенных на эмблеме LBC, символизируют семь рейтинговых категорий: место, воду, энергию, здоровье и счастье, материалы, равенство, красоту.

Сертификация LBC – чрезвычайно строгая программа, признанная движением «Зеленое проектирование – строительство» самым вдохновляющим и устойчивым стандартом в мире [178]. Она основана на фактической, а не смоделированной или ожидаемой производительности здания, иначе говоря, проекты должны находиться в эксплуатации не менее 12 месяцев подряд до проведения оценки. Протокол LBC применим к любым типам застройки: от новых зданий до объектов реконструкции. Типы проектов, которые могут быть сертифицированы, включают: новые и существующие здания, односемейные и многоквартирные жилые дома, административные (государственные, образовательные, исследовательские, религиозные), коммерческие (офисы, гостиницы, магазины), медицинские и лабораторные здания.

LBC предусмотрено несколько схем, удостоверяющих качество экологического строительства.

1. «Живая сертификация» (Living Certification) предназначена для проектов, стремящихся к высочайшему уровню устойчивости и регенеративного дизайна. Претенденты на получение данной аттестации должны учесть назначенные LBC 20 требований, разделенных по семи «лепесткам» (табл. 47).

Таблица 47

Характеристика «лестников» и требований к проектам, Living Building Challenge 4.0

«Лестники»	Требования	Новое здание	Существующее здание	Интерьер	Ландшафт + инфраструктура
Место	01. Экология места	Все императивы обязательны	Зависит от цели	Не требуется	–
	02. Городское сельское хозяйство, переход по шкале		–	Не требуется	Не требуется
	03. Обмен средой обитания		–	–	–
	04. Человеческая жизнь, переход по шкале		Зависит от цели	Зависит от цели	Не требуется
Вода	05. Ответственное использование воды, переход по шкале		–	Зависит от цели	–
	06. Чистая положительная вода, переход по шкале		–	Не требуется	–
Энергия	07. Энергия + сокращение выбросов CO ₂ , переход по шкале		–	Зависит от цели	–
	08. Чистая положительная энергия, переход по шкале		–	–	–

Здоровье и счастье	09. Здоровая внутренняя среда		–	–	Не требуется
	10. Качество здорового интерьера (healthy interior performance)		–	–	Не требуется
	11. Доступ к природе		–	–	Не требуется
Материалы	12. Ответственные материалы		–	–	–
	13. Красный список		–	–	–
	14. Ответственная промышленность (responsible sourcing)		–	–	–
	15. Живая экономика (living economy sourcing)		–	–	–
	16. Чистые положительные отходы (net positive waste)		–	–	–
Равенство	16. Универсальный доступ		Зависит от цели	Зависит от цели	Зависит от цели
	17. Включение (inclusion)		–	–	–
Красота	19. Красота + биофилия		–	–	–
	20. Образование + вдохновение		–	–	–

2. Если проектировщики хотят глубже погрузиться в одну конкретную проблемную область, то им предстоит подать заявку на Petal Certification с ключевыми требованиями по «лепесткам» воды, энергии, материалов: 06, 08, 13, 14, 15, 16. Таким образом, конкретное сочетание стратегий и технологии остается на усмотрение команды дизайнеров.

3. Сертификация «Основное зеленое строительство» (Core Green Building Certification. Core Certification) предназначена для проектов, которым требуется удостоверение высоких требований. При этом заявленные характеристики должны соответствовать не всем, а всего лишь десяти основным императивам (01, 04, 05, 07, 09, 12, 16, 17, 19, 20) – до двух на «лепесток» – и подтвердить эффективность водопользования и энергопотребления в течение 12 месяцев.

4. Сертификация «Нулевая энергия» (Zero Energy, ZE) служит для аттестации проектов с чистым нулевым энергопотреблением за счет производства возобновляемой энергии на месте, т. е. 100 % потребностей здания в энергии в годовом исчислении должны обеспечиваться за счет возобновляемых источников энергии на месте без сжигания.

5. Сертификация «Нулевой углерод» (Zero Carbon, ZC) охватывает проекты, в которых проектировщики с помощью инноваций в области энергии и материалов стремятся предотвратить негативные изменения климата. Данная сертификация требует, чтобы 100 % рабочего энергопотребления были компенсированы новыми возобновляемыми источниками энергии на месте или за его пределами, а также целевого уровня энергоэффективности и снижения содержания углерода в первичных материалах проекта. Кроме того, 100 % воздействия выбросов углерода в ходе строительства тоже должны быть возмещены.

Стандарт LBC опирается на работу компании Duany Plater-Zyberk & Company, создавшей модель New Urbanism Transect для категоризации сельских и городских районов в аспекте обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития, ориентированного прежде всего на благоприятные условия проживания людей, а не на транспортную инфраструктуру. Речь идет о модели шести природно-искусственных зон (трансектов). Дело в том, что каждой экосистеме необходимо постоянное и достаточное поступление энергии для сохранения сложных внутренних связей, без чего невозможно избежать энтропии, иначе говоря, рассеивания энергии в пространстве без перехода ее в полезную для природных организмов работу по обмену веществ. Зонирование учитывает процессы экологического дублирования, направленные на обеспечение нормального протекания энергии по

всем пищевым цепочкам экосистемы, без негативных процессов со стороны техногенеза. Отметим их:

- зона «сохранение среды обитания» (natural habitat preserve) состоит из земель, отведенных в качестве природного заповедника или определенных как дикие земли или уязвимые экологические места обитания. Их нельзя развивать, за исключением обстоятельств по сохранению ландшафта;
- «сельская» зона (rural zone) состоит в основном из земель, которые используются для развития сельского хозяйства и производства продуктов питания в отдаленных деревнях, районах и малых городках;
- зона «деревни или кампусы» включает многофункциональную застройку с относительно низкой плотностью населения в деревнях, кампусах колледжей или университетов, городах с низкой плотностью;
- «общая городская» зона – это место застройки с малой и средней плотностью в крупных деревнях, небольших городах или на окраинах крупных городов;
- «центр» городской зоны – этот сегмент застройки является средним и высоким по плотности, расположен в малых и средних городах или первом «кольце» крупного города;
- «городская центральная» зона смешанного использования с высокой и очень высокой плотностью в крупных городах и густонаселенных мегаполисах.

Способность саморегуляции – важная характеристика «живого здания». Стандарт LBC ориентирует проекты на выработку собственной энергии, сбор своей воды и переработку отходов. В зависимости от технологий оптимальный масштаб застройки может варьироваться с учетом воздействия на окружающую среду, первоначальных затрат и эксплуатационных расходов. Чтобы справиться с проблемами, LBC ввело опцию «переход по шкале» (Scale Jumping: 02, 04, 05, 06, 07, 08), позволяющую нескольким проектам совместно использовать «зеленую» инфраструктуру по мере необходимости и наиболее эффективным образом.

Разработчикам важно соблюсти полное соответствие проекта всем императивам, предъявляемым к выбранной типологии. Сертификация Living Building Challenge 4.0 требует соблюдения семи «лепестков». Рассмотрим каждый из них [179].

«*Лепесток*» *места*. Выбор места позволяет проектировщикам проанализировать расположение объекта и воздействие, которое оно окажет на природную среду и общество до начала строительства и во время эксплуатации.

Место застройки должно быть использовано для создания гармоничного сообщества, ориентированного на пешеходов, защиту и восстановление существующего биогеоценоза, поощрение благоприятного уровня плотности городской застройки.

Целью подготовки участка под строительство является защита «диких» и экологически значимых мест, поощрение «зеленой» регенерации, улучшение функционирования сообществ и площадок, где строятся здания. Все проекты должны избегать разработки нетронутой целины, территорий девственной природы, лучших сельскохозяйственных угодий и пойменных экотопов. Застройка должна сохранять процветающую яркую экологическую среду. Проектные группы должны задокументировать условия участка и социальные последствия до начала работы, включая определение «эталонной среды обитания». Претенденты на сертификацию должны продемонстрировать положительный вклад в экологию своего места, конкретные решения восстановить здоровый «зеленый» фон или улучшить характеристики экологической безопасности участка. Сооружение должно быть спроектировано таким образом, чтобы оно созревало, развивалось и имитировало функциональность «эталонной среды обитания» в соответствии с данными проекта. В сертификационной заявке должны быть оценены факторы культурного и социального равенства, общественные потребности, дано обоснование решений по проектированию и процессу строительства. Запрещается использовать химические удобрения или пестициды в ходе эксплуатации и ухода за ландшафтом на территории, предоставленной проектом. То же самое относится и к городскому сельскому хозяйству, ведение которого является одним из условий рассмотрения предложенных вариантов «зеленого» строительства.

Императивы «лепестка» (экология места, городское сельское хозяйство) направлены на то, чтобы повысить возможности снабжения жителей свежими продуктами местного производства. Дизайнеры должны выделить часть проектной площади под выращивание сельскохозяйственных культур, а также спланировать еженедельный непосредственный доступ сообщества жильцов к здоровой местной пище, поставляемой через фермеров, рынки, программы общинного сельского хозяйства (community-supported agriculture, CSA) или других местных производителей продуктов питания.

Требование «обмена средой обитания» состоит в том, чтобы защитить экосистему для других видов и сохранить биоразнообразие, поскольку биосфера все больше и больше подвергается негативному воздействию антропогенеза. С этой целью необходимо выделить участок, равный площади застройки за ее пределами, на неограниченный срок через организацию Land

Trust или программу Habitat Exchange Program. Жилые проекты должны продемонстрировать решения, связанные с хранением как минимум двухнедельного запаса продуктов питания. Всем остальным проектам следует обеспечить доступ к еде для 75 % жильцов FTE в течение как минимум трех дней во время чрезвычайной ситуации (табл. 48).

Таблица 48

Процент от общей проектной площади для сельского хозяйства

Путь 1. Только сельское хозяйство	Путь 2. Сельское хозяйство + доступ к продовольствию
5	2 % + недельный доступ
20	10 % + недельный доступ
15	7 % + недельный доступ
10	5 % + недельный доступ
5	2 % + недельный доступ
2	0 % + недельный доступ

Отметим, что FTE (Full-Time Equivalent – показатель измерения рабочего времени: количество часов работы, которое сотрудник выполняет за определенный период времени в сравнении с полным рабочим днем) является эквивалентом полной занятости жителей здания на основе стандартного 8-часового периода занятости. Для 8-часовой занятости значение FTE равно 1,0, а для жильца, работающего неполный рабочий день, значение FTE основано на количестве часов в день, деленном на 8. Еще один императив места «человеческая жизнь» ставит задачу планирования пешеходных зон и ориентированных на пешеходов сообществ, сокращения пространства для использования транспортных средств с вредными выхлопами, сокращающих запасы ископаемого топлива. Все проекты (кроме жилых домов на одну семью) должны:

- определить масштаб постройки, подходящий для заданного района;
- продемонстрировать в дизайне более человечную и интегрированную среду, которая не делает людей одинаковыми, а учитывает различия и реагирует на них;

- обеспечить жильцам места для сбора и общения с местным населением;
- запланировать достаточное безопасное, защищенное от непогоды место для хранения транспортных средств (велосипедов) и объектов (душевые и шкафчики);
- предусмотреть не менее двух станций зарядки электромобилей;
- минимизировать сплошную наземную парковку;
- гарантировать, что любая наземная парковка больше 20×30 м будет разделена озелененными участками;
- сократить поездки на одноместных транспортных средствах (single-occupancy vehicle, SOV, частный автомобиль, единственный пассажир которого – водитель), работающих на ископаемом топливе, на 30 % по сравнению с установленным базовым уровнем, соответствующим региону проекта и типу использования, или внедрить как минимум четыре из следующих передовых практик:
 - пешеходные маршруты, включая защиту от непогоды на фасадах улиц;
 - внедрение механизированного и общественного транспорта;
 - транзитная субсидия для всех жильцов проекта;
 - доступ к субсидируемому каршерингу и/или к гибридным или электромобилям;
 - регулярный опрос пассажиров для определения текущих поездок SOV на ископаемом топливе, чтобы оценить, как жильцы могут уменьшить свое транспортное воздействие за счет совместного использования автомобилей, использования общественного транспорта, транспортных средств на альтернативном топливе или велосипедов.

«Лепесток» воды. Он указывает на возможную нехватку воды. Здание должно быть спроектировано таким образом, чтобы использовать только то количество воды, которое может быть собрано на месте, и очищать воду без использования химикатов. В проектах, достигающих этого «лепестка», часто используются цистерны для сбора дождевой воды, системы сточных вод или замкнутый цикл, сухие туалеты, связанные с компостированием, и другие методы сокращения и повторного использования воды, т. е. сооружение должно функционировать в рамках водного баланса определенной местности и климата.

Данный «лепесток» призван изменить отношение людей к воде, дать конкретное решение проблемы энергии и химических веществ, связанных с транспортировкой, очисткой и перекачкой воды; по-новому определить процесс использования и передачи энергии и оценить «сточные воды» как

ценное питательное вещество и ресурс. Нехватка воды является серьезной проблемой, так как многие страны мира сталкиваются с серьезной нехваткой и ухудшением качества воды из-за глобального изменения климата. Даже регионы, которые на сегодняшний день избежали большинства этих трудностей благодаря изначальному наличию обильных запасов пресной воды, находятся в опасности. Последствия изменения климата непредсказуемы. Крайне неустойчивые модели водопользования и продолжающееся истощение основных водоносных горизонтов ради максимального увеличения продуктивности сельскохозяйственных и промышленных комплексов привели к неблагоприятным внешним нарушениям (засухе, болезням, опустыниванию и т. д.). Системы замкнутого цикла, основанные на имеющихся ресурсах, с локальной очисткой могут помочь смягчить эти проблемы и создать более устойчивое будущее, чтобы противостоять энтропии.

Идеальные условия для проекта изложены в требованиях «ответственное пользование водой» и «чистая вода»: сбор достаточного количества воды для удовлетворения потребностей населения при соблюдении естественной гидрологии земли и повторный цикл использования стоков. В настоящее время такая практика часто считается незаконной из-за норм здравоохранения, землепользования и строительных норм, которые были приняты именно из-за расточительности людей, не контролировавших должным образом качество и расход воды. Таким образом, достижение идеала водопользования означает отказ от устаревших подходов и технологий, обращение с водой как с ценным ресурсом, минимизация отходов и использование питьевой воды, не загрязняя ее.

В проектах питьевая вода не должна использоваться для орошения, и нормы ее потребления должны быть меньше базовых региональных расчетов в зданиях того же типа: для новых зданий – на 50 %, существующих зданий и интерьеров – на 30 %. В проектах доступного жилья может использоваться ручная подача воды в пределах водораздела в сочетании с эффективностью проекта для достижения целей экономии воды. Все ливневые стоки должны быть очищены на месте с помощью естественных или механических средств и без химикатов на основе гидрологии до начала строительства, а также необходимо предусмотреть задержку ливневых вод и избегать стоков за пределы участка.

«Лепесток» энергии. Сегодня здания потребляют больше энергии, чем любой другой вид потребления. Большая часть энергии, вырабатываемой для зданий, поступает из экологически разрушительных и часто политически дестабилизирующих источников, включая уголь, газ, нефть и ядерную энергию. Крупномасштабная гидроэнергетика, хотя по своей природе более

чистая в производстве, создается за счет повсеместного нарушения экосистем. Сжигание древесных гранул и другой биомассы может привести к выбросам в атмосферу твердых частиц и двуокиси углерода (CO_2) с негативным воздействием на здоровье населения и на земли, отведенные для производства продуктов питания, лишая почву возможностей восстановления плодородия и столь необходимого повторного использования питательных веществ. Совокупный антропогенный эффект энергетической инфраструктуры становится все более несостоятельным и экологически бесперспективным, поскольку постоянно увеличивающиеся выбросы углерода приводят к изменениям климата, угрожающим безопасности и процветанию сообществ по всему миру. Создание новых децентрализованных источников возобновляемой энергии позволит проектам работать круглый год устойчивым и экологически чистым способом без расточительных расходов энергии, ресурсов и капитала. Хранение энергии в виде аккумуляторов и инновационных материалов также позволит проектным командам более эффективно использовать энергию, собранную на месте, и способствовать поэтапному отказу от краткосрочных потребностей в сжигании энергии в рамках коммунальной сети. Все проекты должны обеспечить снижение общего чистого годового потребления энергии (после учета возобновляемой энергии на месте) по сравнению с типовыми характеристиками. Сжигание должно быть ограничено (табл. 49).

Таблица 49

Требования к сжиганию по категориям проектов

Инструменты достижения показателей	Категории проектов		
	Новое здание	Существующее здание	Интерьер
Требования к энергоэффективности	70 % снижение по сравнению с эквивалентным базовым уровнем здания	50 % снижение по сравнению с эквивалентным базовым уровнем здания	35 % снижение по сравнению с аналогичным базовым уровнем здания
Лимиты по сжиганию	Не разрешено (за исключением существующих исключений)	Разрешено для систем СОВКВ (HVAC), которые не входят в объем проекта. Требуется план поэтапного отказа	
Возобновляемые источники энергии	Должны присутствовать на месте, чтобы учитывать указанную эффективность		

Во всех проектах необходимо измерять используемую энергию. Новые или существующие строительные здания должны демонстрировать 20%-ное снижение содержания углерода в первичных материалах по сравнению с эквивалентным базовым уровнем. Все варианты строительства (кроме «Ландшафт + инфраструктура») должны выбирать материалы для интерьера с меньшим углеродным следом, чем в среднем по отрасли, с легкодоступными данными об углероде. Базовые показатели проектировщики устанавливают с помощью таких инструментов, как Zero Tool, World Bank EDGE и других цифровых платформ.

Императив «чистая положительная энергия» способствует развитию и использованию безуглеродных возобновляемых источников энергии, избегая при этом негативных последствий использования ископаемого топлива, в первую очередь выбросов или сжигания, способствующих глобальному изменению климата. Общие выбросы углерода в результате строительства должны учитываться в стратегии уменьшения загрязнения экосистемы за счет единовременной покупки углеродной компенсации (посредством получения соответствующего сертификата, посадки зеленых насаждений и т. д.). Очевидно, что энергетика, являясь главным источником углеродного «следа», должна стремиться к нейтральности по отношению к выбросам CO₂. Стать нейтральным означает изымать из атмосферы больше углекислого газа, чем производить; измерять углеродный «след» и использовать возобновляемые источники энергии на месте. В частности, по стандарту предложено разработать и внедрить стратегию обеспечения устойчивости, чтобы сделать здание пригодным для проживания в течение одной недели в случае стихийного бедствия.

«Лепесток» здоровья и счастья связан с мерами по улучшению здоровья, таких как качество воздуха в помещении, температурный и зрительный комфорт, интеграция природы для повышения качества здоровья и производительности человека. В проектах часто используются биопозитивный дизайн, естественное освещение, открывающиеся окна и другие приемы благоприятного воздействия интерьеров на здоровье и эмоциональную атмосферу пользователей. Исследования показывают, что связь с природой напрямую влияет на продуктивность людей, их творчество и способность противостоять стрессу. Обеспечение здоровой окружающей среды зависит не только от того момента, когда здание эксплуатируется, но и требует постоянного контроля и гарантии, что изменения в системах жизнеобеспечения с течением времени не ухудшат здоровье людей.

Императивы данного «лепестка» (9, 10, 11) нацелены на обеспечение хорошего качества воздуха в помещении и здоровой внутренней среды для будущих жильцов. Все проекты должны соответствовать текущей версии ASHRAE Std 62.1 – «Вентиляция для приемлемого воздуха в помещении» или международному эквиваленту; нужно запретить курение; разработать план создания здоровой внутренней среды в соответствии с типом здания и местоположением; обеспечить вид на улицу и дневной свет для 75 % постоянно занятых помещений; прямую вытяжку из кухонь, ванных комнат и хозяйственных помещений.

«Лепесток» *материалов*. Критерии продукции с низким содержанием летучих органических соединений (ЛОС) включены в большинство американских систем рейтинга «зеленых» зданий, кодексов и программ закупок. В настоящее время отсутствует координация между многими стандартами, кодексами и спецификациями, нет четких указаний по установлению заявлений о продуктах и анализа неопределенности для всего процесса. В США не существует государственной или частной организации, которая руководила бы разработкой требований к выбросам ЛОС или устанавливала общий набор принципов и методов для обозначения соответствующих продуктов. Из-за этого существуют различия в требованиях и значительное непонимание и путаница среди заинтересованных сторон в отношении того, что составляет соответствие. LBC использует стандартный метод CDPH Департамента общественного здравоохранения Калифорнии (California Department of Public Health, CDPH) версии 1.1–2010 (или международный эквивалент) для 90 % материалов, которые могут выделять ЛОС после отделки внутренних помещений. Метод CDPH требует расчета измеренных скоростей выбросов в виде концентраций в заданных эталонных помещениях. Требования довольно жесткие: учитывается содержание ЛОС, скажем, не только в банке краски, но и в покрашенных поверхностях с моделированием соответствующих условий. Также определяется ЛОС в жидких материалах, наливных полах, плитках, ковровых покрытиях, тепло- и звукоизоляции, отделке стен, остеклении, дверях, минеральной вате, мебели, открытой планировке и т. д. LBC рекомендует внедрять протокол очистки, по которому применяются чистящие средства, соответствующие добровольной маркировке EPA Safer Choice (Безопасный выбор Агентства по охране окружающей среды США) или международному эквиваленту, например Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химикатов, GHS).

Современные здания включают в себя высокотоксичные материалы, которые представляют опасность для их жителей, а также для людей и сообществ, которые их производят. Безответственная добыча сырья и бесконтрольное разрастание городов угрожают исчезновением бесчисленному количеству живых видов. Рабочие, получающие нестандартную заработную плату, субсидируют «дешевые» материалы из глобальных источников. LBC в подборе материалов (императивы 12–16) сосредоточена на отказе от использования строительных материалов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей. К такого рода воздействиям относятся загрязнение, истощение ресурсов, потеря среды обитания, вырубка лесов, использование токсичных химикатов, высокое потребление энергии. Примеры запрещенных материалов включают очевидные элементы, такие как асбест и мышьяк (при изоляции и обработке пиломатериалов под давлением). В других материалах, таких как поливинилхлорид (для водопроводных и электрических труб), вредное воздействие не так очевидно. Цель сертификации состоит в том, чтобы подтолкнуть строительную отрасль к прозрачности принятых решений и документации, преобразовать методы добычи и производства строительной продукции, помочь создать нетоксичную, экологически безопасную и регенеративную экономику материалов. Стандарт требует от проектов избегать всех веществ, занесенных в «Красный список» Red List (777 отдельных химикатов), а также декларировать о них всю информацию. Еще одна цель – выбрать материалы, которые не только «менее вредны» для окружающей среды, но и являются регенеративными и обладают свойствами возвращаться в экосистему.

Примером могут послужить деревянные изделия с уменьшенным углеродным следом и вместе с тем эстетически привлекательные для жителей здания. Кроме того, согласно LBC, должен быть разработан план по управлению сохранением материалов путем вторичной их переработки, отслеживая источники местонахождения запланированных поставок и применяя продукты с Declare ILFI – этикетками, которые соответствуют требованиям ведущих стандартов экологического строительства, включая сертификаты Core Green Building, LEED и WELL. Соответствие продукта Красному списку LBC представлено на этикетке Declare.

Инструмент Declare проверяет ингредиенты продукта непосредственно на соответствие указанному списку, избавляя проектные группы от трудной задачи проверки продуктов вручную. «Красный реестр» содержит «худшие в своем классе» материалы, химические вещества и элементы, представляющие

серьезную опасность для здоровья человека и экосистемы в целом (асбест, кадмий, хлорированный и хлорсульфированный полиэтилен, хлорфторуглероды (ХФУ), хлоропрен (неопрен), формальдегид, галогенированные антипирены, гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), ртуть, нефтехимические удобрения и пестициды, фталаты, поливинилхлорид (ПВХ), креозот, мышьяк, пентахлорфенол и др.).

Существуют три статуса декларации:

- продукты с маркировкой LBC RED LIST FREE раскрывают 100 % ингредиентов, присутствующих в конечном продукте на уровне 100 частей на миллион (0,01 %) или выше, и не содержат никаких химических веществ из Красного списка;
- продукты, одобренные LBC RED LIST, раскрывают как минимум 99 % ингредиентов, присутствующих в конечном продукте, и соответствуют императивным требованиям LBC Red List Approved за одним или несколькими утвержденными исключениями;
- заявленные продукты раскрывают 100 % ингредиентов, присутствующих в конечном продукте, но содержат одно или несколько химических веществ из Красного списка.

Все проекты должны положительно влиять на рынок строительных материалов, отвечая следующим критериям выбора материалов:

- проект должен содержать один продукт с маркировкой Declare на 200 м² общей площади здания или площади проекта, до 12 различных продуктов от пяти производителей. Все остальные производители продуктов, которые в настоящее время не находятся в Declare, должны как минимум получить письмо с просьбой раскрыть свои ингредиенты и указать любой контент из Красного списка;
- все проекты (кроме жилых) должны включать один продукт, сертифицированный в рамках конкурса Living Product Challenge;
- 50 % изделий из древесины должны быть сертифицированы FSC, утилизированы или заготовлены на месте либо с целью расчистки территории для строительства, либо для восстановления или поддержания постоянной экологической функции участка. Остальное должно быть из источников с низким уровнем риска;
- 20 % или более бюджета строительных материалов должны быть использованы для оплаты услуг фирм-поставщиков, расположенных в пределах 500 км от строительной площадки;

- проект должен отводить 80 % строительных отходов от полигона и создавать специальную инфраструктуру для сбора вторсырья и компостируемых пищевых отходов во время проживания.

В дополнение к Красному списку LBC этикетка Declare демонстрирует соответствие другим требованиям в рамках сертификации Living Building Challenge и Core Green Building Certification, а также сертификатов LEED и WELL. Эти требования включают пороги раскрытия информации об ингредиентах, содержание и выбросы ЛОС, воплощенный углерод и ответственные источники, включая цепочку поставок FSC [180].

«Лепесток» равенства. С самого начала человеческий фактор играет ключевую роль в принятии планировочных и проектных решений, подготовленных к LBC-сертификации. В этой связи «лепесток» равенства призван изменить мышление общества. Право собственности позволяет владельцам нейтрализовать негативное воздействие окружающей среды на членов сообщества. Это делается путем создания пространств, где люди всех способностей, возраста, экономического положения, инвалиды имеют равный доступ к природным благам. Также требуется, чтобы проект не препятствовал доступу другого участка к солнечному свету, свежему воздуху и чистой воде.

«Лепесток» красоты связан с требованиями представлять в проектных решениях вдумчивые разработки по украшению застройки и природной среды. Хотя красота определяется субъективно и в определенных рамках оценки, тем не менее она должна быть целью усилий проектировщиков, вдохновлять их улучшать жизнь жильцов, соседей и посетителей, не жертвуя человеческим благополучием ради высокой производительности.

Сложная цель улучшения благополучия для всех может быть решена на основе следующих факторов устойчивого развития:

- делать больше с меньшими затратами – повышать производительный потенциал человека за счет использования новых, «передовых» технологий; переосмысливать наш подход к технологиям и дизайну с позиций принципов биомимикрии и биофильного дизайна; заново оценивать затратный подход к производству и потреблению, создавая круговые потоки ресурсов и устраняя потери, или использовать более экологически чувствительные и доступные традиционные и открытые соответствующие технологии;

- уменьшать численность населения за счет замедления и в конечном счете обращения вспять темпов роста населения; справедливо снижать общее потребление на душу населения; сокращать расточительное потребление; прекращать эксплуатацию людей и природы; поддерживать восстановление

биологического и культурного разнообразия, признавая ограничения планетарной и социальной пропускной способности;

- повышать общее благо – заново пересматривать то, как определяется и измеряется качество жизни, по-новому оценивать обучение, планирование, управление, распределение ресурсов, чтобы человеческое и планетарное благополучие было конечными показателями с хорошо продуманной «архитектурой» выбора.

Известно, что здания и сооружения, а также материалы, используемые для их строительства и обслуживания, могут оказывать негативное влияние на здоровье и благополучие населения. По статистике, люди проводят около 87 % своего времени в помещениях (прежде всего данный факт касается жителей индустриально развитых стран), следовательно, необходимо обеспечивать безопасную среду обитания людей.

В современных условиях человек часто сталкивается с высокими рабочими нагрузками, несправедливым к себе отношением и в итоге приходит к профессиональному выгоранию. Он впадает в состояние физического и психического истощения, возникшего в ответ на эмоциональное перенапряжение; проявляет цинизм по отношению ко всему, что касается работы, апатию, озлобленность и т. д. Происходит снижение продуктивности и концентрации его внимания, возникают трудности в общении с коллегами, отсутствует радость от работы. Постоянное чувство вины и горечи, нарушение сна и утомляемость дополняют патологический процесс. Вот почему так важно предупреждать профессиональное выгорание (кстати, его профилактика, например соблюдение режима дня и сон не менее 8 часов, невозможна вне пребывания в экологически чистых жилых помещениях) [181–183].

2.10.16. MIQ

MIQ (Noatum Logistics). В 2012 г. топ-компания мирового уровня MIQ как член – учредитель транспортного партнерства SmartWay, Агентства по охране окружающей среды США EPA, помогла клиентам сократить выбросы парниковых газов и получила награду за выдающиеся достижения в области окружающей среды. MIQ использует модель производительности флота грузоотправителей Агентства по охране окружающей среды, помогая заказчикам оценивать выбросы парниковых газов от автомобильного и железнодорожного транспорта, а также распространять ее на авиаперевозчиков и корабли.

Другие экологические инициативы включают использование многоразовых контейнеров при перевозке химикатов, что устраняет необходимость в производстве и утилизации стальных бочек. Погрузчики с водородными батареями также были созданы как один из вариантов погрузочно-разгрузочного оборудования, финансируемого компанией. Валовая выручка Noatum Logistics превышает 1 млрд долл. [184].

2.10.17. ASHRAE

Американское общество инженеров ASHRAE специализируется в области отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха. Оно занимается стандартизацией таких систем жизнеобеспечения, как процессы охлаждения, проектирование и обслуживание внутренней среды строительных объектов; разрабатывает методы испытаний для технологий и их последующего оборудования в коммерческих зданиях, а также критерии эффективности в управлении и функционировании экологически безопасных природно-технических систем. В результате ASHRAE публикует согласованные стандарты с целью определить минимальные значения или параметры приемлемой производительности.

Справочник ASHRAE представляет собой четырехтомный ресурс по технологиям HVAC&R, доступный как в печатной, так и в электронной версиях. Названия томов: «Основы», «Приложения ОБКВ», «Системы ОБКВ и оборудование», «Охлаждение». Ежегодно обновляется один из четырех томов.

ASHRAE также публикует набор стандартов и руководств, касающихся систем и проблем ОБКВ, которые часто упоминаются в строительных нормах и правилах и используются инженерами-консультантами, подрядчиками, архитекторами и государственными учреждениями. Эти стандарты периодически пересматриваются и переиздаются.

Приведем примеры некоторых стандартов ASHRAE:

- Std 34 – «Обозначение и классификация безопасности хладагентов»;
- Std 55 – «Тепловые условия окружающей среды для проживания человека»;
- Std 62.1 – «Вентиляция для приемлемого воздуха в помещении»;
- Std 62.2 – «Вентиляция и приемлемое качество воздуха в помещениях малоэтажных жилых зданий»;
- Std 90.1 – «Энергетический стандарт для зданий, кроме малоэтажных жилых зданий»;
- Std 135 – «BACnet – протокол передачи данных для сетей автоматизации зданий и управления»;

- Std 189.1 – «Стандарт проектирования высокоэффективных экологически чистых зданий, кроме малоэтажных жилых зданий» и др.

Чтобы продемонстрировать приверженность общества принципам устойчивого развития, ASHRAE отремонтировало здание своей предыдущей штаб-квартиры близ Атланты, штат Джорджия. Цель ASHRAE в этом проекте заключалась в том, чтобы превратить трехэтажное здание периода дешевой энергии 1970-х гг. в высокопроизводительный комплекс с «нулевым» потреблением энергии, используя установки фотоэлектрической системы (PV). Построенное в 1978 г. сооружение было спроектировано как «Живая лаборатория», демонстрационная модель для продвижения научных знаний и информации в области ОБКВ (HVAC&R). Конструкция контролируется и измеряется для сбора данных о ее производительности, большая часть которых предоставляется специалистам в режиме онлайн поэтапно. Перестроенная штаб-квартира включает в себя несколько решений с цифровым подключением, таких как удаленный мониторинг и анализ эффективности объекта, усовершенствованная система автоматизации BAS и информационная модель здания BIM, инновационные механические системы, видимые через открытый потолок, передовые системы конференц-связи, предназначенные для использования в качестве учебного ресурса «Цифровой маяк ASHRAE и Индустрия 4.0».

Требования ASHRAE к проекту включали следующие рекомендации, приведенные в «Руководстве по усовершенствованному энергетическому проектированию для малых офисных зданий»:

- обеспечение скорости вентиляции на 30 % выше, чем требуется стандартом ASHRAE Std 62.1–2004 «Вентиляция и качество воздуха в помещении»;
- снижение энергопотребления на 30 % по сравнению со стандартом ASHRAE/IES Std 90.1–2004 «Энергетический стандарт для зданий, кроме малоэтажных жилых домов»;
- обеспечение возобновляемой энергии с помощью солнечной фотоэлектрической энергии для удовлетворения 8 % годового пикового спроса на электроэнергию в здании.

Примеры технических характеристик включают:

- систему лучистых потолочных панелей для отопления и охлаждения, а также для вентиляции наружного воздуха с энтальпийной рекуперацией тепла (процессом передачи и восстановления тепла между воздушными потоками);

- потолочную систему распределения свежего воздуха, дополненную реверсивными потолочными вентиляторами в открытых офисных помещениях и вытесняющим распределением в учебном центре;

- шесть водяных тепловых насосов WSHPs для кондиционирования помещений;

- вентиляцию с регулируемой потребностью DCV для использования в помещениях с высокой посещаемостью;

- моделирование интенсивности энергии 17 кБТЕ/кв. футов в год (kBtu/sq. ft. per year – коэффициент площади пола и годового энергопотребления, выраженный в виде энергии на кв. фут в год; на каждый кв. фут – 0,09 кв. м – приходится 17 тыс. британских тепловых единиц энергии за год);

- зарядные станции для электромобилей;

- установку фотоэлектрической солнечной энергетической системы на крыше и на земле;

- 18 новых световых люков и перенастроенное соотношение окон и стен;

- полезную дневную освещенность (> 300 лк) в рабочей плоскости соотношения окон и стен WWR восток/запад 33,5 % – север/юг – 41,9 %.

Фотоэлектрические системы, такие как ASHRAE, обеспечивают примерно 25 лет работы. Добавление оптимизаторов мощности, которые представляют собой небольшие устройства, расположенные за панелями и сопряженные с инверторами SolarEdge, смягчают эффект частичного затенения, повышают безопасность и позволяют ASHRAE контролировать производительность каждой отдельной солнечной панели. В итоге приведенная стоимость энергии оказалась в четыре раза ниже розничных ставок от местных поставщиков. Данный тип инвестиций полезен не только для окружающей среды, но и для постоянного сокращения расходов на электроэнергию.

После реконструкции в июне 2008 г. здание получило множество наград, в том числе рейтинг Energy Star с оценкой 95, Платиновый сертификат USGBC-LEED BD + C: New Construction и четыре глобуса от Green Building Initiative (рис. 37).

Здание расположено в лесу, недалеко от отелей, ресторанов и пешеходных троп. На большой террасе с видом на озеро рядом с конференц-залами можно в полной мере насладиться солнечными днями. Штаб-квартира ASHRAE находится в 10 км от станции Doraville MARTA, что обеспечивает легкий доступ к международному аэропорту Атланты Хартсфилд. Более 100 сотрудников общества работают в новом здании (рис. 38).

LEED Scorecard

Platinum 54/69

✓ SUSTAINABLE SITES	12 / 14	
✓ WATER EFFICIENCY	5 / 5	
✓ ENERGY & ATMOSPHERE	14 / 17	
✓ MATERIAL & RESOURCES	7 / 13	
✓ INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY	11 / 15	
✓ INNOVATION	5 / 5	

Рис. 37. Оценка реновации штаб-квартиры ASHRAE по сертификации USGBC-LEED.
(Источник: <https://realestateschool-1.blogspot.com/2021/11/leed-building-rating-system.html>)



Рис. 38. Новое здание ASHRAE (180 Technology Parkway, Peachtree Corners, Georgia) с завершённой фотоэлектрической системой и нулевым потреблением энергии NZE.
(Источник: <https://www.ashrae.org/about/news/2021/ashrae-global-headquarters-reaches-fully-net-zero-energy-milestone>)

К марту 2021 г. энергопотребление объекта стало на 60 % меньше, чем до ремонта. В марте 2021 г. отреставрированное и ультрасовременное здание полностью перешло на нулевое энергопотребление. Новое конструктивно-технологическое решение включало использование специальной системы подачи наружного воздуха (Dedicated Outdoor Air System, DOAS) с рекуперацией энергии и контролем влажности; системы геотермальных тепловых насосов (Ground Source Heat Pumps, GSHP); системы с переменным расходом хладагента с рекуперацией тепла. Широкое использование получили экологические материалы. Пенопластовая изоляция ArmaFlex с закрытыми порами обеспечила долговременную теплоотдачу и энергоэффективность механических систем. Этот гибкий материал на основе каучука имеет сертификат GREENGUARD Gold, не содержит волокон, формальдегида, имеет низкое содержание ЛОС и изготовлен с антимикробной защитой Microban, что делает его отличным средством для объектов с нулевым энергопотреблением.

ArmaFlex WB Finish – это 100%-ное акриловое покрытие на водной основе, подходящее как для внутренних, так и для наружных работ, обеспечивающее чистую белую защитную отделку для защиты от ультрафиолетового излучения и повреждения озоном. Эта отделка быстро сохнет и не имеет паров растворителей.

ArmaFlex 520 BLV Adhesive представляет собой контактный клей с низким содержанием ЛОС, разработанный для удовлетворения требований по снижению выбросов. Данный клей обеспечивает упругое и термостойкое соединение со многими материалами, не содержит толуол и гексан, с низким содержанием ЛОС, после высыхания соответствует требованиям кодов и спецификаций индекса распространения пламени 25/50 и индекса образования дыма при тестировании по методу испытаний ASTM E 84.

Цель ASHRAE по обеспечению здорового и продуктивного рабочего пространства была достигнута с помощью различных мер, включая дневное освещение, комфортную тепловую среду и систему мониторинга качества, помогающую поддерживать комфорт и благополучие персонала. Примечательно, что, пытаясь оптимизировать использование крыши здания и прилегающих территорий, строители не затронули примыкавшие к объекту земли и сохранили все укоренившиеся деревья. В ходе реконструкции зеленые насаждения были полностью сохранены, негативное воздействие на окружающую среду было сведено к минимуму, ASHRAE провело ребрендинг, добавив новый логотип и слоган: «Создание искусственной среды завтрашнего дня сегодня» [185, 186].

2.10.18. GSA

Администрация общих служб США (GSA, US General Services Administration) поддерживает общегосударственные усилия по созданию экологически чистых зданий. В GSA работает около 12 тыс. федеральных служащих. Годовой операционный бюджет организации составляет около 33 млрд долл., и ежегодно она контролирует закупки на 66 млрд. Он способствует управлению федеральной собственностью США на сумму около 500 млрд долл., распределенной между 8,7 тыс. собственными и арендованными зданиями, а также автопарком из 215 тыс. автомобилей. Среди активов в сфере недвижимости, которые контролируются GSA, – здание Рональда Рейгана и Международный торговый центр в Вашингтоне – крупнейшее федеральное здание США после Пентагона (примечательно, что открытый в 1998 г. комплекс, на обновление которого было истрачено 738 млн долл., к 2015 г. по своему внутреннему интерьеру достиг ожидаемого конца жизненного цикла почти во всех областях отделки, ковров, мебели, приспособлений и оборудования) (рис. 39) [187].



Рис. 39. Масштабный комплекс Рональда Рейгана (3,1 млн м²) и Международный торговый центр, удостоившийся премии за «зеленый» дизайн (Green Good Design). (Источник: <https://www.pcf-p.com/projects/ronald-reagan-building-and-international-trade-center>)

GSA подготовило политику и процедуры «зеленой» аренды с целью реализации требований к энергетическому и экологическому лизингу. Политика также включает модифицированные и дополнительные «зеленые» формулировки для всех договоров аренды.

GSA получила рейтинг LEED для 40 «зеленых» зданий (среди зданий, принадлежащих государству, 3 сертификата «золото», 4 – «серебро», 9 – «сертифицировано»; среди зданий, арендованных GSA, 10 – «золото», 9 – «серебро», 4 – «сертифицировано»; среди зданий по контракту с GSA 1 – «серебро»). Рассмотрим характеристики экологической безопасности делового комплекса под названием «Потомакский двор – 1» (One Potomac Yard, г. Арлингтон, Вирджиния), получившего в 2008 г. «золотой» сертификат LEED O + M: Existing Buildings v.2 – LEED 2.0. (Gold 54/85) (рис. 40) [188].



Рис. 40. One Potomac Yard и Two Potomac Yard – «зеленый» ансамбль, пример баланса функциональности, стоимости, безопасности и устойчивости (г. Арлингтон, Кристалл Драйв, 2777).
(Источник: <http://www.potomacyard.net/index.html>)

Перед новым строительством заброшенный участок, загрязненный шлаковым щебнем, мышьяком и бензапиреном, был очищен. Построенный комплекс общей площадью 654 тыс. м² обладает собственным отстойником и переработкой стоков. Очистка ливневых вод достигается при удалении 82 % общего количества взвешенных твердых частиц и 63 % общего удаления фосфатов на основе расчетной нагрузки.

К зданию ведут две автобусные линии и две железнодорожные. На участке размещены хранилища для велосипедов и душевые. Предусмотрено 14 заправочных станций для размещения необходимых 3 % авто (имеется также общая автопарковка на территории). Открытое пространство сохранено на 50 % площади участка, не входящих в контур застройки. Территория восстановлена за счет местных насаждений. Кровля сооружения (83,4 %) соответствует требованиям по коэффициенту излучения и соответствует стандарту Energy Star для снижения теплового эффекта, а 4,7 % – это «растительная» кровля. Водопотребление сокращено более чем на 41,56 % за счет установки унитазов с двойным смывом, писсуаров с ультранизким смывом, насадок для душа с низким расходом и смесителей для унитазов с ультранизким расходом.

Энергоэффективность оптимизирована за счет снижения энергопотребления на 20,7 % по сравнению со стандартом ASHRAE Std 90.1–2004 «Энергетический стандарт для зданий, кроме малоэтажных жилых зданий» (Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings) с использованием метода по проектированию и строительству LEED. Внутри комплекса работает гидрофторуглеродное и не содержащее галонов (любого из ряда нереклаиноспособных газообразных соединений углерода с бромом и другими галогенами, используемых в огнетушителях, но, как теперь известно, повреждающих озоновый слой) оборудование ОВКВ (HVAC). Также закуплена «зеленая» энергия для удовлетворения 68 % потребностей здания в электричестве.

Каково же качество внутренней среды IEQ? В здании установлены датчики CO₂, которые отслеживают внешние уровни окружающей среды и усиливают вентиляцию в случае превышения пороговых значений. План управления качеством воздуха в помещении IAQ соответствовал рекомендациям Национальной ассоциации подрядчиков по обработке листового металла и кондиционеров.

Для создания эффективной рабочей среды разработчики уделили большое внимание проектированию здоровых, термически, визуальнo и акусти-

чески комфортных пространств. Требуемые показатели соответствовали всем аспектам стандарта ASHRAE Std 62–1999 «Вентиляция для обеспечения приемлемого качества воздуха в помещениях», Приложения 2001 г.

Улучшение качества воздуха в помещении было достигнуто за счет наружной вентиляции с высокоэффективной системой фильтрации. Во время строительства на решетках были установлены фильтры MERV 8. Перед вводом в эксплуатацию проект соответствовал требуемому протоколу испытаний качества воздуха в помещении, т. е. использовались низкоэмиссионные клеи и герметики, краски, ковровые покрытия, композитная древесина, а также были введены ограничения на содержание ЛОС в материалах. В систему экологического контроля были интегрированы средства постоянного контроля температуры, влажности и углекислого газа. Данные технологии обеспечивали обратную связь с персоналом по эксплуатации и техническому обслуживанию, чтобы можно было вносить оперативные коррективы для обеспечения качества внутренней среды и комфорта для жителей и гостей здания.

Обеспечение теплового комфорта соответствует стандарту ASHRAE Std 55–1992 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy по относительной влажности и температуре. Дневной свет используется для 90 % всех постоянно занятых помещений, оборудованных энергосберегающими окнами с двойным остеклением. Больше дневного света поступает благодаря фотоэлектрической технологии, которая оптимизирует естественное освещение и экономит энергию. Комплекс достиг образцовой производительности в местных материалах: т. е. 62,8 % от общего количества материалов по стоимости изготовлены в пределах 500 км; по экономии воды – на 41,56 %. Имеется программа ухода за «зеленым» домом.

Чтобы понять масштаб LEED-проблем, стоявший перед застройщиками, следует проанализировать ход подготовительных мероприятий, а также несколько важных аспектов менеджмента строительства. В начале застройки было проведено партнерское совещание с основными заинтересованными сторонами, строительными подрядчиками и их основными субподрядчиками. На раннем этапе девелоперы привлекли консультантов по экологическому строительству и уполномоченный орган по вводу в эксплуатацию, чтобы обучить команду дизайнеров экологически безопасному проектированию для потенциальной LEED-сертификации. При рассмотрении проекта они также предоставляли информацию, которая способствовала установлению отношений сотрудничества с арендатором – Администрацией общих служб

США GSA и ведущим арендатором – Агентством по охране окружающей среды США EPA. План ввода в эксплуатацию, представленный еще на этапе проектирования, должен был обеспечить интеграцию с подготовленной и принятой строительной документацией, содержащей требования владельца к производительности. В дальнейшем подробная информация о системных испытаниях и процедурах, контрольные списки для конкретной сборки, а также обязанности по испытаниям и документации были включены в план ввода в эксплуатацию на этапе строительства, а также в строительные спецификации. Поскольку подрядчики строительства участвовали в разработках на этапе проектирования, переход от проектирования к строительству был практически незаметен.

Один из уроков, извлеченных на этапе строительства, заключался в том, что получение LEED-сертификата увеличило время строительного процесса. Например, из-за некоторых критериев (кредитов) LEED-спецификация материалов стала более сложной, чем для типичного проекта, потому что это требовало дополнительных исследований и субсидий. Некоторые субподрядчики проявляли невнимание к требованиям, потому что не понимали их сложности и взаимосвязи. В результате была создана Программа контроля качества с частыми полевыми проверками, чтобы обеспечить выполнение условий LEED-сертификации. Также потребовалось время для разъяснения субподрядчикам важности LEED-материалов и спецификаций по их установке. Скажем, ковровое покрытие определяет качество воздуха в помещении, а прохождение изыскательных испытаний способствует сертификации здания GSA – все это должно было стать важным для укладчика ковров. Поэтому ключевое значение имел выбор членов проектной группы и субподрядчиков с опытом работы в системе LEED с целью минимизировать дополнительное время для получения заявленного стандарта. Также пришлось подписать долгосрочный контракт с компанией, специализирующейся на обучении персонала по эксплуатации и техническому обслуживанию, что в дальнейшем имело решающее значение для надлежащего функционирования здания после завершения строительства.

Наконец, одна из интересных задач заключалась в том, чтобы сбалансировать эффективные методы строительства и требования по переработке строительных отходов. С одной стороны, эффективность строительных работ требовала, чтобы на площадке не было мусора и отходов. С другой стороны, чтобы переработать отходы, нужны были мощности под хранение и сортировку мусора. Команда проекта научилась использовать методы обра-

щения с мусорными контейнерами для достижения целей утилизации и минимизации нарушений строительного процесса, вызванных вывозом мусора.

В преддверии этапа эксплуатации и технического обслуживания проекта был разработан План экологического ведения домашнего хозяйства с гарантией обеспечения благоприятной среды и уровня устойчивости, изначально достигнутых строителями. План «зеленого» хозяйства подробно описывал такие пункты, как типы обязательных чистящих средств, требования к изоляции для строительства рядом с жилыми помещениями и др. Кроме того, была разработана Программа обучения пользователей, включавшая в себя вывески с информацией для жителей и посетителей об экологических характеристиках сооружения и его безопасной эксплуатации.

Были спланированы мероприятия по оценке показателей после заселения. В соответствии с требованиями ЕРА на «Потомакском дворе – 1» было установлено измерительное оборудование для нагрузок и операций двигателей, энергетических технологий, систем водоснабжения, освещения и управления. Это позволило постоянно контролировать производительность здания и помогать персоналу по эксплуатации и техническому обслуживанию оптимизировать показатели потребления энергии и воды. Было установлено программное обеспечение для моделирования энергопотребления: eQUEST 2.55. Функциональность, безопасность, экологичность и величина затрат были определяющими факторами при принятии решений по материалам и системам на «Потомакском дворе – 1», а также на «Потомакском дворе – 2» (Two Potomac Yard) – второй очереди комплекса, введенной в эксплуатацию в 2011 г. (Платиновый сертификат LEED O + M: Existing Buildings v.3 – LEED 2009). Среди примеров реализации обязательных критериев LEED и ЕРА можно назвать следующие:

- покупка продуктов из переработанных материалов в соответствии с Комплексным руководством по закупкам CPG;
- использование экологически безопасных продуктов и материалов там, где это было экономически целесообразно;
- сокращение применения пестицидов, фунгицидов и родентицидов;
- замена виниловых изделий (по возможности);
- соблюдение стандартов ЛОС, указанных в Запросе предложений SFO, для таких материалов, как клеи, герметики, краски, покрытия, ковровые покрытия и изделия из дерева.

Для обеспечения закупки продукции с требуемыми экологическими характеристиками консультант по экологическому строительству разработал

«зеленую» спецификацию, которая была включена в строительную документацию и чертежи. Совместно с командой арендатора он проводил контроль внутреннего менеджмента продукции согласно нормам EPA и LEED. Еще один уровень надзора обеспечивался посредством проверки представленных продуктов как командой разработчиков, так и арендатором GSA/ведущим арендатором EPA.

Тщательный отбор, спецификация, закупка и контроль качества экологически предпочтительной продукции позволили достичь следующих результатов:

- 27,36 % материалов содержало переработанный контент;
- 63 % материалов было произведено на региональном уровне в радиусе 500 миль;
- 61 % материалов добыто и произведено в местном регионе;
- 82,36 % древесных материалов и изделий прошло сертификацию Лесным попечительским советом (FSC);
- модульная система мебели в офисных помещениях была выбрана из-за простоты сборки и разборки, что облегчало повторное использование и снижало затраты на замену; кроме того, ковровая плитка Interface могла быть переработана.

Чтобы уменьшить энергопотребление зданий «Потомаского двора», девелопер в лице Crescent Resources привлекла опытную команду проектировщиков и независимого агента по вводу в эксплуатацию надлежащего оборудования. Перед ними была поставлена задача проконтролировать энергопотребляющие системы: спроектированы ли они надлежащим образом, установлены, функционально протестированы и способны ли работать при обслуживании в соответствии с потребностями владельца. С целью уменьшить затраты на электроэнергию на 20 % по сравнению с ASHRAE Std 90.1–1999 «Энергетический стандарт для зданий, кроме малоэтажных жилых зданий», в соответствии с требованиями EPA, специалисты провели ряд необходимых мероприятий и установили с последующим мониторингом:

- плотность мощности освещения от 0,74 до 0,9 Вт/м²;
- высокопроизводительные оконные и входные системы, которые максимизируют тепловые характеристики, уменьшают приток солнечного света и минимизируют утечки воздуха и неконтролируемое проникновение воды;
- материалы светлых тонов, которые максимизируют эффект дневного света и снижают потребление энергии и тепловыделение от искусственных источников света;

- системы контроля углекислого газа, влажности, движения и температуры воздуха;
- высокоэффективные сети вентиляции и кондиционирования (климатическое и холодильное оборудование, а также средства пожаротушения, не содержащие озоноразрушающих веществ);
- в соответствии с требованиями ЕРА были настроены для различных конечных пользователей нагрузки двигателей, показатели и операции систем ОВКВ, энергетических узлов, оборудования водоснабжения, освещения и управления зданием. Агентство также согласилось приобрести «зеленую» электроэнергию из сети для обоих зданий;
- моделирование энергопотребления с использованием eQUEST 2.55. Результаты указывают на следующую экономию по сравнению с ASHRAE Std 90.1–1999: 23,5 % для «Потомакского двора – 1» и 20,7 % для двух потомакских зданий. Кроме того, баллы Energy Star (с использованием платформы Energy Star Target Finder) составляют 85 и 82 соответственно;
- изогнутую белую крышу и отражающую плоскую согласно стандарту Energy Star.

Здания «Потомакского двора» были построены с упором на обеспечение высококачественной внутренней среды для всех пользователей. Экологический учет начинается на этапе проектирования с надлежащей спецификацией материалов с низким уровнем выбросов и поиском решений по вентиляции и оборудованию для ее контроля. Затем на этапе строительства разрабатывается и внедряется План управления качеством воздуха в помещениях, а на этапе подготовки к заселению – План проверки качества воздуха внутри здания; наконец, на этапе заселения реализуется План «зеленого» хозяйства.

Столь обширное описание экологического строительства нескольких зданий показывает, насколько должен быть высок уровень сотрудничества и совместной работы разработчиков (Crescent Resources) и их подрядчиков/консультантов, арендатора GSA, агентства арендаторов ЕРА и местного правительства (округ Арлингтон). Главная причина неудач по LEED-сертификации новой застройки заключается именно в неспособности разнопрофильных организаций обеспечить высокий уровень сотрудничества и качественных логистических решений, высокопроизводительных и доступных методов организации «зеленого» строительства.

Стремление к устойчивости, LEED-сертификации и экологической безопасности в строительстве требует тщательного планирования. Цели проекта, включая требования LEED, должны быть установлены не иначе как в самом

начале стройки, а команде разработчиков уже на ранней стадии следует проводить частые координационные встречи и документировать стратегии экологического строительства.

Получение сертификата LEED увеличивает время строительного процесса и увеличивает плату за проектирование. Затраты на проектирование, связанные с LEED, составили около 33 % от соответствующих затрат на строительство двух очередей «Потомаского двора». Стоит упомянуть, что затраты на проектирование типовой застройки составляют около 3–4 % затрат на строительство, т. е. примерно в 10 раз меньше расходов на «зеленый» проект. Это еще одна из причин слабого развития LEED-сертификации в развивающихся и бедных странах. Как показал опыт компании-девелопера Crescent Resources, помимо высоких затрат, тщательно разработанная специалистами программа контроля качества на разных этапах, включавшая частые выездные проверки, имела решающее значение для успешного выполнения требований проекта.

И еще одна особенность экологичного строительства. За редким исключением принудительное выполнение «зеленых» требований, в том числе LEED, во время процесса строительства крайне затруднено [189].

Как уже упоминалось, некоторые из «зеленых» комплексов GSA включают озелененные крыши, которые могут существенно уменьшить сток дождевой воды во время ливней и обеспечить значительную изоляцию зданий. В целом преимущества озелененной крыши включают в себя повышение изоляционной способности, уменьшение стока ливневых вод, улучшение качества воды, снижение эффекта городского теплового острова, экономию энергии, уменьшение отражения звука, создание среды обитания диких животных и улучшение эстетики типичной крыши. Преимущество, которое часто упускают из виду и которое оказывает значительное влияние на управление активами, – это увеличенный срок службы кровельной мембраны. Поскольку озелененная крыша защищает мембрану от солнечного ультрафиолетового излучения, резких перепадов температур и вредного загрязнения, кровельная мембрана может прослужить от 50 до 100 лет. Самая старая озелененная крыша GSA была установлена в 1975 г.

В качестве примера можно привести озелененную крышу (4 тыс. м²) здания Управления общественной безопасности (Нью-Бедфорд, Массачусетс). Здесь изолирующие свойства «зеленой» крыши и ограждающих конструкций, включая высокоэффективное остекление, привели к нулевой чистой прибыли (точке безубыточности, zero net gain) для основного оборудования по

отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха, несмотря на удвоение квадратных метров и заполняемости здания [190, 191].

В зданиях GSA распределение охлажденного или нагретого воздуха происходит на уровне пола, а не потолка. Световые уступы, расположенные снаружи здания, уменьшают количество тепла, излучаемого солнцем, одновременно увеличивая количество естественного света. Высокие потолки помогают направлять дневной свет вглубь рабочей среды. Американский закон о восстановлении и реинвестировании от 2009 г. выделил не менее 4,5 млрд долл. на меры, необходимые для преобразования объектов GSA в высокоэффективные «зеленые» здания, как это определено в Законе об энергетической независимости и безопасности от 2007 г. (Public Law 110–140) [192].

Федеральная программа управления энергопотреблением Министерства энергетики помогает GSA внедрять технологии возобновляемых источников энергии и проводить изменения для повышения энергоэффективности. GSA вкладывает значительные средства в пополнение парка автомобилей передовыми технологиями, включая полностью электрические автомобили и гибридные автобусы.

В США есть и другие организации, занимающиеся оценкой «зеленого» строительства. Глобальный цифровой сервис «Системы научной сертификации» (Scientific Certification Systems, SCS) одной из своих задач ставит сертификацию качества воздуха в помещениях, строительных материалов, мебели, внутренней и внешней отделки зданий, инноваций в экономии и переработке ресурсов. SCS заинтересована в увеличении проектов по компенсации выбросов углерода, а также занимается валидацией и проверкой третьей стороной документов об экологической безопасности и устойчивом развитии [193].

Экологический институт Greenguard (Greenguard Environmental Institute) содействует защите здоровья населения и улучшению качества жизни за счет обеспечения качества воздуха в помещениях и снижения воздействия на людей химических и других загрязняющих веществ. Greenguard сертифицирует продукты и материалы на предмет низкого уровня химических выбросов и служит общедоступным ресурсом для выбора более здоровых продуктов и материалов для внутренней среды зданий.

В целом Федеральные правительства США и Канады, в том числе многочисленные отдельные штаты и провинции, одобряют использование LEED, BREEAM, Green Globes, Living Building Challenge, WELL, Zero Energy Certification, SITES, Fitwel и некоторых других, изредка французской системы HQE, немецкой DGNB для высокоэффективных и экологичных зданий. Федеральное правительство Канады уже более 20 лет использует Green

Globes для нового строительства. На рис. 41 представлено глобальное районирование экологического строительства.

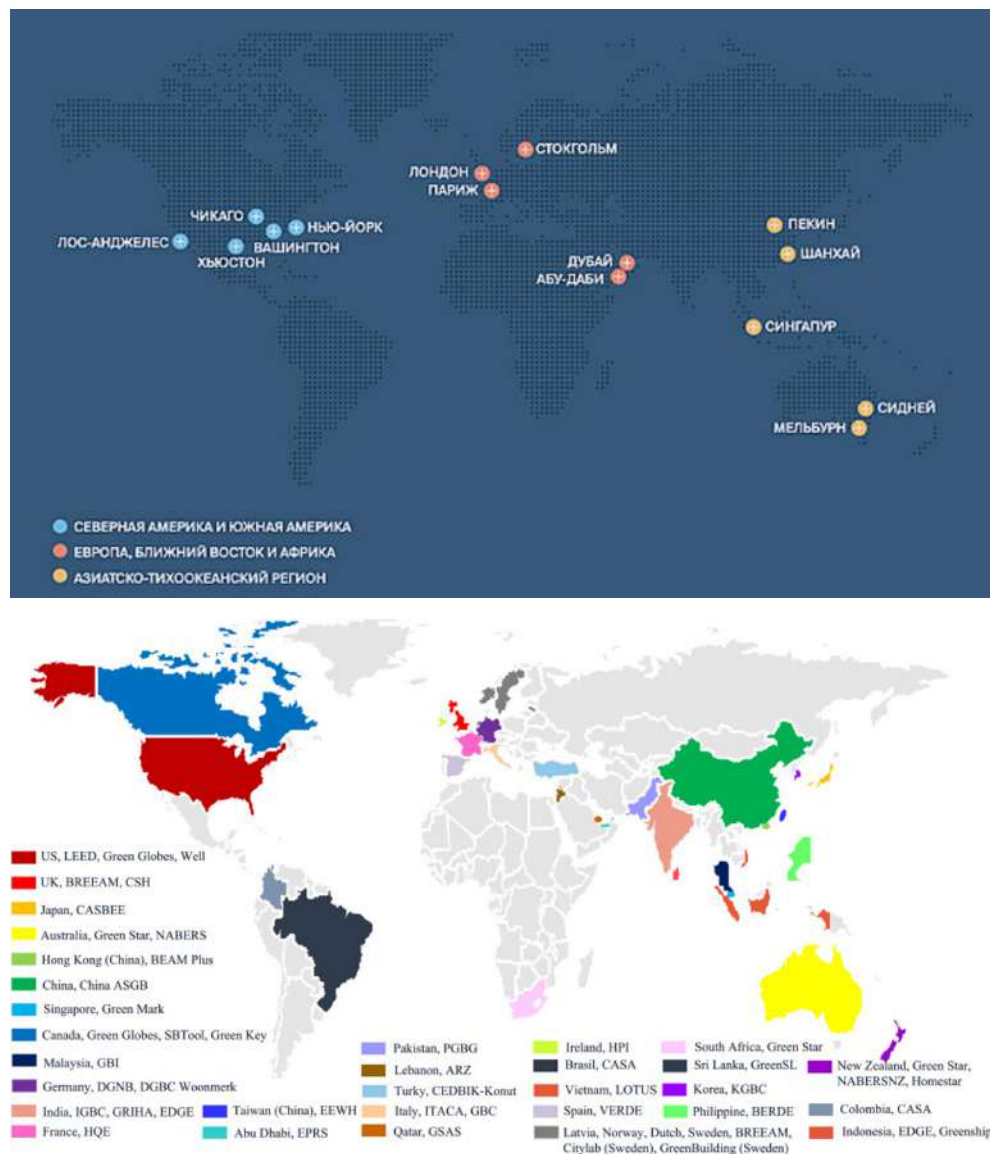


Рис. 41. Глобальное районирование «зеленого» строительства.

(Источник: <https://logistics.ru/upravlenie-logistikoy-i-kompaniy/mirovym-liderom-ekologicheskogo-stroitelstva-stal-abu-dabi-gde>)

Глобальное районирование показывает, что экологичное строительство привлекает инвесторов со всего мира, прежде всего из развитых индустриальных стран. Согласно отчету международной консалтинговой компании Knight Frank, в мире построено более 120 тыс. зданий, сертифицированных по «зеленым» стандартам. Так, одну из самых распространенных на международном уровне систем добровольной сертификации LEED получили объекты недвижимости общей площадью более 1 млрд м². Ожидается, что США, Германия, Великобритания, Япония и Нидерланды возглавят список интересов с акцентом на офисный, промышленный и жилой секторы [194].

Вспомним также, что многие страны ставят задачу по снижению углеродного следа, а на долю недвижимости приходится до 40 % выбросов углерода. В Сингапуре и ОАЭ приняты минимальные требования экологической сертификации, без которых новое строительство не может быть начато. Такие же стандарты будут введены и в Нидерландах.

Оценка социальных аспектов устойчивости в строительном секторе связана как с качеством окружающей среды внутри здания, так и с его конструктивными характеристиками, способными гарантировать определенный уровень безопасности. По этой причине социальные аспекты (показатели качества и благополучия) мировых экологических стандартов, используемых в строительном секторе, – одни из важнейших макропоказателей рейтинговой оценки. Все сказанное важно для потенциальных инвесторов. Во всем мире институциональные инвесторы, банки и управляющие фондами недвижимости берут пример с «зеленой» таксономии Америки, Европейского союза, Японии. На рис. 42 показаны ведущие мировые рынки инвестиций в недвижимость.

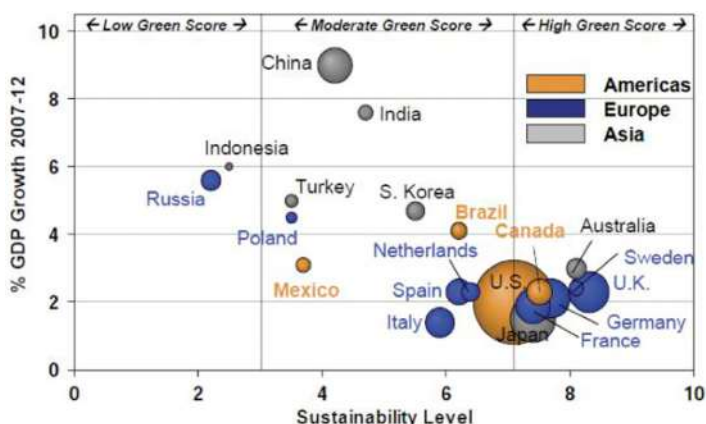


Рис. 42. Ведущие мировые рынки инвестиций в недвижимость [195]

Как можно заметить, «зеленые» здания имеют самый большой потенциальный рынок в быстро развивающихся странах Азии (например, Китае, Индии и Индонезии), хотя движение за «зеленые» здания все еще находится на ранней стадии, на уровнях ниже пяти по шкале устойчивого развития от 1 до 10.

Устойчивость активов стала важнейшим компонентом каждой операции по финансированию. Согласно отчету Knight Frank в 2022 г., США были главным направлением для глобального трансграничного капитала в сфере недвижимости, за которыми следовали Великобритания, Германия, Франция, Нидерланды, Австралия. Тот факт, что три европейских города по-прежнему входят в пятерку лучших направлений, говорит об их устойчивости и безопасности. В 2023 г. список крупнейших источников трансграничного капитала остался почти тем же самым: США, Канада, Сингапур, Германия, Великобритания. Новые волны инноваций разрушают и формируют деловой цикл, делая предыдущие системы устаревшими. К 2027 г. на промышленный сектор может приходиться одна четверть глобальных распределений прямых инвестиций (но активный процесс инвестиций ускоряет модернизацию производственных мощностей и тем самым способствует снижению удельного расхода энергии; сокращение энергоемкости ВВП сдерживает рост углеродных выбросов) [196–198].

Быстрый рост новых технологий, ключевые проблемы экологической и энергетической безопасности приводят к радикальным изменениям. Растет спрос на центры обработки данных с повышенным вниманием к закупкам энергии, например с учетом увеличения «автономных» экологически чистых источников энергии. По мере того как энергия становится все более дефицитной, планировщики становятся более разборчивыми в выдаче разрешений на строительство. Быстрое развитие технологий и инфраструктуры (интеллектуальные технологии, способствующие росту экономики по требованию и достижениям; искусственный интеллект; переосмысление активов с акцентом на защите природных активов; умные и устойчивые к изменению климата здания; смешанное использование и гибкие пространства; устойчивая инфраструктура; ресурсосберегающие и биопозитивные технологии; локализованные центры исполнения заказов; мультимодальные логистические объекты; центры обработки данных; цифровое пространство; экологичное городское хозяйство и т. д.) стимулирует инновации в области чистых технологий и экологических решений, создающих возможности от улавливания углерода до альтернативных методов производства и хранения энергии.

Столкнувшись с проблемой напряженной ситуации со спросом на энергию, несколько стран выступили с инициативами, приняв политику и стратегии, благоприятствующие росту энергоэффективных зданий. Ряд крупных действующих «зеленых» зданий в последнее время в таких странах, как Китай, Индия, Япония, Сингапур и Республика Корея, были сертифицированы по международным или национальным рейтинговым системам, чтобы выделиться и продемонстрировать экологические характеристики. Инвесторы, застройщики, покупатели и арендаторы все чаще отдают предпочтение зданиям с экологически безопасными характеристиками.

2.10.19. Приближение типовых стандартов к «зеленым» требованиям

Некоторые критерии, такие как региональный приоритет в LEED, обслуживание на основе подхода жизненного цикла и планирование жизненного цикла в BREEAM, не приняты в Green Star. Очевидно, что игнорирование соображений стоимости в инструментах оценки, а в некоторых случаях отсутствие кадастров жизненного цикла здания препятствуют развитию экологичного строительства.

Приобретая капитальное оборудование и долгосрочную продукцию, требующую больших инвестиций, владельцы, как правило, не учитывают затраты на окончание жизненного цикла новой собственности (если говорить о полной стоимости жизненного цикла продукта – LCC). Если бы данным затратам можно было уделить внимание на начальных этапах, включая планирование «участников жизненного цикла» (таких, как производители, покупатели продукта или участники конца жизненного цикла), в программной среде, например SimaPro, развитие экологически чистых зданий продвигалось бы более быстрыми темпами и строительная отрасль могла найти подходы к снижению затрат.

Следует указать на отсутствие конкретных модулей для оценки финансовых выгод и возможностей для бизнеса, связанных с устойчивым строительством: у рынка либо нет данных для оценки большинства изначально предложенных показателей устойчивости, либо ему нужно время, чтобы подготовиться к оценке некоторых из них.

Таким образом, вопрос, какой из существующих основных типов инструментов «зеленого» строительства предпочесть, предполагает рассмотрение двух основных задач:

- если речь идет об оценке производительности продуктов (их жизненного цикла и воздействия на окружающую среду), то требуется пересмотреть приоритеты развития организации, определив надлежащий вариант экологической сертификации (энергоэффективность, материалы и т. д.);
- если необходимо разработать критерии проектирования зданий, то ориентиром для принятия соответствующих решений должны служить рейтинговые техники (LEED и др.).

В настоящее время выбор экологического строительства во многом зависит от популярности рейтинговых систем. Эта ситуация может привести к тому, что строительная отрасль не достигнет целей устойчивого развития. Поскольку при проектировании строительства экологическая безопасность оказывается важнейшим фактором реализации проекта, следует уделять больше внимания показателям устойчивости, чем популярности, учитывать различные сценарии сертификации и оценки более устойчивых областей уже построенных зданий согласно нормативной документации, например ISO 21929-1:2011 «Устойчивое развитие в строительстве зданий – показатели устойчивого развития. Часть 1: Структура разработки показателей и основной набор показателей для зданий» или «Международного кодекса экологического строительства (IgCC)» Совета по международным нормам. В индустриально развитых странах массовое типовое строительство переходит к высоким требованиям экологичного строительства.

Скажем, IgCC (2012) – типовой кодекс, предписывающий минимальные требования по повышению экологических и санитарных характеристик зданий и сооружений. Это не руководство по проектированию и не рейтинговая система. Как правило, он применяется к проектированию и строительству всех типов зданий, за небольшим исключением. Установленные минимальные экологические требования к зданиям гармонизированы в нем с программами добровольных рейтинговых систем. Но если требования последних выходят за рамки настраиваемой базовой линии IgCC (например, условия LEED), то кодекс может применяться как наложение на существующий набор международных кодексов, включая положения Международного кодекса энергосбережения (ICC–IECC:2021) (от Международного совета по кодам, ICC), нормы ICC Std 700-2012:2012 Национального стандарта экологического строительства (NGBS) (от Американского национального института стандартов, ANSI) и параметры стандарта ASHRAE Std 189.1-2011 «Стандарт проектирования высокоэффективных «зеленых» зданий, кроме малоэтажных жилых зданий» (Standard for the Design of High-Performance Green Buildings

Except Low-Rise Residential Buildings, ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Std 189.1) в качестве альтернативного пути к соответствию [199].

Вспомним, что и добровольная (!) система рейтинга LEED требует от проектов следовать обязательным условиям стандартов ASHRAE по энергоэффективности (ASHRAE Std 90.1 – «Энергетический стандарт для зданий, кроме малоэтажных жилых зданий»), качеству внутренней среды зданий (ASHRAE Std 55 – «Тепловые условия окружающей среды для проживания человека»; ASHRAE Std 62.1-2004 «Вентиляция и качество воздуха в помещении»), а аккредитованные специалисты должны обладать практическими знаниями строительных систем и самой последней версии стандарта ASHRAE Std 55 и ASHRAE Std 62. То же самое касается сертификации Living Building Challenge 4.0.

Пересмотренный формат IgCC от 2018 г. (IgCC:2018) включает ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Std 189.1–2017 – стандарт для проектирования высокоэффективных «зеленых» зданий. Положения улучшенного IgCC обеспечивают плавную координацию либо со стандартом IECC:2021 (International Energy Conservation Code, Международным кодексом энергосбережения), либо с энергетическим стандартом ASHRAE Std 90.1. Кроме того, в силу высокой степени согласованности, ASHRAE Std 189.1–2011 может быть выбран в качестве альтернативы стандарту IgCC, т. е. застройщик имеет возможность разработать и построить здание в соответствии с положениями ASHRAE, а не IgCC.

Новая версия IgCC поддерживает целостный системный подход к проектированию, строительству и эксплуатации зданий, содержит меры по улучшению внутренней среды, меньшему воздействию на природные ресурсы, улучшению пешеходной доступности, полностью совместим с энергетическими нормами LEED. Цель кодекса IgCC состоит в том, чтобы устранить существенную разницу в средней стоимости жизненного цикла «зеленых» зданий по сравнению с «незелеными», т. е. типовыми. В сущности, система IgCC выступает дополнением добровольных систем «зеленого» рейтинга.

В то же время упомянутый стандарт ICC 700–2012:2012 National Green Building Standard (ICC 700) представляет собой симбиоз различных рейтинговых практик. С одной стороны, в соответствии со стандартом проекты получают баллы в каждой предметной области за достижение определенных целей производительности или строительства. С другой стороны, по протоколу разработаны четыре уровня «зеленой» сертификации домов –

«бронзовый», «серебряный», «золотой» и «изумрудный» (emerald). В дополнение проекты, проходящие по схеме Land Developments, могут заработать одну, две, три или четыре звезды.

Или взять очень широко распространенный в Северной Америке стандарт 189.1–2011. Например, в нем особое внимание уделяется разделу «Энергоэффективность». Стандарт предписывает использование возобновляемых источников энергии на месте; покупку «зеленой» энергии; повышение общей средней энергоэффективности зданий; средства распознавания пороговых уровней для автоматического мониторинга данных об энергопотреблении на уровне системы; требования внешней затененности оконных и климатических зон; альтернативные спецификации эффективности оборудования и требования; понимание различных модификаций, внесенных в требования HVAC из энергетического Стандарта 90.1–2010 (ASHRAE Std) при соблюдении Стандарта 189.1; требование о снижении пикового спроса на электроэнергию; понимание того, как нормы плотности мощности внутреннего освещения изменены по сравнению с уровнями Стандарта 90.1–2010; следование процедуре демонстрации соответствия варианту производительности по энергоэффективности; понимание того, как вопросы энергоэффективности рассматриваются в разделах стандарта, посвященных вводу в эксплуатацию и планам эксплуатации зданий.

Таким образом, стандарт, по сути дела, устанавливает минимальные требования к высокопроизводительному «зеленому» зданию и разработан по той же схеме, что и международный стандарт IgCC. Они обеспечивают баланс экологических факторов, связанных с проектированием, строительством и планированием эксплуатации зданий. В этом смысле их можно назвать различными «разделами» одного общего стандарта. Не являясь рейтинговыми техниками, они, подобно инструментам оценки экологичного строительства, являются индикаторами будущих тенденций в строительной отрасли.

Тренд устойчивого развития и «зеленого» строительства набирает обороты. Не исключено, что в 2023 г. приток капитала из США и возможное увеличение интереса инвесторов из Сингапура прежде всего будут связаны с офисным и промышленным секторами, приведенными в соответствие с высокими стандартами экологической безопасности. Экологически чистый бизнес всегда является лучшим вариантом инвестиций в обеспечении долгосрочного устойчивого развития.

2.11. Система экологической сертификации зданий в Финляндии

После энергетического кризиса 30 лет назад Финляндия стала пионером в области энергоэффективности. План последовательных мероприятий ERA 17 «Интеллектуальная энергетика антропогенной среды 2017» позволил Финляндии восстановить свои позиции как лидера по созданию энергосберегающей антропогенной среды. Финский «экологизм» декларирует, что устойчивое и полное существование предполагает радикальные изменения в отношениях людей с природой и в способе общественной и политической жизни. В устойчивое финское общество внедряется ряд основных инноваций: во-первых, потребление материальных товаров частными лицами должно быть уменьшено; во-вторых, потребности людей в целом не лучшим образом удовлетворяются продолжающимся экономическим ростом; в-третьих, технические решения сами по себе не приводят к устойчивому обществу; в-четвертых, экспоненциальный характер быстрых темпов роста может привести к катастрофическим изменениям в экосистемах. Финны – приверженцы «глубокой экологии», они даже говорят о «правах животных». Характерная особенность скандинавского подхода к экологической безопасности состоит в признании того, что человеческие существа являются всего лишь одной из форм жизни среди многих. В бедах надо винить не «голую обезьяну», а человечество в его ипостаси жадного материалистичного производителя и потребителя. Целями «зеленой» экономики финны провозглашают неистощающее развитие, равенство и социальную справедливость, а также самостоятельность местных и региональных экономик, поощрение настоящего чувства сообщества. Экоразвитие невозможно без демократии, прозрачности, равенства полов, права всех людей на самовыражение, полного участия в принятии решений.

Экологическая классификация зданий была разработана и внедрена в Финляндии в 1998 г. Когда началась разработка экологических проектов, не было схем оценок их эффективности, поэтому была создана национальная система оценки, получившая название PromisE. Первый вариант применялся до 2002 г. для уже существующего фонда зданий, таких как офисы, жилые дома и магазины розничной торговли. В 2005 г. был разработан обновленный вариант протокола для новых зданий. В настоящее время также используются системы LEED, BREEAM, WELL, в основном для оценки торговых, офисных зданий и спортивных комплексов.

Известный «зеленый» стандарт PromisE (1998 г.) – это маркетинговый инструмент, основная идея которого заключается в оценке основных воздействий здания на окружающую среду с помощью простых, но надежных индикаторов. По результатам начисляются баллы, а зданию присваивается оценка, отражающая качество его экологических свойств. Классификация позволяет покупателям или арендаторам оценить «экологичность» здания, относящегося к классам A, B, C, D или E. PromisE выступил в качестве законодателя тенденций в оценке жизненного цикла зданий и заложил основу для учета экологических аспектов, но теперь неактуален.

Вместо него в 2017 г. строительный информационный фонд RTS запустил новую экологическую классификацию RTS и соответствующий экологический инструмент RT, которые можно использовать для реализации экологически ответственного строительства на новых объектах. Инструмент был разработан и обновлен (2018 г.) специально как система экологической классификации, подходящая для финских условий, законодательства и разнообразия объектов недвижимости. По состоянию на апрель 2019 г. программа насчитывала 83 активных проекта и 140 пользователей, а в мае того же года в стадии реализации уже было 90 проектов, большинство из которых представляло собой офисные и жилые здания; кроме того, было начато четыре больничных проекта. Инструмент учитывает финское законодательство и северный климат, направляет процесс и помогает с выбором материалов [200].

В протоколе 5 категорий (разделов) с соответствующими критериями и баллами:

- процесс (всего 23 балла, авторский надзор – 8, водосборник – 10, контроль участка – 5);
- экономика (всего 12 баллов, стоимость жизненного цикла – 3, ремонтпригодность – 8);
- окружающая среда и энергия (всего 35 баллов, углеродный след – 12; энергия – 16, вода – 3, последствия для окружающей среды – 8);
- воздух в помещении и здоровье (всего 30 баллов, качество воздуха в помещении – 18, визуальный комфорт – 6, акустика – 6);
- инновации (всего 10 баллов, инновации – 10) (табл. 50).

Таблица 50

Сводка и весовые коэффициенты финского протокола RTS

Основная группа	Балл	Группы	Балл	Код	Критерии	Балл
Процесс	23	Ввод в эксплуатацию	8	P1.1	Аудит этапа проектирования	3
				P1.2	Ввод в эксплуатацию ОВКВ	3
				P1.3	Руководство пользователя и обучение	2
		Влагозащита	10	P2.1	Проектирование влагостойкой конструкции	4
				P2.2	Влагостойкая конструкция	6
		Устойчивость площадки	5	P3.1	Устойчивое строительство	3
				P3.2	Борьба с пылью на площадке	2
Экономика	12	Стоимость жизненного цикла	3	T1.1	Стоимость жизненного цикла	3
		Обслуживание	9	T2.1	Долговечность	3
				T2.2	Удобство обслуживания и надежность	4
				T2.3	Адаптивность	2
Окружающая среда и энергия	35	Углеродный след	12	Y1.1	Углеродный след жизненного цикла	7
				Y1.2	Эффективность использования материальных ресурсов	4
		Энергия	16	Y2.1	Энергоэффективность	8
				Y2.2	Учет энергии	3
				Y2.3	Целевые показатели потребления	3
				Y2.4	Эффективность основной системы (core system)	2

Окончание табл. 50

Основная группа	Балл	Группы	Балл	Код	Критерии	Балл
Окружающая среда и энергия	35	Вода	3	Y3.1	Эффективность использования воды	3
		Местные воздействия	4	Y4.1	Экологическая ценность	3
				Y4.2	Места для велосипедистов и колясок	2
Здоровье и благополучие	30	Качество воздуха в помещении	18	S1.1	Температура в помещении	6
				S1.2	Качество воздуха	7
				S1.3	Пользовательские элементы управления	2
				S1.4	Выбросы от материалов	3
		Визуальный комфорт	6	S2.1	Дневной свет	4
				S2.2	Качество освещения	2
		Акустика	6	S3.1	Акустика пространства	3
				S3.2	Звукоизоляция	3
Инновации	10	Инновации	10	I	Инновации	10

В табл. 51 ниже представлены минимальные требования для достижения различных уровней классификации RTS. Минимальные уровни относятся к управлению влажностью, качеству воздуха в помещении и энергоэффективности.

Таблица 51

Минимальные требования протокола RTS, %

Критерий	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
Баллы	25	40	55	70	85
P1.2. Ввод в эксплуатацию ОВКВ (HVAC)	—	—	50	50	50
P1.3. Руководство пользователя и обучение	—	—	—	100	100

Окончание табл. 51

Критерий	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
P2.1. Проектирование влагостойкой конструкции	–	–	75 (DryC10)	75 (DryC10)	75 (DryC10)
P2.2. Влагостойкая конструкция	–	75	75	75	75
Y1.1. Углеродный след жизненного цикла	–	–	15	30	30
Y2.1. Энергоэффективность	–	20	30	40	40
S1.1. Температура в помещении	–	–	25	50 (S2)	50 (S2)
S1.2. Качество воздуха	–	50 (S2)	50 (S2)	50 (S2)	50 (S2)
S1.4. Выбросы от материалов	–	–	50 (M1)	50 (M1)	50 (M1)
Аудит использования через один или два года	–	–	–	–	Да

Классификационная шкала представлена пятиуровневым звездным рейтингом. Весь процесс состоит из трех этапов: проектирование, строительство и эксплуатация. Максимально возможное количество баллов – 110 (табл. 52).

Таблица 52

Рейтинг протокола RTS

Classification scale	Баллы	Описание
Нет классификации	< 25	–
★	> 25	Стандартное качество (Standard quality)
★★	> 40	Лучше, чем стандарт (Better than standard)
★★★	> 55	Хорошее качество (Good quality)
★★★★	> 70	Высокое качество (High quality)
★★★★★	> 85	Превосходное (Excellent)

Экологическая классификация Rakennustietosäätiö RTS разработана совместно с операторами строительной отрасли и является добровольной. Информация экологической классификации RTS основана на европейских стандартах (CEN TC 350 Std). Инструмент RT оценивает характеристики экологической безопасности строительного проекта и использует хорошо зарекомендовавшие себя отечественные практики, такие как классификация внутреннего климата помещения, классификация выбросов от стройматериалов M1, метрики жизненного цикла зданий, методы Drychain, Green Factor tool, iWater.

Инструмент Green Factor (GF) был разработан для определения воздействия «зеленой» инфраструктуры на окружающую среду и измерения действий по адаптации к изменению климата, смягчению его последствий и компенсации зеленых насаждений в городах в рамках проекта ILKKA, координируемого Университетом Аалто и городом Хельсинки в 2014 г. GF внедрен и применяется несколькими муниципалитетами Финляндии, Швеции, Норвегии и Германии. Идея инструмента GF была реализована в инструменте Green Leadership, чтобы помочь сохранить зеленую инфраструктуру и элементы природы, характерные для района.

iWater – проект интегрированного управления ливневыми стоками на 2015–2018 гг. Его цель заключается в разработке концепции интегрированного управления ливневыми стоками для поддержки городского планирования и создания высококачественной и устойчивой городской среды в регионе Балтийского моря. Данная методика интегрирована в экологическую классификацию RTS.

Важным фактором улучшения качества внутреннего климата стала трехуровневая классификация S1, S2 и S3, дополненная нормативами чистоты строительных работ и выбросов от стройматериалов M1 (более 5,2 тыс. наименований) и M2. Методика была разработана Шведской ассоциацией внутреннего климата в 1995 г. под названием «Классификация внутреннего климата, строительных работ и материалов поверхностей» [201]. На современном этапе разработчиками решается задача распространения классификации на существующие здания. Материалы тестируются в нескольких испытательных лабораториях США и Финляндии. Документ также учитывает развитие европейской стандартизации измерения выбросов (в основном TC 351 Std). Инструмент экологической классификации RTS, как уже упоминалось, разделен на 5 различных категорий (разделов) и включает 28 критериев [202].

Процесс (7 критериев)

P1.1. *Аудит этапа проектирования* (систематически проверяя экологические цели, установленные для проекта на этапе проектирования на основе проектной и контрактной документации, можно гарантировать, что конечный результат также соответствует цели (систематический процесс классификации, 100 % от взвешенного значения)).

P1.2. *Ввод в эксплуатацию ОВКВ* (проект подлежит качественной пуско-наладке ОВКВ согласно следующим требованиям:

- ввод в эксплуатацию ОВКВ, 50 % от взвешенного значения;
- оперативный учет в соответствии с лучшими практиками, 50 % от взвешенного значения).

P1.3. *Руководство пользователя и обучение* (высококачественное руководство пользователя, 100 % от взвешенного значения).

P2.1. *Проектирование влагостойкой конструкции:*

- этап проектирования включает в себя выявление рисков, связанных с влажностью, и управление этими рисками, 75 % от взвешенного значения;
- качественное управление рисками влажности, 75 % от взвешенного значения, также может быть выполнено путем получения статуса Drychain 10; Drychain10 был разработан для управления влажностью с учетом 10 критических точек, таких как влажность снаружи здания, дождь, крыша и стены, вентиляция, состояние водопроводных труб, влагозащита в ванных комнатах и других помещениях, содержание влаги в бетоне и поверхностном покрытии, смачивание строительных материалов и плохой уход;
- отдельные проверки конструкций, подверженных влаге, 25 % от взвешенного значения.

P2.2. *Влагостойкая конструкция:*

- проблемы с воздухом в помещении во время использования можно предотвратить за счет влагобезопасной строительной площадки и высококачественного строительства; влагозащита проводится в соответствии с передовой практикой, и на этапе строительства проверены следующие задачи:
 - качественная влагозащита строительной площадки, 75 % от взвешенного значения;
 - последующая сушка влагоопасных конструкций, 25 % от взвешенного значения.

Р3.1. Устойчивое строительство:

- требования к строительной площадке направлены на реализацию ее энергоэффективности с минимальными нарушениями и контролируруемыми воздействиями и рисками на окружающую среду;
- хороший экологический контроль, 50 % от взвешенного значения;
- управление воздействием площадки на окружающую среду, 100 % от взвешенного значения.

Р3.2. Борьба с пылью на площадке:

- сведение к минимуму количества пыли, остающейся после строительства, в системах и помещениях за счет эффективного управления пылью на площадке; внедрение передового опыта по чистоте в строительных и вентиляционных работах реализуется в соответствии с классом чистоты P1;
- управление чистотой в соответствии с классом чистоты P1, 75 % от взвешенного значения;
- чистота подтверждена измерением скопления пыли, 25 % от взвешенного значения.

Экономика (4)

T1.1. Стоимость жизненного цикла:

- учет жизненного цикла и затрат на техническое обслуживание в проекте способствует повышению стоимости использования и технического обслуживания здания в процессе проектирования;
- стоимость жизненного цикла, рассчитанная для строительного проекта, 50 % от взвешенного значения;
- оценка затрат на техническое обслуживание на основе производительности, 25 % от взвешенного значения;
- сравнение жизненного цикла, 25 % от взвешенного значения.

T2.1. Долговечность (конструктивные решения по долговечности, 100 % от взвешенного значения).

T2.2. Удобство обслуживания и надежность:

- лучшие практики обслуживания, 50 % от взвешенного значения;
- учет потребности в техническом обслуживании, 50 % от взвешенного значения.

T2.3 Адаптивность:

- учет модульности здания по методике «SUKЕ»;

- реализация открытой конструкции, 50 % от взвешенной стоимости;
- определены альтернативные виды использования, 50 % от взвешенного значения.

Энергия и окружающая среда (9)

Y1.1. Углеродный след жизненного цикла:

- углеродный след здания представляет собой инструмент для измерения экономии углеродного следа в течение жизненного цикла здания по сравнению с обычным строительством;
- расчет углеродного следа этапа строительства, 25 % от взвешенного значения;
- экономия углеродного следа жизненного цикла, 75 % от взвешенного значения.

Y1.2. Эффективность использования материальных ресурсов:

- следует проектировать энергоэффективные материалы и способствовать экологической грамотности производства строительных материалов, отдельный калькулятор эффективности использования материалов используется для сбора результатов их эффективности;
- материальная эффективность, 75 % от взвешенного значения;
- использование экологически чистых продуктов, 25 % от взвешенного значения.

Y2.1. Энергоэффективность:

- оценка энергоэффективности здания на основании энергетического паспорта, рейтинг по новым правилам основан на линейной зависимости между минимальным уровнем и 70 % класса А-энергии, для основных ремонтных работ началом корреляции является класс энергоэффективности С;
- энергоэффективность здания на основе Е-показателя, 0–100 % от взвешенного значения.

Y2.2. Учет энергии:

- комплексный учет потребления для конкретных функций позволяет эффективно контролировать использование энергии в здании и контролировать проблемы в работе системы;
- учет энергии для основных систем, 50 % от взвешенного значения;
- измеренное энергопотребление пользователей, 25 % от взвешенного значения;

- реализована информация об использовании активной энергии, 25 % от взвешенного значения.

Y2.3. *Целевые показатели потребления:*

- целевые показатели энергопотребления на системном уровне дают конкретное ожидаемое энергопотребление здания во время использования и вместе с измерением энергии ускоряют реагирование на системные сбои;
- расчетное целевое потребление, 50 % от взвешенного значения;
- расчетное целевое значение базовой мощности, 50 % от взвешенного значения.

Y2.4. *Эффективность основной системы* (основные системы энергоэффективны, 100 % от взвешенного значения).

Y3.1. *Эффективность использования воды* (внедрена водосберегающая система, 100 % от взвешенного значения).

Y4.1. *Экологическая ценность:*

- поощрение биоразнообразия и защита жизнеспособности почвы и растительности, а также учет особенностей местных ландшафтов с учетом структур, обеспечивающих ливневые стоки; разнообразие застройки подтверждается учетом существующих природных активов и многоплановым ландшафтным дизайном, который также учитывает сооружения для управления ливневыми стоками;
- хорошая «зеленая» эффективность, 25 % от взвешенного значения;
- высокая «зеленая» эффективность, 50 % от взвешенного значения;
- снижение ливневой нагрузки, 25 % от взвешенного значения.

Y4.2. *Места для велосипедистов и колясок:*

- безопасность проезжей части объекта, 50 % от взвешенного значения;
- качественные объекты, поддерживающие езду на велосипеде, 50 % от взвешенной стоимости.

Воздух в помещении и самочувствие (8)

S1.1. *Температура в помещении:*

- возможность контроля теплового режима, 25 % от взвешенного значения;
- тепловые условия внутренней среды класса S2, 25 % от взвешенного значения;

- тепловые условия в соответствии с категорией внутренней среды S1, 50 % от взвешенного значения.

S1.2. *Качество воздуха в помещении:*

- качество воздуха в помещении по категории S2, 50 % от взвешенного значения;
- качество воздуха в помещении по категории S1, 50 % от взвешенного значения.

S1.3. *Пользовательские элементы управления:*

- регулируемые тепловые условия, 50 % от взвешенного значения;
- регулируемое пользователем освещение, 50 % от взвешенного значения.

S1.4. *Выбросы от материалов:*

- качество воздуха в помещении определяется измерениями, 50 % от взвешенного значения;
- внутренние материалы с низким уровнем выбросов, 50 % от взвешенного значения.

S2.1. *Дневной свет* (достаточный дневной свет в рабочих помещениях, 100 % от взвешенного значения).

S2.2. *Качество освещения* (хорошее качество освещения, 100 % от взвешенного значения).

S3.1. *Акустика пространства:*

- реализация хорошей акустики в помещении, 50 % от взвешенного значения;
- реализация хорошей пространственной акустики офисов открытой планировки, 50 % от взвешенного значения.

S3.2. *Звукоизоляция* (звукоизоляция лучше требуемого уровня, 100 % от взвешенного значения).

Инновации (1)

II.1. *Инновации* (внедрение одобренной инновации, 20 % от взвешенной стоимости за каждую инновацию).

Стоит сказать несколько слов о группе критериев «Окружающая среда и энергия». Неотъемлемой частью оценки воздействия на окружающую среду и энергоэффективности является эффективность использования воды в здании. В мире запасы пресной воды истощаются, и необходимо предотвратить ненужный расход чистой воды. В частности, для нагрева питьевой воды требуется большая часть энергии, используемой зданиями. Можно получить 35 баллов по оценке воздействия здания на окружающую среду

и энергоэффективности. Самый большой вес приходится на энергетическую секцию: максимальное количество баллов составляет 16. Второй по значимости является оценка углеродного следа жизненного цикла здания, которая стоит 12 баллов. За потребление воды дают 3 балла. Последний балл – это оценка воздействия здания на окружающую среду. Расчет углеродного следа основан на стандарте EN 15978 «Оценка экологических характеристик зданий – метод расчета». В это же семейство стандартов входит стандарт EN 15804, который определяет расчет уровня продукта как часть расчета жизненного цикла всего здания. Чтобы облегчить оценку последствий всего жизненного цикла, жизненный цикл здания разделен на части в соответствии с табл. 53.

Таблица 53

Этапы расчета углеродного следа жизненного цикла

Этап	Содержание
A	<i>Проектирование и строительство</i>
A1–A3	Стадия продукта
A4	Транспортировка на строительную площадку
A5	Операции на площадке
B	<i>Рабочая фаза</i>
B1	Эксплуатация
B2	Техническое обслуживание
B3	Ремонт
B4	Замена деталей
B5	Капитальный ремонт
B6	Энергопотребление
B7	Использование воды
C	<i>Фаза демонтажа</i>
C1	Демонтаж
C2	Перевозки на этапе демонтажа
C3	Переработка отходов сноса
D	<i>Воздействие, не связанное с жизненным циклом</i>
D1	Повторное использование, переработка, продажа энергии

Расчет углеродного следа жизненного цикла осуществляется в соответствии с метриками жизненного цикла FIGBC (Green Building Council Finland) для зданий, содержание которых соответствует минимальным требованиям (калькулятора CO) (табл. 54) [203].

Таблица 54

Этапы расчета энергопотребления здания

№ п/п	Описание этапа
1	Исходные данные для расчета: данные о погоде, микроклимат в помещении, ограждающие конструкции, освещение, устройства потребителей, внутренние тепловые нагрузки, ГВС
2	Нетто-потребность в тепловой энергии, расчет на месяц
3	Температура в помещении в летнее время и необходимость охлаждения
4	Чистая потребность в энергии охлаждения, почасовой расчет
5	Системы, расчет на год
5.1	Техническая вода
5.2	Обогрев
5.3	Освещение и другое электричество
5.4	Охлаждение
5.5	Синергия возобновляемых источников
5.6	Покупное энергопотребление здания, кВт·ч: электроэнергия, централизованное теплоснабжение, централизованное охлаждение, отопление
6	Суммируются величины в Е-показателе здания

В качестве основной информации для процедуры требуются паспорт объекта фазы проекта FIGBC и энергетический сертификат. Результаты сравниваются с отдельными результатами аналогичных объектов. Расчет и сравнение углеродного следа жизненного цикла дает 3/12 общего количества баллов по критериям. Остальные 9/12 балла могут быть достигнуты поэтапно, если сокращение углеродного следа за весь жизненный цикл составит 10–50 % по сравнению с эталонным уровнем [204].

Расчетное эталонное значение энергоэффективности здания, или Е-показатель, представляет собой годовое потребление энергии при покупке, взвешенное по коэффициентам форм энергии на чистую площадь, отапливаемую при стандартном использовании типа здания, кВт·чЕ/м²·год (единица измерения для базовых значений показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов, дополненная Е-показателем). Далее необходимо отметить следующее:

- Е-показатель необходим при составлении энергетического отчета или получении энергетического сертификата;
- энергопотребление, технические системы, метод отопления и форма энергии учитываются при расчете данного параметра;
- Е-показатель имеет верхний предел для новостроек, который зависит от типа здания. Предельные значения рассчитываются по формулам согласно § 4 финского Регламента 1010/2017. В небольших домах на верхний предел влияет площадь, в бревенчатых домах свои предельные значения;
- Е-показатель не зависит от пользователя или фактического потребления;
- Е-показатель лучше для больших домов, чем для маленьких;
- расчет общего потребления энергии и Е-показателя включает:
 - отопление помещений;
 - вентиляционное отопление;
 - горячая вода для бытовых нужд;
 - охлаждение;
 - освещение;
 - потребительские устройства.

И более конкретно: расчет отопления помещения довольно сложен. Учитываются кондуктивные тепловые потери (энергия, передаваемая через конструкции). Это зависит от площади оболочки, коэффициента теплопередачи и мостиков холода. Прибавляются также тепловые потери натекающего воздуха (энергия, необходимая для нагрева отработанного воздуха). Это зависит от герметичности и площади оболочки, этажности здания. Наконец, добавляется расчет нагрева вытесняющего и приточного воздуха в помещении до комнатной температуры (энергия, необходимая для вентиляционного обогрева). Это зависит от заданных значений температуры. Полезные тепловые нагрузки вычитаются из потребности помещения в тепловой энергии [205].

В 2012 г. в Финляндии впервые были установлены требования энергоэффективности для всего здания. Нормы энергоэффективности для до-

мов с нулевым потреблением энергии применяются ко всем новым зданиям с конца 2020 г. По протоколу RTS, для новых зданий энергоэффективность, рассчитанная в соответствии с E-величиной (2018 г.), должна быть такой же или ниже, как указано в табл. 55 [202].

Таблица 55

Показатели энергоэффективности для новых зданий по протоколу RTS

%	Уровень	Дом ленточной застройки	Многоэтажное здание	Офис	Коммерческое строительство	Съемное жилье	Образовательные учреждения	Спортзал	Больница
0	–	105	90	100	135	160	100	100	320
10	–	100	86	96	128	150	96	96	303
20	min ★★	95	83	91	121	141	93	93	286
30	min ★★★	90	79	87	113	131	89	89	269
40	min ★★★★	85	75	82	106	121	85	85	252
50	–	81	71	78	99	112	82	82	235
60	–	76	68	74	92	102	78	78	218
70	A+	71	64	69	85	92	74	74	201
80	–	66	60	65	77	82	70	70	184
90	–	61	56	60	70	73	67	67	167
100	A++	56	53	56	63	63	63	63	150

В критерии «S1.4. Выбросы от материалов» акцент ставится на сокращении воплощенного углерода в материалах в течение жизненного цикла. Особое значение имеют выбросы от производства строительных материалов, которые в отрасли называют «предварительным выбросом углерода»; эти выбросы становятся негативным фактором еще до начала эксплуатации здания.

Классификация строительных материалов состоит из трех категорий выбросов, причем категория M1 представляет собой самый высокий стандарт,

а категория М3 включает материалы, не соответствующие требованиям класса М2. В этой классификации изложены нормы выбросов строительных материалов, приспособлений и мебели, используемых в рабочих и жилых помещениях, с целью обеспечения оптимального качества воздуха. Введение новых специальных стандартов особенно актуально для офисных стульев с мягкими и тканевыми обивками. Они должны быть сделаны из низкоэмиссионных материалов. Параметры для них отличаются от общих стандартов М1 из-за особых характеристик мягкой мебели (табл. 56) [200, 206].

Таблица 56

**Требования для низкоэмиссионных материалов
по протоколу RTS**

Изучаемые качества	Класс М1, мг/м ² ч	Класс М2, мг/м ² ч	Мягкие офисные стулья класс М1, мкг/м ³
Выброс общих летучих органических соединений TVOC. Должно быть идентифицировано не менее 70 % соединений	< 0,2	< 0,4	< 20
Отдельные ЛОС, пг/м ³	< EU-LCI гармонизированный список европейских эталонных значений выбросов от строительных материалов в воздух внутри помещений	< EU-LCI	< EU-LCI или < 10
Выброс формальдегида HCHO	< 0,05	< 0,125	< 10
Выбросы аммиака NH ₃	< 0,03	< 0,06	< 10
Выброс соединений CMR, относящихся к категории 1A или 1B в Приложении VI к Регламенту (ЕС) № 1272/2008, мг/м ³ . (Это не относится к формальдегиду)	< 0,001	< 0,001	< 1
Запах	Не пахнет	Не пахнет	Не пахнет

Поскольку 65 % территории Финляндии покрыто лесами, древесина там в изобилии. Ожидается, что эта доля будет расти благодаря Закону о лесах страны, который требует посадки четырех деревьев на каждое срубленное. Передовые финские компании изобретают новые способы использования древесины, от производства одежды до многоэтажных зданий, от упаковки до экологичного топлива и даже производства аккумуляторов. Продукты легко перерабатываются, биоразлагаемы и гипоаллергенны, а CO₂ может сохраняться в спиленной древесине десятилетиями и даже столетиями.

В стадии строительства выбросы углекислого газа в деревянном доме составляют лишь 1/3 по сравнению с возведением бетонных или стальных зданий такого же размера. Замена ископаемого топлива и материалов, таких как пластик или бетон и сталь, используемых для строительства, на дерево и материалы на биологической основе ограничивает выбросы углерода в атмосферу. Поскольку воздействие здания на окружающую среду складывается из его конструктивных решений, продуктов и материалов, используемых при строительстве, а также из того, как здание построено, важно, чтобы в экономике замкнутого цикла продукты производились на биологической основе.

В Финляндии многие изделия из древесины изготавливаются из побочных продуктов и отходов производства или из материалов, регенерируемых после употребления. Они биоразлагаются или применяются для возобновляемых источников энергии. Деревья вырастают, поглощая углекислый газ, и цикл продолжается. Хотя биомасса сама по себе не может заменить все материалы, произведенные из ископаемых и минеральных источников, существуют дополнительные возможности для замены компонентов ископаемого сырья возобновляемыми компонентами на основе древесины. Именно здесь молекулярные биохимические вещества на основе древесины играют ключевую роль.

Финляндия – первая страна, которая ввела налог на выбросы углерода в 1990 г., с тех пор она сократила выбросы парниковых газов примерно на пятую часть. Но на этом ее амбиции не заканчиваются: Финляндия поставила перед собой цель стать углеродно-нейтральной к 2035 г. Она планирует добиться этого за счет внедрения поэтапного отказа от отопления на ископаемом топливе, создания поглотителей углерода для нейтрализации выбросов CO₂ и др. [207].

С начала 2025 г. вступит в силу новый закон о строительстве в Финляндии. Он требует, чтобы для небольших домов и больших зданий составлялись

отчеты о материалах и климатические отчеты. При оценке климата необходимо рассчитать углеродный след жизненного цикла здания, включая углеродный след продуктов. В этом отчете должны быть представлены информация о выбросах парниковых газов, вызванных строительством (т. е. тех, которых удалось избежать благодаря проекту), а также о материалах, содержащихся в здании, и их происхождении [208].

Таким образом, экологический инструмент RTS охватывает все фазы жизненного цикла здания. Макропоказателями данной программы являются ОВКВ (HVAC), экологическая безопасность и защита окружающей среды. Также фондом RTS создан сетевой модуль для расчета углеродного следа, а для решения вопросов энергоэффективности и воздуха в помещениях финский протокол является наиболее подходящим по сравнению с LEED и другими зарубежными системами.

Его можно применять к новым проектам строительства и реконструкции, а также к вариантам по изменению назначения зданий. Протокол служит для экологической оценки многих типов зданий: от детских садов и школ, офисных и коммерческих зданий, больниц и спортивных объектов до жилых зданий.

Получение экологического сертификата RTS означает, что третья сторона провела беспристрастную и тщательную оценку проекта и подтвердила его соответствие экологическим стандартам. Пользовательский интерфейс на основе браузера предоставляет всем участникам проекта доступ к документации, подтверждающей выполнение требований сертификации. RTS постоянно обновляет свои критерии и нормативы в соответствии с действующим законодательством.

Оценка воздействия материалов на окружающую среду базируется на шведско-финской экологической декларации строительных материалов. Эту информацию дополняют данные, полученные благодаря достижениям VTT (VTT Technical Research Centre of Finland Ltd) – финского исследовательского центра мирового уровня, известного своими инновационными материалами, методологиями и технологиями, способствующими экологичному строительству и производству (рис. 43) [209].



Рис. 43. Здание, сертифицированное по «зеленой» программе RTS (Финляндия).
(Источник: <https://rakersystems.fi/en/municipalities-and-property-developers/environmental-certifications-for-construction-projects/>)

2.12. Система экологической сертификации зданий во Франции

Человечество стонет под тяжестью
достигнутого им прогресса.
Оно не понимает, что будущее
зависит от него.
Оно должно увидеть,
хочет ли оно продолжать жить.

А. Бергсон.

Два источника морали и религии, 1932 г.

В этих словах Анри Бергсона выражена тревога французов по поводу дальнейшего прогресса человечества и растущее осознание недостатка ресурсов для обеспечения всем людям комфортных условий жизни. В этой связи цель экологического строительства во Франции состоит в том, чтобы разработать метод в качестве вспомогательного средства для принятия решений, позволяющих оценивать или сравнивать различные альтернативы проекта для определения наиболее подходящего варианта в рамках комплексного понятия устойчивого развития, т. е. такого, которое удовлетворяет потребности современного населения, не ставя под угрозу способность будущих поколений следовать своим ценностям. Необходимо и возможно разработать и реализовать справедливые стратегии социально-экономического развития, уважающие окружающую среду, называемые стратегиями экоразвития [210]. Во Франции экологическая сертификация носит название «Высокое качество окружающей среды» (Haute Qualité Environnementale, HQE). Она основана на принципах устойчивого развития, впервые изложенных в 1992 г.:

- приумножение наследия и сохранение ресурсов;
- улучшение качества местной окружающей среды;
- поддержание биоразнообразия;
- развитие интеграции;
- укрепление социальных связей.

С 1996 г. HQE контролируется парижской ассоциацией Haute Qualité Environnementale (ASSOHQE), созданной под эгидой Министерства оборудования, жилищного строительства и транспорта MELT. За последние 20 лет компания сертифицировала 380 тыс. проектов на 85 млн м² в 26 странах.

Формальное определение качества окружающей среды, согласно Ассоциации HQE, выглядит следующим образом: «Качество окружающей

среды QE здания соответствует характеристикам сооружения, его оборудованию (в продуктах и услугах) и остальным задачам эксплуатации или адаптации объекта, которые делают возможным контролировать воздействие на внешнюю среду и создавать комфортную и здоровую внутреннюю среду» [211].

Цели нельзя рассматривать изолированно. При разработке проекта каждая определенная задача должна быть принята во внимание как неотъемлемая часть системы, каждое решение может модифицировать ее или даже дестабилизировать. Также важно отметить неоднородный характер целей: некоторые из них могут быть выражены в «экономических» терминах (качество энергии, эксплуатационные затраты), в то время как другие остаются чисто качественными. Таким образом, экологические цели – это не просто наложенные друг на друга решения, которые принимаются исключительно на основе технического анализа, но единая система оценки реализованного проекта. В протоколе HQE оценивается экологическое качество всего строительного процесса. Структура методологии включает 14 задач («целей» – cibles), разделенных на два домена – внешнюю (maitriser les impacts sur l'environnement exterieur) и внутреннюю среды (creer un environnement interieur satisfaisant), сгруппированных в четыре темы: «зеленое» строительство, экологический менеджмент, комфорт, здоровье. Выдача сертификата устойчивости HQE происходит при успешном достижении указанных целей. Ниже показаны макропоказатели французской системы (табл. 57).

Таблица 57

Оценочные классы метода HQE

Рейтинг	Категории (темы) HQE	Критерии (цели, задачи)
★★★★	Экостроительство (eco-construction)	Гармоничная связь здания с окружающей средой. Комплексный выбор материалов и технологий. Строительная площадка с низким уровнем воздействия
★★★★	Экоменеджмент (eco-gestion)	Управление энергопотреблением. Управление водопользованием. Управление отходами. Техническое обслуживание и ремонт

Рейтинг	Категории (темы) HQE	Критерии (цели, задачи)
★★☆☆	Комфорт (confort)	Гигротермический комфорт. Акустический комфорт. Визуальный комфорт. Обонятельный комфорт
★★☆☆	Здоровье (sante)	Гигиенические условия. Качество воздуха. Качество воды

Отсутствие звезд и выполнение всех предварительных требований дает оценку HQE Passe. Для получения сертификата проект должен обеспечить достижение не менее семи целей по методологии HQE, представленных на эффективном уровне – не менее четырех целей и на очень эффективном уровне – не менее трех целей [211]. Далее ранжирование имеет вид:

- от 1 до 4 звезд – «хорошо» (HQE Bon);
- от 5 до 8 звезд – «очень хорошо» (HQE Très bon);
- от 9 до 11 звезд – «отлично» (HQE Excellent);
- 12 звезд и более (не менее трех звезд за категорию «Экоменеджмент») – «исключительно» (HQE Exceptionnel).

Есть три схемы сертификации, которые реализуются различными организациями. В частности, представлены сертификация схем «Коммерческие здания новые и после реконструкции NF HQE™ Bâtiments tertiaires – Neuf ou Rénovation», «Коммерческие здания в процессе эксплуатации NF HQE™ Bâtiments tertiaire en exploitation» под эгидой Certivéa – исторического и эксклюзивного партнера Alliance HQE-GBC France (Совета по экологическому строительству), а также схемы «Индивидуальные и коллективные дома NF Habitat HQE» под контролем Céquami и Cerqual Qualité [212]. В данных сертификатах повышенное внимание уделяется показателям, связанным с личной безопасностью, надежностью и минимальной энергоэффективностью (150 кВтч/м²/год).

В 2022 г. появилось 3 новых семейства сертификатов HQE:

- здание HQE Bâtiment (HQE-B);
- «Экологически безопасное здание HQE Bâtiment Durable (HQE-BD)»;
- «Территория устойчивого развития HQE Territoire Durable», выдаваемых Certivéa.

Они предназначены для всех типов коммерческих зданий в различных сферах деятельности, таких как офисы, магазины, гостиницы, школы, музеи, больницы и другие здания, а также для устойчивого развития районов и городов и определенной инфраструктуры.

Схема HQE Bâtiment доступна в трех сертификатах: «Строительство HQE-B Construction», «Реновация HQE-B Renovation», «Эксплуатация HQE-B Operation». Данные модульные стандарты адаптированы к характеру сертифицируемого здания: офисам, магазинам, складам, отелям, детским садам, школам, кампусам, музеям, медиатекам, полицейским участкам и т. д.

Схема HQE Bâtiment Durable (HQE-BD) является четвертой версией (v.4) устойчивого строительства HQE. Она доступна в трех вариантах: «Строительство HQE-BD Construction», «Реновация HQE-BD Renovation», «Эксплуатация HQE-BD Exploitation» и хорошо подходит к тем же самым типам зданий.

Схема HQE Territoire Durable, предназначенная для районов, территорий и развернутых там инфраструктур, имеет две опции: «Устойчивое развитие HQE Aménagement Durable (HQE-AD)» и «Устойчивая инфраструктура HQE Infrastructures Durables (HQE-ID)» [213].

Образовательные здания, безусловно, являются самыми многочисленными, спроектированными в соответствии с подходом HEQ [211].

Рассмотрим подробнее цели этой «зеленой» программы, так как представленная в них методология служит важным рычагом на пути к более благоприятному и экономному строительству с точки зрения экологической безопасности [214, 215].

Тема «Экостроительство» (Ecoconstruction)

Цель 1 – гармоничная связь здания с окружающей средой. Данная цель предполагает использование потенциала местности для управления ее преимуществами и недостатками, создания комфортной среды обитания и уменьшения риска возможных конфликтов между зданием и его окружением. Непосредственное окружение зданий охватывает территорию, на которой они будут построены, прилегающее пространство и орган местного самоуправления, осуществляющий контроль за их строительством.

Для достижения данной цели следует учитывать характеристики ближайшего окружения здания, руководствоваться принципами управления преимуществами и недостатками принимающей местности, такими как

ориентация здания по ходу солнца и ветра, рельеф местности, существующая растительность, характер почвы и подножия, наличие поверхностных вод и доступность транспортной инфраструктуры, а также соблюдать правила строительства жилых и промышленных объектов. Это позволит достичь высокого качества здания с точки зрения минимизации его воздействия на внешнюю среду и обеспечить благоприятные условия для жизнедеятельности людей. Кроме того, необходимо сократить риск возможных негативных воздействий на окружающую среду, таких как шум, запах, загрязнение, обеспечить право на солнечный свет, обзор, спокойствие, удобство и доступность.

Цель 2 – комплексный выбор строительных материалов и технологий. В протоколе HQE выбор материалов основан на использовании технических, экономических и эстетических критериев, объединенных с экологическими требованиями по экономии природных ресурсов, контролю окружающей среды и рискам для здоровья на протяжении всего жизненного цикла здания вплоть до его сноса. Многие элементы конструкции могут оказывать существенное влияние на окружающую среду, на комфорт пользователей, а также на их здоровье. Более того, качественные материалы и их применение являются определяющими факторами экологической безопасности, что существенно влияет на общую стоимость работ. Выбор производственных процессов и материалов, не наносящих ущерба окружающей среде, означает: экономию ресурсов (сырья, энергии, воды) и их возможное повторное потребление, переработку и восстановление в конце срока службы; оценку рисков загрязнения почвы, воды и воздуха во время производства, а также рисков, связанных с транспортировкой и эксплуатацией и сносом здания.

С точки зрения здоровья основные риски исходят от наличия паров токсичных продуктов, используемых во время строительства. В этой связи стандарт HQE поощряет использование древесины. Во Франции доля ее применения близка к 10 % от всех стройматериалов. Государственные органы в соответствии с Законом о воздухе рекомендуют увеличить эту долю на 25 %, чтобы сократить выбросы парниковых газов примерно на 7 млрд т. Выбор древесины связан со многими преимуществами: низкая первичная энергия, простота реализации, тепловой и гидротермический комфорт, обновленный архитектурный дизайн и т. д. При этом разработчики проектов должны полагаться только на сертифицированную древесину из лесов, управляемых в соответствии с принципами устойчивого развития. Приоритет должен быть отдан породам в соответствии с классами биологического риска и предпочтению естественно устойчивых пород, чтобы уменьшить количе-

ство обрабатываемой древесины. Во всех случаях должна быть выполнена конструктивная защита древесины, особенно снаружи.

Однако экологический подход HQE не ограничивается использованием возобновляемых материалов и изделий, не представляющих опасности для здоровья. Решение HQE скорее заключается в оптимизации качества каждого материала и сокращении количества используемого материала до строго необходимого в соответствии с технической, экономической и экологической значимостью. Высокотехнологичный уровень современного производства малотоннажной химии базируется на большом предложении изделий с целью как можно более полно удовлетворять индивидуальный спрос на рынке. Производителям рекомендуется предоставлять подробную информацию о продуктах и производственных процессах, оказывающих воздействие на окружающую среду. К ним относятся: технические заключения CSTB с учетом качества окружающей среды, разработка экологических деклараций (листов, этикеток) по охране окружающей среды и здоровья FDES для строительной продукции. Поскольку инструменты «зеленого» строительства отличаются высокой наукоемкостью, малыми объемами заказов, дорогостоящим аналитическим (лабораторным) оборудованием, владельцы зданий и разработчики как индивидуальные потребители должны тщательно взвешивать различные критерии, каждый из которых может применяться к различным фазам жизненного цикла здания. Вес этих критериев и фаз немалый. Надежная, точная, полная и интересная информация о жизненном цикле материалов поможет сориентироваться в большом пространстве неопределенности выбора.

Цель 3 – строительная площадка с низким уровнем шума. «Жизнь» здания, от проекта до сноса, характеризуется большим количеством стройплощадок. «Зеленая» стройплощадка должна соответствовать целям устранения неудобств, загрязнений, улучшения управления отходами, обеспечения безопасности и здоровья персонала. Необходимо ограничивать громкий и повторяющийся шум строительных машин и оборудования с серьезными последствиями для слуха; предупреждать выбросы пыли и дыма от продуктов или производственных процессов с вредными последствиями для здоровья в более или менее долгосрочной перспективе. Эти риски неприемлемы, если заранее не позаботиться о средствах индивидуальной защиты и звукоизоляции машин. Вместе с тем стройплощадки являются источниками ухудшения благополучия местных жителей. Шум, пыль, неудобства, связанные с движением техники и грузов, оказывают негативное воздействие на их

самочувствие. Эти недостатки минимизируются за счет наилучшей техники и надлежащей организации задач и логистики. Борьба с загрязнением воздуха, воды и почвы заключается в снижении выбросов веществ – как твердых, так и жидких (шлам, опалубочные масла, цементное молоко и т. д.) или газообразных (цементная пыль, растворители, краски и проч.). Некоторые жидкие вещества могут стекать на землю, тем самым загрязняя подземные воды или коллективные сети. Для ограничения этих видов загрязнения необходимо создавать участки сбора или очистки, а загрязненную воду хранить в отстойниках перед переработкой.

Очень важным вопросом является контроль за строительными отходами, их сортировка с целью восстановления и уменьшения объема при захоронении. В рамках программы HQE «зеленая» стройплощадка начинается во время проектирования с выбора строительных систем и процессов (выбор сложных методов, многоразовых или перерабатываемых продуктов и материалов, макетов и т. д.). Мотивация управленческого персонала, осведомленность рабочих на этапе подготовки строительства помогают изменить поведение каждого для совместной реализации проекта, выполнить столь деликатную и сложную задачу, как устройство «зеленой» стройплощадки.

Тема «Экоменеджмент» (Eco gestion)

Цель 4 – управление энергией. Энергосбережение стало фундаментальной проблемой с 1970-х гг. Программа HQE нацелена на решение данной задачи с точки зрения планетарного экологического измерения путем отказа от ресурсозатратных методов, особенно в отношении традиционных невозобновляемых ископаемых, а также сокращения выбросов парниковых газов.

Снижение потребности в энергии и увеличение независимости от ее поставок имеют первостепенное значение для достижения целей программы HQE. Это можно осуществить благодаря внедрению очень строгого биоклиматического проектирования, включающего в себя планировку и ориентацию, размеры и расположение остекленных поверхностей, объем и глубину помещений, композицию стен и полов, теплоизоляцию и инерцию. Кроме того, энергоэффективность освещения, кондиционирования воздуха, вентиляции, информационных технологий и бытового оборудования должна быть тщательно разработана. В коммерческих зданиях, предназначенных для офисов, торговых центров, гостиниц, административных и иных целей, указанные расходы эквивалентны тратам на отопление и производство горячей воды для бытовых нужд.

Для уменьшения затрат на энергопотребление можно использовать светодиодные или другие энергоэффективные лампы, высокочастотные светильники, датчики движения и света; а также устанавливать теплоотражающие материалы на стенах, терморегуляторы, системы управления с помощью технологий Интернета вещей IoT, вентиляцию с возвратом и рекуперацией тепла и проч. Важно учитывать при выборе технологий не только критерий снижения потребления, но и иерархию воздействия на окружающую среду различных источников энергии, включая активное или пассивное солнце, ветер, биомассу, геотермальную энергию и т. д. Это означает, что разные источники энергии вносят разный вклад в сохранение окружающей среды.

Эффективное использование солнечной энергии, ветра и геотермальной энергии способствует снижению выбросов углекислого газа в атмосферу и сближению с целями программы HQE по уменьшению выбросов парниковых газов. Кроме того, эти источники энергии являются возобновляемыми и не требуют постоянных затрат на добычу и транспортировку топлива. Важно также учитывать, какие источники энергии будут использоваться в процессе производства и утилизации технологий. Выработка энергии на ветряных электростанциях имеет нулевую углеродную эмиссию, что позволяет значительно снизить выбросы углекислого газа, но производство и утилизация ветряных турбин могут потреблять определенное количество энергии и материалов, что также должно быть учтено при принятии решений по экологической безопасности. Снижение энергопотребления зданий напрямую зависит от производительности и качества оборудования, а также эффективности генераторов, которые производят различные загрязняющие вещества в зависимости от их конструкции.

Оптимизация работы системы отопления и установка энергосберегающих технологий являются важными мерами для достижения прогресса в экономии тепла и затрат на энергию. На сегодняшний день, как правило, зданиям недостает качественной вентиляции, что приводит к недостаточному доступу свежего воздуха, увеличенной концентрации загрязняющих веществ и плохому качеству воздуха внутри помещений, что, собственно, негативно сказывается на здоровье людей. Регулирование воздухообмена, которое может быть реализовано через двухпоточную вентиляцию с рекуперацией тепла и настройками влажности и CO₂, датчиком присутствия, а также механической тягой дымохода, способствует увеличению энергоэффективности зданий.

Кондиционирование воздуха давно стало стандартом, особенно для летнего комфорта, но у него есть недостаток, заключающийся в высоком

энергопотреблении и использовании хладагентов, вредных для окружающей среды и здоровья людей. По этой причине требования к охлаждению могут быть выполнены за счет конструкции здания (оболочки, ориентации стеклянных стен, защиты от солнца и т. д.) или системы охлаждения (полов, потолков и т. д.), позволяющих снизить температуру внутри здания. Внедрение автоматизированного управления объектом дает возможность постоянно корректировать потребности в тепле, холоде и свете в зависимости от температуры и внешней освещенности или занятости помещений.

Чтобы ограничить воздействие здания на экосистемы (парниковый эффект, озоновый слой, кислотные дожди, истощение запасов ископаемого топлива и т. д.), протокол HQE предоставляет выбор одного или нескольких возобновляемых источников энергии для подачи электроэнергии или тепла в здание, а заказчикам и подрядчикам – право устанавливать иерархию между экологическими и экономическими критериями при определении общих затрат.

Цель 5 – управление водными ресурсами. В данном сегменте представлены вопросы управления водными ресурсами. Они связаны с возрастающей потребностью в воде и ее доступностью для жителей. Сейчас сообщества понимают необходимость более осознанного и бережного использования такого рода ресурсов, особенно в случае с питьевой водой. Кроме того, различные источники загрязнения оказывают негативное воздействие на качество воды, включая дождевую и грунтовую, реки и озера. Требуется специальная очистка воды, что приводит к значительному увеличению затрат на санитарии и распределительную сеть здания.

Чтобы обеспечить эффективное управление водными ресурсами, планирование мероприятий необходимо проводить на этапе проектирования объекта. Для этого используются различные методы, такие как экономия питьевой воды, использование дождевой воды и контроль сточных вод. Эффективность достигается путем сокращения утечек, качественного обслуживания сетей и точек распределения водопотребления, а также с помощью водосберегающих устройств, включая редукторы давления, которые позволяют регулировать расход и ограничивать давление в точке распределения, предотвращая преждевременное старение оборудования. Также используются редукторы потока для снижения потребления, туалетные смывы с селективным управлением на три или шесть литров, смесители для быстрой подачи воды нужной температуры и низкопотребляющие сантехнические приборы.

В соответствии с протоколом HQE для различных видов хозяйственной деятельности, таких как полив зеленых насаждений, системы пожаро-

тушения, мытье транспортных средств и помещений, подача смыва в туалеты и стирка белья, используется система сбора дождевой воды. Процесс ее сбора осуществляется путем отвода воды с крыши, открытых площадок на земле, автостоянок и дорог в цистерну с защитой от света, тепла и геля для последующего хранения. После предварительной очистки дождевая вода подается в сеть для потребления. Объем расхода дождевой воды зависит от количества осадков, характеристик здания или площади водосбора. До 45 % водопотребления может быть восполнено за счет дождевой воды. В случае водосбора с парковок и дорог вода должна подвергаться очистке через систему разделения ила и углеводов. Французские правила запрещают оборудование сетей технической воды в зданиях, поэтому для каждого проекта необходимо запрашивать разрешение у служб здравоохранения. Во избежание риска ошибки сети питьевой и непитьевой воды должны быть разделены.

Протокол HQE предусматривает отвод дождевой воды для предотвращения загрязнения грунтовых вод, а также рисков затопления в случае сильных дождей. Поэтому необходимо соблюдать проницаемость пешеходных дорожек. «Серый» сток, т. е. вытекающая из умывальников, ванн и посудомоечных машин вода, требует соответствующей очистки и затем подается для полива растений или других целей, не требующих питьевой воды. Очистка может варьироваться в зависимости от способа использования воды. Согласно протоколу, в некоторых случаях рекомендуется система фильтрации, включающая угольные фильтры или обратный осмос. Регенерация «серого» стока позволяет сократить потребление пресной воды и уменьшить объем загрязнения бытовыми отбросами, снижая воздействие на окружающую среду.

Водостоки со специфическим загрязнением не могут быть сброшены непосредственно в коллективную сеть и должны быть очищены посредством септиков, отстойников, песчаных фильтров или фильтрующих траншей. В случае отсутствия канализационной сети, необходимо обеспечить автономное водоотведение грязных стоков в специальные емкости.

Цель 6 – управление отходами. В данном разделе затрагивается проблема обеспечения безопасной переработки и утилизации отходов. Согласно данной цели, начиная с 2002 г. во Франции на свалку можно складировать только окончательные отходы. Любые текущие материалы строительства, а также после сноса здания должны храниться в соответствующих контейнерах с целью последующей переработки или рекуперации (сортировки, очистки, утилизации и переработки). Основная цель состоит в том, чтобы уменьшить количество отходов путем использования процессов переработки и утилизации различных типов отходов. Например, на коммерческой

рабочей станции проводится финальная обработка и переработка отходов, отделение металлических компонентов от отходов, извлечение ценных материалов, таких как пластик, стекло, бумага, различные химические соединения и проч., производится очистка воды, удаление вредных и токсичных компонентов, дезинфекция отходов.

В целях оптимального и безопасного управления отходами необходимо предусмотреть надлежащие помещения для сбора различных типов отходов, а также определить их количество, вместимость, расположение и технические особенности. Если имеется несколько промежуточных складов, необходимо продумать путь для транспортировки отходов в центральное помещение, чтобы облегчить их сбор в одном месте. При разработке проектов дизайнеры должны уделять внимание различным аспектам, включая расположение, количество и размеры контейнеров, их доступность, уборку помещений и т. д., чтобы обеспечить эффективный и безопасный раздельный сбор. Согласно новой стратегии отношения к отходам, целью являются их сокращение и восстановление. Для этого заинтересованные лица могут применять несколько способов в зависимости от характера отходов: компостирование или метанизацию «зеленых» отходов для органического восстановления ресурсов, сбор отходов для производства бумаги, картона, стекла и металлов, а также энергетическую рекуперацию для всех типов отходов, сжигаемых на мусоросжигательном заводе. Отходы могут быть разделены на три категории: бытовые, обычные промышленные и специальные промышленные. Утилизация обычных промышленных отходов осуществляется производителями и включает в себя различные процессы: переработку, рециклинг, восстановление и сжигание на специально оборудованных заводах. Цель состоит в том, чтобы сократить объемы отходов и снизить их воздействие на окружающую среду. Переработка включает в себя преобразование отходов в новые продукты, что может снизить необходимость затрат природных ресурсов (к примеру, полимерные отходы перерабатываются в пластиковые гранулы с последующим изготовлением новых изделий). Рециклинг, или переработка отходов для повторного использования тех же материалов, помогает сохранить природные ресурсы и уменьшить объемы отходов (например, бумажные отходы служат материалом для получения новой бумаги). Восстановление включает в себя подготовку отходов для производства аналогичных изделий (из металлических отходов производится новая металлическая продукция). Сжигание отходов позволяет получить электроэнергию и тепло, которые поступают в промышленный сектор и для отопления жилья, тем самым снижая зависимость от природных ресурсов. Утилизация специальных промышленных отходов

(картриджей для принтеров или копировальных аппаратов, отработанных ма-сел и т. п.), представляющих опасность для окружающей среды, должна про-водиться специализированными службами.

Цель 7 – техническое обслуживание и ремонт. Данная задача связана с минимизацией расходов в соответствующих секторах. Однако во Франции недостаточно внимания уделяется рассмотрению технического обслуживания и эксплуатации здания как стратегических концепций, не отделимых от первоначальных целей. В рамках протокола HQE менеджмент по эксплуатации зданий получает приоритет перед запросами строителей, так как оценивается как важная стратегическая задача. При этом следует учитывать природные ограничения – климатические условия, геологические, гидрологические и другие особенности местности, а также необходимость обустройства городской среды и ее реновации с помощью специального оборудования, подготовки квалифицированного персонала для обслуживания, развития доступности территории на основе бережного освоения близлежащих ресурсов.

Понятие устойчивости базируется на жизненном цикле общественных зданий от момента создания до утилизации и является неотъемлемой частью данной проблематики. Внедрение экологической методологии направлено на изменения менталитета и требует основательного рассмотрения технических требований, связанных с обслуживанием и ремонтом зданий на поздних стадиях жизненного цикла. Необходимо обращать особое внимание на организацию технического обслуживания, которое способствует более эффективному функционированию зданий, бережному использованию ресурсов и экологическому планированию. Важно обучать персонал, а также готовиться к переговорам по контрактам на обслуживание и операционным контрактам при внешнем управлении.

Второй важный аспект заключается в выборе более экологических процессов, материалов и оборудования с учетом их влияния на окружающую среду и здоровье пользователей и обслуживающего персонала. Для этого необходимо производить оценку и выбор процедур содержания и обслуживания технологий, включая продукты и материалы, требующие периодического обновления в течение срока службы здания, такие как краски, покрытия, лаки, герметики и т. д.

Тема «Комфорт» (Confort)

Цель 8 – гигротермический комфорт. Достижение гигротермического комфорта является индивидуальным восприятием в отношении влажности

и температуры окружающей среды в помещении. Создание такого комфорта зависит от условий, обеспечивающих однородность гидротермической среды (включая ориентацию и установку остекления, теплоизоляцию, инерцию, относительный комфорт летом, зимой, осенью, разницу в температуре от пола к потолку, сквозняки, воздействие холодной стены), и правильного выбора оборудования (включая системы отопления и вентиляции и их управление). Протокол HQE, основанный на экологическом подходе, дает приоритет «пассивным» системам вместо дорогостоящих энергоэффективных объектов, основываясь на продуманном архитектурном проектировании (включая использование климата, защиту от солнца и т. д.). Таким образом, подход HQE направлен на одновременную оптимизацию потребления и энергосбережения, а также благотворное воздействие на самочувствие людей.

Для максимизации использования солнечной энергии в зимний период и ограничения ее летом необходимо проводить биоклиматические исследования по расположению и ориентации застекленных поверхностей. Усиление теплоизоляции застекленных стен посредством использования материалов с высоким термическим сопротивлением поможет уменьшить потери тепла. Для обеспечения гигрометрического комфорта в межсезонье эти стены должны обладать высокой тепловой инерцией.

При выборе системы отопления следует учитывать направленность и характеристики помещения, такие как площадь поверхности, объем, внутренняя атмосфера, вид и род деятельности. При отоплении инфракрасными панелями тепло передается от нагревательного элемента (обычно электрического или газового) через излучение, аналогичное солнечным лучам, поглощаемое поверхностями и предметами. Этим оно отличается от обычных систем конвекционного отопления за счет движения воздуха, циркулирующего внутри здания. Инфракрасная система отопления предпочтительна из-за ее способности обеспечивать равномерное распределение тепла и предотвращать заметные колебания температуры. Встроенная автоматика позволяет легко контролировать параметры работы нагревательных устройств. Они не поглощают кислород, создавая условия для здорового микроклимата. При этом возможна организация локального обогрева здания, когда тепло подается только в определенные зоны, что, в свою очередь, позволит снизить расходы за счет эффективного использования пространства. Двухпоточной вентиляцией с регулируемым уровнем влажности можно обеспечить оптимальный уровень влаги (в пределах 40–50 %) в помещениях. При повышенной влажности возрастает риск

простуд и гриппа, появляется чувство удушья, а также активно развиваются бактерии и плесневые грибы, токсины которых очень опасны для организма человека. Воздух с повышенной влажностью может привести к повреждению и обесцвечиванию конструкции, образованию конденсата на окнах или стенах. Приточно-вытяжная вентиляция в сочетании с увлажнением и рекуперацией тепла подает чистый воздух в помещение и одновременно удаляет загрязненный. Ключевым компонентом этой установки является рекуператор, обеспечивающий теплообмен между воздушными потоками. Приточно-вытяжные установки в базовой конфигурации в первую очередь снижают уровень влажности в помещениях и функционируют как изотермические осушители воздуха. В более продвинутой конфигурации эти устройства также могут выполнять фильтрацию, нагрев, охлаждение, увлажнение или осушение воздуха в процессе вентиляции. Централизованные автоматизированные системы управления должны быть установлены для обеспечения гигротермического комфорта вместе с возможностями индивидуализированного управления – открывать окна, регулировать температуру окружающей среды или скорость диффузии воздуха.

Цель 9 – акустический комфорт. Уменьшение или устранение раздражающих шумов необходимо для достижения удовлетворительного уровня акустического комфорта внутри здания. Это является важным фактором для повышения качества повседневной жизни, поскольку негативные последствия шумового загрязнения могут привести к повышенной нервозности, нарушениям сна и даже серьезным проблемам со здоровьем. Для достижения этой цели на этапе проектирования здания рекомендуется проведение инвентаризации и квалификации источников шумового загрязнения и принятие мер по защите помещения от внешних шумов (акустический экран, акустическое зонирование внутреннего пространства в зависимости от назначения помещения) и шума внутри здания (реверберация, боковые передачи и т. д.). Шумовое загрязнение может быть классифицировано на три вида: воздушный шум, ударный и шум от технического оборудования.

В здании, созданном на основе протокола HQE, применяются повышенные акустические правила, которые включают расположение и ориентацию здания, защиту помещения от внешнего шума и дополнительные архитектурные и технические решения, такие как усиление непрозрачных и остекленных стен, использование растительной или животной шерсти для звукоизоляции сплошных стен, а также акустическая безопасность окон.

Внутренний шум может распространяться либо по воздуху, либо по конструкции. Уровень шума, создаваемого оборудованием, должен

соответствовать уровню требований по акустическому комфорту и не превышать 35 дБ(А) в основных помещениях и 50 дБ(А) в служебных помещениях. Технические решения для ограничения распространения звуков и вибраций должны быть приняты в соответствии с уровнем требований по акустическому комфорту, например использование периферийного отделения от стен, антивибрационных прокладок и плавающих стяжек.

Цель 10 – визуальный комфорт. Данный аспект не всегда учитывается должным образом при проектировании современных зданий. Физиологические параметры зрительного комфорта включают в себя освещенность, блики, контрасты, восприятие контуров и цветовые характеристики. Психосоциологические параметры, в свою очередь, определяются параметрами и качеством получаемого света, его распределением, а также взаимодействием с окружающей средой. Система HQE разработала следующие нормы для обеспечения визуального комфорта:

- приоритет отдается естественному освещению, так как оно является более приспособленным к физиологическим потребностям человека, а также имеет важное психологическое значение по сравнению с искусственным;
- учитываются различные источники визуального дискомфорта, включая блики, контрасты и цвета;
- оптимизируется естественное освещение для исключения ослепления;
- используется зимнее солнце и тепло;
- осуществляется контроль летнего перегрева.

Для обеспечения визуального комфорта на этапе проектирования изучаются размеры окон в каждой комнате в зависимости от ориентации, глубины и назначения здания. Оптимизируются характеристики естественного освещения, желаемые цвета стен, риски потерь и перегрева. В дополнение к основным параметрам освещенности используются и другие средства для более равномерного рассеивания света, например световые люки и террасы. В помещениях должна быть возможность регулировать уровень освещенности, например с помощью жалюзи. Места общего пользования (холлы, клетки лестниц и лифты) должны обеспечивать визуальный комфорт для пользователей, сохраняя при этом безопасность и экономию энергии. В случае, когда увеличение естественного освещения затрудняет контроль летнего комфорта, принимаются решения по защите от солнца наружными устройствами, которые предотвратят чрезмерный нагрев открытого фасада, сохраняя при этом дневной свет. Искусственные лам-

пы и светильники в случае необходимости должны компенсировать недостаток естественного освещения с теми же параметрами качества, избегая рисков бликов, восстанавливая цвет освещенных объектов и обеспечивая соответствующий уровень освещения, яркости и контрастности. Однако разработка необходимых параметров освещенности и рисков бликов является сложным процессом, который должен учитывать визуальное удовольствие и эмоции пользователей.

Цель 11 – обонятельный комфорт. Задача – обеспечение обонятельного комфорта в зданиях. Обоняние человека осуществляется путем активации слизистой оболочки запахами, которые затем активируют смысловой аспект. Сложное взаимодействие физических параметров окружающей среды и индивидуальных переменных, таких как ожидания и социальные представления, отсылают к смысловому аспекту обоняния.

Обонятельный дискомфорт сравним с шумом (в случае со звуком), и его возникновение может быть вызвано как внешними, так и внутренними факторами, связанными со зданием, включая негативное воздействие загрязняющих веществ. Речь идет о том, что в силу высокой концентрации городской застройки снаружи могут быть вредные и опасные для здоровья выбросы с предприятий, фабрик, сельскохозяйственных предприятий, автомобильного транспорта и т. д. Внутри здания могут быть патологии, такие как плесень, консервированные продукты (бумага, продукты питания, отходы и проч.), биоотходы, сигаретный дым, запахи канализации. Эти явления не всегда учитываются в устойчивых программах и проектах. Следовательно, обеспечение обонятельного комфорта в зданиях зависит от двух факторов: ограничения количества загрязняющих веществ и устройства надлежащей вентиляции помещений. При невозможности обработки выбросов на месте необходимо расположить воздухозаборники как можно дальше от внешнего загрязнения. Введение двухпоточных вентиляционных систем обеспечивает возможность обработки свежего воздуха, но требует тщательного и регулярного ухода. Кроме того, можно использовать растения, такие как жасмин, акация, каштан, липа и т. д., для уменьшения неприятных запахов или распространения приятных. Все эти требования дополняют основное требование обеспечения санитарного качества воздуха.

Тема «Здоровье» (Santé)

Цель 12 – санитарное состояние помещений – является одним из основных аспектов «зеленого» протокола HQE, учитывающего состояние зданий, создаваемых для здоровья людей.

Риск возникновения химических и биологических опасностей, связанных со зданиями, оценивается по вероятности появления, степени риска (классифицированного от «нулевого» до «определенного») и серьезности его последствий для здоровья людей. Эти риски могут иметь разную природу: канцерогенную, токсическую, аллергенную. Одни – идентифицируемы (окись углерода, асбест, свинец, радон и т. д.); другие – трудно идентифицируемы (микроорганизмы, ЛОС, формальдегид и др.); третьи – только предполагаются (электромагнитные волны и т. п.). Риски, связанные со здоровьем жильцов, могут быть вызваны ненадлежащим использованием материалов или неисправностью оборудования. Их необходимо учитывать на всех этапах жизненного цикла здания. Кроме того, проблема загрязнения волокнами при отделке остается весьма актуальной. Асбест, как канцерогенный материал, должен быть полностью исключен. В настоящее время происходит быстрый прогресс в отношении использования или неиспользования материалов, выделяющих ЛОС и формальдегид: фанеры, древесно-стружечных плит, консервантов для древесины, мочевины-формалина, растворителей для красок, строительных клеев, лаков, напольных покрытий и др. Эти материалы вызывают раздражающие, нейрорпсихологические и даже канцерогенные заболевания. Риски, связанные с данной продукцией, лучше учитывать на этапе проектирования здания.

Цель 13 – санитарное качество воздуха – связана с изучением проблемы санитарного качества воздуха во внутренних помещениях новых и реконструированных зданий, которые могут быть небезопасными для здоровья людей. «Синдром больного здания» появляется из-за плохой вентиляции, влажности, плесени, пыли, окиси углерода от каминов и печей, ЛОС, выделяемых ковровыми покрытиями, тканевых волокон и других факторов.

В то время как некоторые газы естественным образом присутствуют в воздухе (кислород, CO_2 , озон, азот, водяной пар), другие загрязняющие вещества являются результатом антропогенной деятельности (выхлопные, горючие газы, взвешенные частицы). Если первые не должны превышать определенных концентраций (к примеру, предельная норма содержания в воздухе угарного газа 0,1 об. проц.), то вторых вообще не должно быть. Таким образом, качество воздуха зависит от контроля поступающих вовнутрь помещений загрязнений, выбросов от стройматериалов (их называют «предварительным выбросом углерода» до эксплуатации здания), строительной техники, работ по техническому обслуживанию и ремонту, радона, избыточной влажности.

Чтобы обеспечить удовлетворительное качество воздуха, владельцы, проектировщики и менеджеры должны стремиться ограничить загрязнение

и обеспечить хорошую вентиляцию помещений. Для удаления несвежего теплого воздуха из помещений хорошо зарекомендовала себя приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла. Сравнительно недорогие элементы «пассивного» дома также могут помочь в наладке системы вентиляции. Стройматериалы часто становятся источником загрязнения из-за ЛОС, входящих в их состав. В них могут накапливаться другие типы загрязнений и высвобождаться спустя некоторое время. Поэтому необходимо учитывать данные обстоятельства на этапе проектирования. Определенное оборудование, такое как устройства для сжигания топлива, каналы подачи топлива и воздуха, дымоходы, должно иметь стандартную систему безопасности, чтобы предотвратить отравление угарным газом. Контур вентиляции, отопления, охлаждения или очистки воздуха не должны содержать аллергены или опасные для здоровья микроорганизмы, такие как легионеллы и вирусы.

Цель 14 – санитарное качество воды – задается на основе европейских и французских стандартов, исходя из которых подход HQE направлен на обеспечение высокого уровня качества питьевой воды. В силу строгих требований стандартов обычно не требуется дополнительной обработки на уровне здания, за некоторыми исключениями (в случае наличия пестицидов, бактерий и т. д.).

Качество питьевой воды оказывается под влиянием нескольких факторов: качества, предоставляемого дистрибьюторами; материалов, используемых в трубопроводах; санитарных условий содержания и обслуживания сетей. Пренебрежение этими моментами может обернуться вредными последствиями для здоровья пользователей. Для сохранения удовлетворительного качества воды необходимо бороться с различными видами загрязнений: бактериальным (включая легионеллу), попаданием свинца и накипи. Конструкция сетей распределения горячей воды должна быть спроектирована таким образом, чтобы избежать застоя, коррозии, возвратов воды, физико-химического износа и бактериологического заражения. Не стоит забывать о том, что свинец, использованный в трубах водопроводных систем на протяжении многих лет, аналогично многим другим токсичным веществам, вызывает доказанные долгосрочные последствия для здоровья людей, и поэтому в новых зданиях для распределительных труб используют медь или оцинкованную сталь, а свинцовые трубы в существующих зданиях заменяют.

Известняк также является источником загрязнения воды, поэтому важно обеспечить ее надлежащую очистку, чтобы она была не слишком «мягкой» (агрессивной для труб), но и не слишком «жесткой», известковой. Высокая концентрация известняка в распределительных сетях может привести

к образованию отложений на трубах и оборудовании – водонагревателях, котлах, насосах, стиральных машинах и т. д [216].

Итак, система экологического контроля и безопасности обеспечивает правильное применение принципов, установленных протоколом для зданий, подающих заявку на сертификацию [217].

Как отмечено в протоколе HQE, городская политика должна поддаваться количественной оценке и измерению, а для этого необходимо установить индикаторы. Существуют 3 категории оценки, которые касаются выполнения требований, указанных в протоколе: базовая производительность В, высокая Р, очень высокая ТР.

В рассматриваемой методологии на завершающем этапе оценки, как правило, применяется радарная диаграмма [218]. Ее пример с целями протокола HQE (преобразованными для французской «зеленой» программы ISDIS – 5 тем устойчивого развития, 21 цель, 61 индикатор) представлен ниже. Раздел «Цели» – это следующие подцели: (1) энергия, (2) вода, (3) пространство, (4) материалы, (5) наследие строительства и природы, (6) пейзаж, (7) качество зданий, (8) гигиена и санитария, (9) безопасность и риски, (10) качество воздуха, (11) шумовое загрязнение, (12) отходы, (13) разнообразие населения, (14) разнообразие функций, (15) разнообразие жилья, (16) образование и обучение, (17) доступность, (18) привлекательность, (19) мобильность, (20) местное самоуправление, (21) общность интересов (рис. 44).

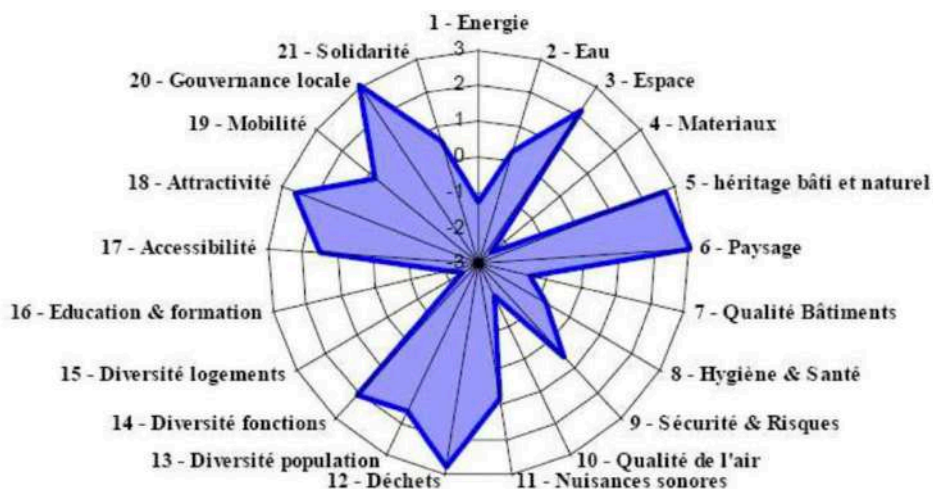


Рис. 44. Макропоказатели учитываемые методом HQE для экологической оценки с помощью французской «зеленой» программы ISDIS

Для выявления преимуществ и ограничений изучаемого проекта применяется радарная диаграмма, которая показывает все цели на одной графической схеме. Эта диаграмма называется диаграммой АМОЕВА (от голл. аббревиатуры «Метод создания оценки и описания экосистемы») [219]. Оптимум диаграммы обычно выбирается как внешняя кривая схемы в соответствии с типологией «чем больше, тем лучше». Одним из преимуществ радарной диаграммы является возможность отображения несоизмеримых данных, которые не требуют взвешивания или агрегирования, сохраняя тем самым неоднородность понятия устойчивого развития и обеспечивая прозрачность анализа.

На следующем рисунке показан 61 индикатор (подцели), классифицированный по 21 целям и 5 задачам. Круговое распределение набора целей аппроксимирует представление в виде радарной диаграммы (рис. 45) [220].

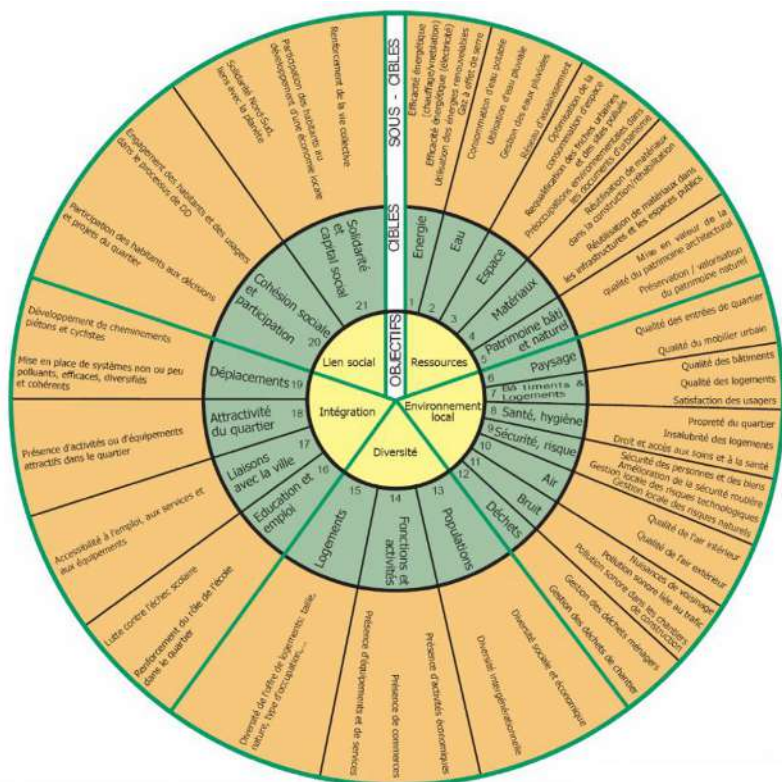


Рис. 45. Темы (5), цели (21) и подцели (61) представлены в виде кругового распределения согласно подходу HQE для общей оценки экологической безопасности здания. Один из вариантов разработки протокола – модель INDI

Модель INDI (INDicators Impact) является компонентом устойчивой системы ISDIS, направленной на разработку основных вопросов, касающихся развития городского района в целом, а не только отдельных зданий или объектов. Согласно данной модели, первоначально производится анализ текущей ситуации в районе, после чего осуществляется оценка различных сценариев на основе индикаторов ISDIS. В модели насчитывается 61 показатель, из которых 14 являются качественными, а остальные – количественными или качественными в зависимости от требований заказчика. В конце оценки модель INDI приводит к созданию «профиля устойчивого развития» района (здания) [221].

Экопрофили обобщают различные рассматриваемые экологические темы:

- истощение ресурсов (первичная энергия, вода, редкие вещества);
- парниковый эффект;
- токсичность для человека;
- биоразнообразие;
- подкисление;
- отходы (радиоактивные или нет);
- качество воздуха (смог и запахи);
- загрязнение воды (эвтрофикация).

Один из ключевых аспектов НQE-подхода к строительному проекту – это учет общей стоимости, который начинается с калькуляции исходных затрат и охватывает разнообразные отложенные расходы, связанные с жизненным циклом здания [222]. Первоначальная цена включает средства на планирование (все виды исследований, проектирования и т. д.) и на строительство (отведение земли, строительные работы и финансовые издержки). В контексте управления публичными проектами часто акцентируют внимание на стоимости первых этапов реализации проекта, тогда как другие виды расходов, которые являются частью отложенных затрат, почти не рассматриваются. В действительности, после проектирования и строительства включается механизм отложенных расходов, в том числе эксплуатационных. Данные затраты могут быть техническими (потребление энергии, воды, регулярные работы и т. д.) и функциональными (охрана, обслуживающий персонал и пр.). Эксплуатационные расходы, поддержание здания в рабочем состоянии предполагают текущее обслуживание (например, договоры на техническое обслуживание, расходные материалы и пр.), а также капитальный ремонт и обновление оборудования. В дополнение необходимо учитывать издерж-

ки на модернизацию, демонтаж по истечении срока службы и восстановление почвенного слоя (табл. 58).

Таблица 58

Результат расчетов, выполненных EQUER (инструмент для анализа LCA) для здания, сертифицированного по протоколу HQE

Воздействие	Строительство	Эксплуатация	Реновация	Снос	Всего
Потребляемая энергия, ГДж	1900	45 300	300	100	47 600
Используемая вода, м ³	1200	108	320	40	109 660
Истощение абиотических ресурсов, 10 ⁻⁹	120	100	3	0	20
Произведенные инертные отходы, т экв.	10	16	0	980	1780
Радиоактивные отходы, дм ³	190	680	0	0	70
Парниковый эффект, т CO ₂	760	60	10	10	1930
Окисление, кг SO ₂	100	1720	60	60	4960
Эвтрофикация, кг PO ₄	1 104 400	4080	0	10	520
Водная экотоксичность, м ³	1500	410	215 400	164 800	20 415 800
Токсичность для человека, кг	400	18 931 200	230	100	10 330
Производство фотохимического озона, кг C ₂ H ₄	1900	8500	20	60	3300

Анализ EQUER охватывает все этапы жизненного цикла здания, включая строительство, эксплуатацию (расчет на основе моделирования с помощью программы COMFIE), реконструкцию и снос, применяя базы данных для расчета различных переменных, таких как потребление первичной энергии, использование воды, истощение ресурсов и т. д. Из таблицы видно, что наибольшее потребление первичной энергии обычно связано с фазой эксплуатации, которая может быть обусловлена неудачной планировкой здания и большими потерями от стен [218, с. 145].

EQUER предоставляет инструмент для теплового моделирования, который позволяет устанавливать связь между энергопотреблением и анализом

окружающей среды. Речь идет не только об отоплении или освещении здания. В настоящее время энергетика оценивается с учетом целого ряда факторов, таких как истощение природных ресурсов, парниковый эффект, смог, закисление, радиоактивные отходы, и больше не воспринимается как некое количество киловатт-часов. В широком контексте экологической безопасности даже энергия, полученная в мусоросжигательной печи, подключенной к тепловой сети, принимается в интересах экологичного строительства [223].

Учет отложенных затрат, согласно исследованиям, сталкивается с препятствиями в виде ограничений на инвестиции и расхождением между строителями и менеджерами. При этом достижение цели по реализации экономических и экологически чистых зданий напрямую зависит от последующей их эксплуатации и утилизации, что является фокусом подхода HQE к устойчивому развитию. Кроме того, уровень выбросов веществ, вызывающих кислотные дожди, экотоксикантов и биогенных элементов, причиняющих эвтрофикацию, в основном связан с этапом эксплуатации зданий. Экотоксичные и эвтрофицирующие вещества также производятся на этапе строительства, однако их доля в сравнении с этапом эксплуатации гораздо меньше. Наконец, окончательные инертные отходы возникают на этапе сноса здания. Учет и борьба с вредными и опасными выбросами, связанными со всеми этапами жизненного цикла зданий, является необходимым условием для обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

Во французском протоколе учет косвенных затрат по обслуживанию и эксплуатации зданий осуществляется иначе. Расходы будущих периодов переносятся на первоначальные инвестиционные издержки, а инвестиции в строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание здания перенаправляются на поддержку исследований и проектирования. Это повышает общий уровень качества строительства и прямую экономическую рентабельность в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Влияние «зеленой» системы HQE на косвенные затраты, которые все еще сложно оценить, особенно значимо. Эти средства связаны с воздействием зданий на окружающую среду в период строительства, эксплуатации, утилизации и восстановления земель, а также с комфортом и здоровьем жителей и функционированием городской инфраструктуры. Именно в их учете и минимизации состоит подход HQE к устойчивому развитию [224].

Сосредоточив внимание на аспектах социальной устойчивости, выявленных в макрообластях комфорта и здоровья, метод, предусмотренный протоколом HQE, оценивает качество внутренней среды посредством ана-

лиза семи макропоказателей, сгруппированных в рамках вышеупомянутых областей оценки (рис. 46).

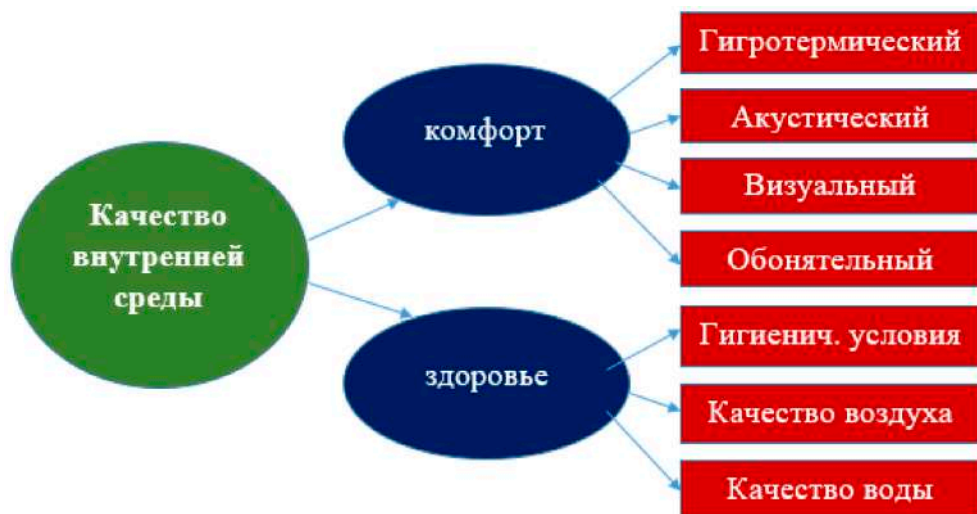


Рис. 46. Макропоказатели, учитываемые методом HQE для оценки качества внутренней среды

2.13. Система экологической сертификации зданий в Японии

В 2001 г. правительство Японии и японский Консорциум устойчивого строительства разработали национальную систему оценки устойчивости зданий – «Комплексную систему оценки эффективности застроенной среды» (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, CASBEE). С 2011 г. систему объявили обязательной в 24 муниципалитетах Японии [225]. В 2014 г. CASBEE вышла на международный уровень – здание в Тяньцзине (Китай) было аттестовано по данному протоколу. В настоящее время CASBEE входит в топ ведущих мировых рейтингов «зеленого» строительства. Программа сосредоточена на эффективности использования энергии и ресурсов, а также на локальной и внутренней среде.

Система CASBEE имеет ряд схем для экологической оценки зданий [226]:

1) CASBEE для нового строительства (New Buildings, CASBEE-NC). CASBEE-NC в основном используется для повышения ценности здания

в процессе проектирования. Этот инструмент выполняет оценку на основе проектной спецификации и ожидаемой производительности. Проекты реконструкции также оцениваются CASBEE-NC. На любом этапе предварительного проектирования, осуществления или завершения строительства можно оценить экологическое качество и характеристики здания, а также снижения нагрузки. Поскольку экологические показатели и критерии оценки со временем меняются, результаты оценок остаются в силе только в течение трех лет после завершения строительства;

2) *CASBEE для существующих зданий (Existing Buildings, CASBEE-EB)*. Данная схема предназначена для существующих зданий, эксплуатируемых в течение как минимум одного года после завершения строительства. С помощью этого инструмента оценивается производительность, достигнутая на момент оценки. Результат действителен в течение пяти лет и должен обновляться с использованием последней версии инструмента оценки, поскольку состояние здания может меняться со временем. Его можно использовать в качестве инструмента маркировки для объявления экологических характеристик зданий. Владельцы зданий, такие как агентства недвижимости и крупные предприятия, могут использовать его в качестве средства самооценки для среднесрочных и долгосрочных планов управления;

3) *CASBEE для ремонта (Renovation, CASBEE-RN)*. CASBEE-RN был разработан для оценки эффективности существующих зданий на основе требований к реконструкции и прогнозируемой производительности. Его можно использовать при реконструкции существующих зданий или внесении предложений по мониторингу эксплуатации зданий, вводу в эксплуатацию и модернизации проектов с учетом проектов ESCOs (Energy service companies, Энергосервисная компания). Он действителен в течение трех лет после завершения ремонтных работ, и оценку следует повторить с использованием последней доступной версии CASBEE-RN. Этот инструмент можно использовать для оценки степени улучшения экологических показателей по сравнению с уровнем, предшествующим реконструкции. Схема может также оценить улучшение конкретных характеристик ремонта с помощью балльного показателя ВЕЕ для энергосбережения (по категориям оценки, связанным с энергосберегающим ремонтом, таким как энергия LR1 и внутренняя среда Q1);

4) *Индивидуальная программа для муниципалитетов Locally Customized Edition for Municipalities*. LCEM – гибкий инструмент для управления строи-

тельством. Префектуры могут адаптировать его к местным условиям, таким как климат и приоритетная политика. Изменения обычно вносятся путем модификации весовых коэффициентов. Владельцы зданий должны сообщить о результатах оценки CASBEE в местные органы власти, а также о плане энергосбережения, и получить разрешение на строительство. Данная система внедряется местными властями как способ повышения экологической эффективности зданий в соответствующих регионах. Одним из примеров является проект «CASBEE-Нагоя», реализация которого началась в апреле 2004 г. в рамках системы экологического учета зданий города Нагоя [227];

5) *CASBEE для внутреннего пространства офисов*. Данная оценка охватывает только площадь, которую арендатор (например, компания) занимает в офисном здании, поскольку основной целью этого инструмента является оценка природоохранных мер и/или экологически ответственных инициатив, осуществляемых самим арендатором. Оценка включает комфорт в помещении, энергоэффективность и водосбережение здания, сейсмостойкость и интеллектуальную продуктивность;

6) *CASBEE для временного строительства (Temporary Construction, CASBEE-TC)*. Этот инструмент был разработан в качестве расширения схемы CASBEE-NC с целью оценить временные здания, построенные специально для краткосрочного использования, такие как выставочные павильоны. Здания указанного типа имеют короткий жизненный цикл, поэтому внимание должно быть сосредоточено главным образом на использовании материалов и переработке на этапах строительства и сноса. Критерии оценки и весовые коэффициенты отражают особенности временных построек;

7) *CASBEE для ослабления острова тепла (Heat Island Relaxation, CASBEE-HI)*. Оценка эффекта теплового острова имеет важное значение в крупных городских районах, таких как Токио и Осака. Инструмент предназначен для более детальной количественной оценки мер по уменьшению тепловых островов при проектировании зданий. В CASBEE-HI критерии относятся к более подробным условиям внешней тепловой среды и тепловой нагрузки на окружающую среду (они также рассматриваются и в CASBEE-NC);

8) *CASBEE для школ*. Схема касается начальных школ и неполных средних или старших классов. В Японии огромное количество старых школьных помещений, построенных в 1960-х гг. или раньше. CASBEE for Schools предназначена для использования, в частности, на этапах планирования и эксплуатации зданий. Основными целевыми пользователями являются административные

сотрудники Министерства образования, культуры, спорта, науки и технологий, отвечающие за планирование образовательных учреждений;

9) *CASBEE по недвижимости (Market Promotion, CASBEE-MP)*. Первоначально инструменты CASBEE предназначались в основном для поддержки проектирования и не применялись широко для продвижения «зеленых» зданий на рынке недвижимости. Недавно UNEP-SBCI, Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде – Инициатива по устойчивым зданиям и климату, предложила глобальные общие показатели под названием «Индекс устойчивого строительства». Простая, сопоставимая и совместимая система имеет решающее значение для принятия решений об инвестициях в «зеленые» здания. Для инвесторов также необходимо учитывать общие показатели, предложенные UNEP-SBCI. Таким образом, с учетом этого была разработана и запущена очень простая версия CASBEE. Этот инструмент имеет два аспекта: оценка экологической эффективности и раскрытие значения экологической эффективности (индекс). Ценность экологических характеристик для рынка недвижимости должен показать четкий набор из пяти категорий «Индекса»: энергия/парниковые газы, вода, материалы, биоразнообразие/устойчивый участок и внутренняя среда (в общей сложности 21 элемент оценки). Так, раздел «Энергия/парниковые газы (ПГ)» включает пункты «Доступность общественного транспорта», «Качество почвенной среды/восстановление заброшенных участков» и «Меры в отношении риска стихийных бедствий», поскольку эти элементы вносят вклад в биоразнообразие и устойчивость участка;

10) *CASBEE для городского развития (CASBEE-UD)*. Схема разработана для частичных или целых групп зданий. Данная конфигурация служит для оценки района застройки в целом, в то время как CASBEE в масштабе здания оценивает экологические характеристики отдельных зданий на обозначенной территории;

11) *CASBEE для городов (CASBEE for Cities)*. CASBEE предлагает и другие типы оценки в рамках городов. Инструмент CASBEE для городов – это система всесторонней оценки экологических показателей городов с использованием тройного итогового подхода: окружающая среда, общество и экономика. Главная цель программы – продвижение идеи создания общества с низким уровнем выбросов углерода. CASBEE for Cities измеряет текущий показатель ВЕЕ соответствующего города и оценивает будущий после реализации политик. Сравнивая два значения, CASBEE for Cities количественно

но оценивает эффективность городской политики и представляет результаты в удобном для понимания формате.

Комплексная система оценки эффективности застроенной среды CASBEE оценивает здания с точки зрения экологической эффективности и воздействия на окружающую среду. Система включает в себя схемы оценки, которые анализируют все аспекты проекта для каждой фазы жизненного цикла. Метод CASBEE исследует как производительность, так и экологические качества зданий с помощью коэффициента Q (Environmental quality reduction, качество), а также выбросы в окружающую среду, вызванные зданием, с помощью коэффициента L (Environmental load reduction, снижение нагрузки); эти два фактора используются для оценки как внутренней, так и внешней среды. Используя Q и L , CASBEE рассчитывает экологическую эффективность здания (Built Environment Efficiency, BEE) как отношение Q к L [228]:

$$BEE = Q / L. \quad (3)$$

Метод включает присвоение различных значений Q и L для окончательного определения BEE.

Использование BEE позволило упростить и нагляднее представить результаты оценки экологической эффективности зданий. Значения BEE представлены на графике путем нанесения L на ось X и Q на ось Y . Результат оценки значения BEE выражается в виде градиента прямой линии, проходящей через начало координат $(0, 0)$. Чем выше значение Q и ниже значение L , тем круче уклон и тем устойчивее здание. С этим подходом становится возможным графически представить результаты оценок застроенной среды, используя области, ограниченные этими градиентами. Таким образом, BEE помогла CASBEE рассчитать как повышение комфорта пользователей зданий, так и снижение негативного воздействия на окружающую среду, а также создала целостное представление об идеальном взаимодействии здания и окружающей среды.

На рис. 47 показано, как результаты оценки зданий можно ранжировать на диаграмме от С (плохо) через В (желтая зона обычной застройки) до S (отлично) в порядке возрастания значения BEE.

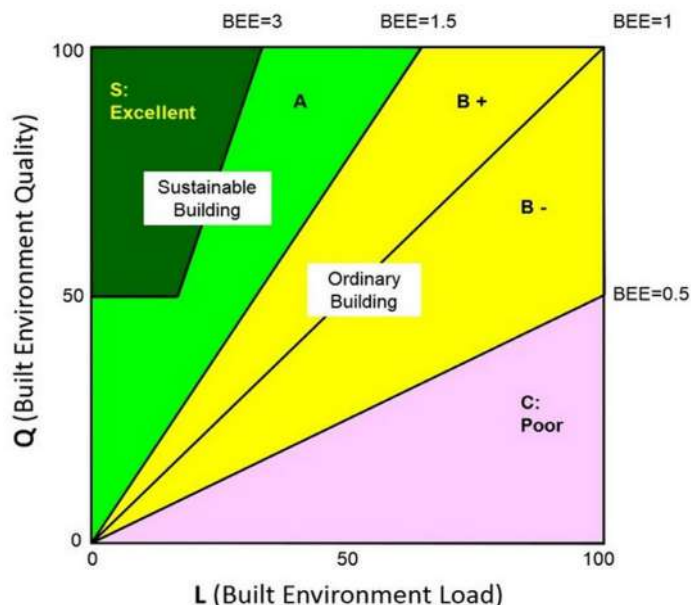


Рис. 47. Маркировка на основе эффективности застроенной среды BEE.
(Источник: <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>)

Подсчет очков. Каждый элемент оценки имеет критерий, которому необходимо соответствовать. Достигнутый уровень технических и социальных стандартов на момент сертификации дает критерии, которые должны применяться к каждой оценке. В протоколе представлена эффективность застроенной среды BEE, рассчитанная по результатам оценки Q (качество застроенной среды) и L (нагрузка застроенной среды). В CASBEE шкала оценок для Q и L варьируется от 1 до 5. Определение BEE:

$$BEE = Q / L = 25 \cdot (SQ - 1) / 25 \cdot (5 - SLR), \quad (4)$$

где SQ – балл для категории Q ; SLR – балл для категории L .

Значения Q и L получены из SQ (общий балл для категорий Q) и SLR (общий балл для категорий L). Сначала числитель Q определяется как $Q = 25 (SQ - 1)$, чтобы преобразовать SQ (от 1 до 5) для качества среды в шкалу Q от 0 до 100. Затем знаменатель L определяется как $L = 25 (5 - SLR)$ для преобразования SLR (от 1 до 5) для снижения нагрузки в шкалу L от 0 до 100. Для ясности используется число звездочек (рис. 48).

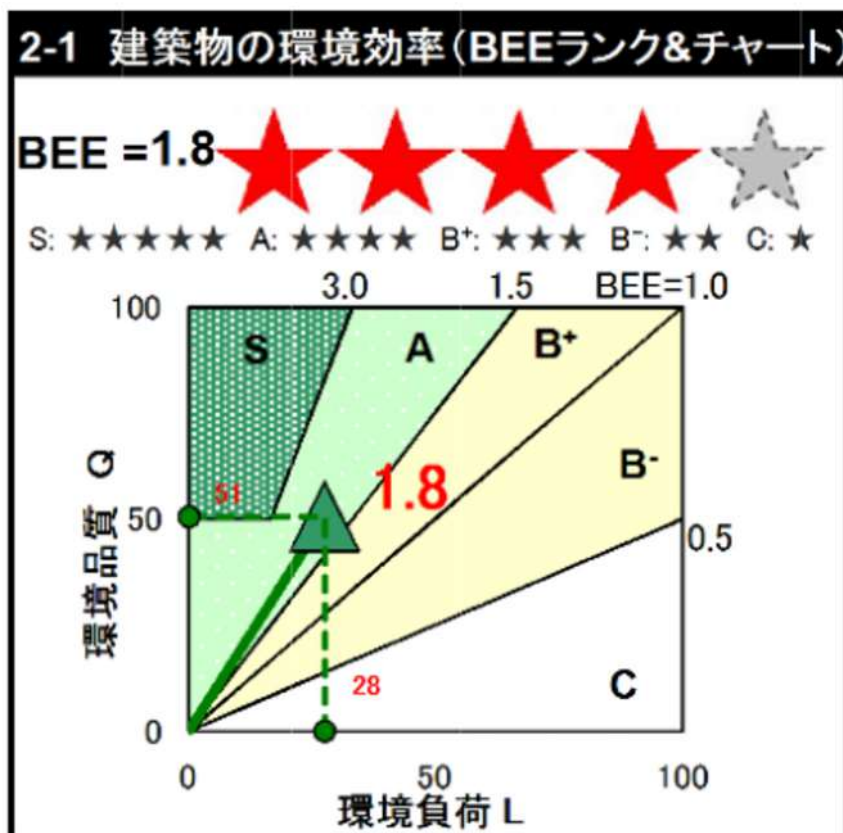


Рис. 48. Пример оценки по протоколу CASBEE. Экологическая эффективность здания $BEE = Q / L = 51 / 28 = 1,8$ в секторе A, т. е. оценка «очень хорошо». Оценка S: отлично. Оценка A: очень хорошо. Оценка B+: хорошо. Оценка B-: ранг – немного хуже. Оценка C: низший ранг. (Источник: <https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000009/9071/seidogaiyou.pdf>)

Далее представлен рейтинг CASBEE (табл. 59).

Таблица 59

Рейтинг CASBEE

Экостандарт	Кол-во категорий	Кол-во критериев	Коэффициент k	Расчет LCA/LCC	Всего баллов	Рейтинг объекта экооценки
CASBEE	6	> 55	Да	Да	100	<i>Рейтинг C</i> «Неудовлетворит.» $BEE < 0,5$ <i>Рейтинг B⁻</i> «Удовлетворит.» $BEE = 0,5-1,0$ <i>Рейтинг B⁺</i> «Хорошо» $BEE = 1,0-1,5$ <i>Рейтинг A</i> «Очень хорошо» $BEE = 1,5-3,0$; $BEE \geq 3,0$; $Q \leq 50$ <i>Рейтинг S</i> «Превосходно» $BEE \geq 3,0$; $Q \geq 50$

CASBEE служит индикатором для рассмотрения наилучшего баланса качества застройки и здоровой окружающей среды. Уравнение (4) отражает сбалансированное соотношение между зданием и экологическими требованиями. Входные данные уравнения делятся, как уже отмечалось, на два типа: первый тип – Q , а второй – L . При применении гипотетического замкнутого пространства вокруг здания Q определяется как улучшение качества окружающей среды в этом пространстве (описывает безопасность объекта), а L определяется как негативное воздействие на окружающую среду за пределами этого пространства (описывает безопасность здания для экосистемы в целом). В следующей таблице представлены инструменты оценки японской системы: Q и L (табл. 60).

Таблица 60

Оценочные инструменты CASBEE

Q (качество)	Q -1 (23 пункта). Внутренняя среда (акустика, тепловая среда и т. д.)
	Q -2 (30 пунктов). Качество обслуживания, производительность (функциональность, надежность, долговечность и т. д.)
	Q -3 (4 пункта). Внешняя среда площадки (сохранение биологической среды непосредственно на месте)
L (нагрузка)	L -1 (5 пунктов). Энергия (снижение тепловой нагрузки на ограждающие конструкции)
	L -2 (13 пунктов). Ресурсы и материалы
	L -3 (15 пунктов). Окружающая среда за пределами гипотетического периметра, экосистема в целом

Примечание: CASBEE – это система, которая всесторонне оценивает отрицательные аспекты воздействия на окружающую среду, достигающие внешней, т. е. общественной, среды.

Качество окружающей среды Q включает внутреннюю среду (акустику, освещение, тепловой комфорт и качество воздуха), качество обслуживания (адаптируемость, гибкость и долговечность) и внешнюю среду. Экологическая нагрузка L включает энергию, материалы и среду вне строительной площадки.

Баллы для шести основных категорий от Q -1 до L -3 показаны на радарной и лепестковой диаграммах, чтобы дать четкое представление о характеристиках экологической оценки для целевого здания. На этом рисунке

представлен пример профиля, установленного моделью CASBEE. Цель радарной диаграммы состоит в том, чтобы получить значения, наиболее удаленные от центра (рис. 49).

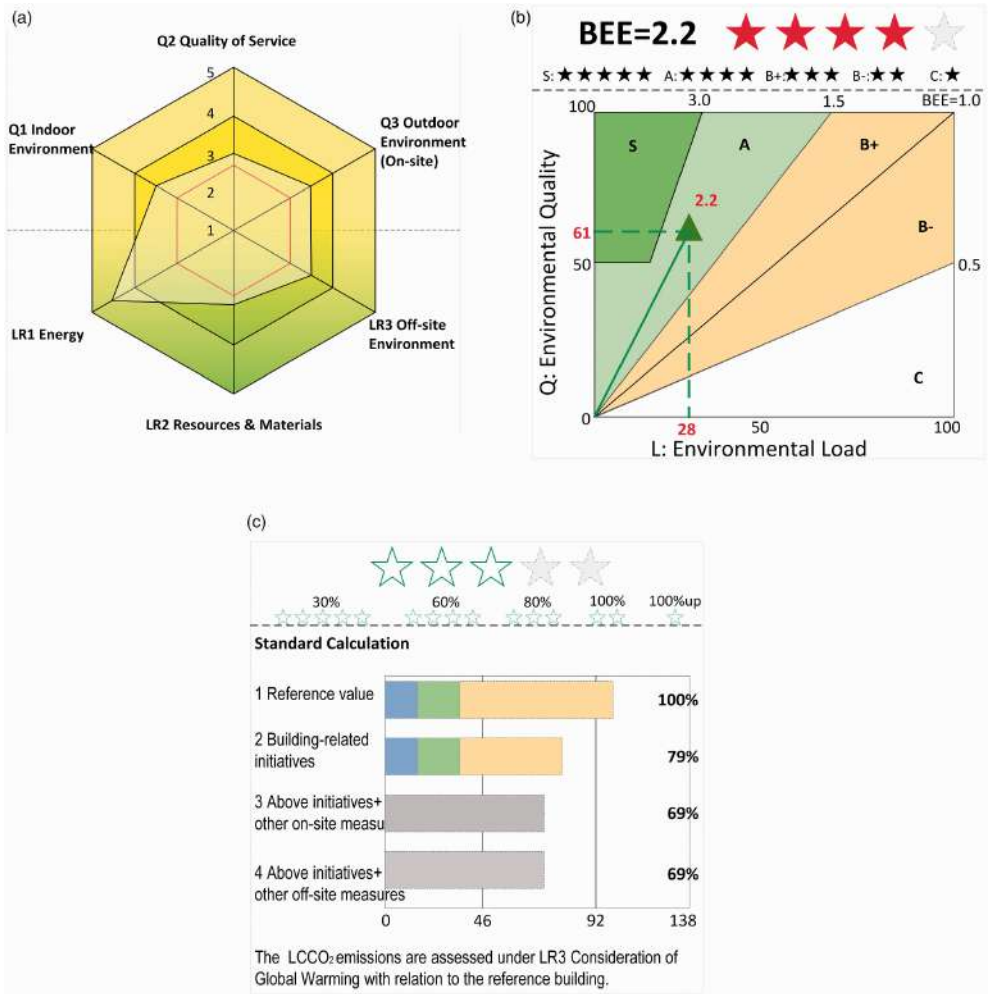


Рис. 49. Радарная диаграмма шести основных категорий, лепестковая диаграмма и гистограмма экологической эффективности строительства для целевого здания. (Источник: <https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000009/9071/seidogaiyou.pdf>)

Подробные характеристики категорий оценки Q и L представлены в табл. 61.

Таблица 61

Категории оценки CASBEE

<i>Q</i> (57 пунктов) включает повышение энергоэффективности, оптимизированный баланс энергии и производительности, эксплуатацию и техническое обслуживание, повышение эффективности использования воды в помещении, увеличение эффективности использования воды на открытом воздухе, эффективность водяного охлаждения, водных функций, оптимизацию вентиляции, контроль выбросов от строительных материалов, термальный, визуальный, акустический комфорт, предоставление доступа для общественного транспорта, автономного частного транспорта и велосипедов, обеспечение руководства пользователя здания, наличие графика периодического технического обслуживания и пр.	
<i>Q-1</i> (23 пункта) оценивает внутреннюю среду, которая оказывает значительное влияние на здоровье, комфорт и интеллектуальную продуктивность жителей	
Показатели звукоизоляции межэтажного перекрытия	Антибликовые средства
	
Улучшенные показатели звукоизоляции. Конструкция каркаса пола предусматривает установку напольных покрытий	Карнизы контролируют блики
<i>Q-2</i> (30 пунктов) оценивает функциональные аспекты, влияющие на активность и интеллектуальную продуктивность проживающих, необходимые для использования в надлежащем состоянии в течение длительного времени	
Безбарьерный план	План интерьера
	

Продолжение табл. 61

Безбарьерное новое помещение. Соответствие стандартам облегчения передвижения и т. д.		Создание уютного и гостеприимного пространства. Интерьер с использованием натуральных материалов	
Q-3 (4 пункта) – наружная среда (на месте, возле здания) – оценивает инициативы, способствующие улучшению качества окружающей среды на открытом воздухе и окружающей среды на территории комплекса			
Сохранение биологической среды	Учет региональных особенностей	Повышенный комфорт	Улучшение теплового режима рядом с объектом
			
Сохранение и создание пространств (биотопов), поддерживающих среду обитания диких и мелких животных и рост растений	Клумбы, огороды и т. д. Могут использоваться жителями; обеспечение среды и объектов, где люди могут быть ближе к природе	Создание промежуточной области с открытым живописным пространством, через которое могут проходить ветер и свет	Озеленение парковок подавляет повышение температуры поверхности земли
L (33 пункта) включает освоение заброшенных территорий, совместимость с национальным планом развития, связь с транспортной инфраструктурой, питание для удаленных объектов, альтернативные виды транспорта, защита среды обитания, уважение к местам, представляющим исторический или культурный интерес, минимизация загрязнения во время строительства, пассивное внешнее снижение притока/потери тепла, энергосберегающие приборы, вертикальные транспортные системы, снижение пиковой нагрузки, возобновляемые источники энергии, воздействие на окружающую среду, запасы энергии и углерода, обнаружение утечки воды, рациональное использование воды при строительстве, управление сточными водами, санитарно-гигиенические требования, изделия, закупаемые и изготовленные на месте, использование легко возобновляемых, утилизированных, переработанных, легких и более высокопрочных материалов, сборных элементов,			

анализ стоимости жизненного цикла LCC материалов в проекте, предоставление контейнеров для строительных отходов, контроль выбросов и загрязняющих веществ, обеспечение найма работников по переработке отходов на месте, подготовка идентифицированных и выделенных складских помещений, план управления отходами проекта, привлечение компании, специализирующейся на переработке, защита источников воды от загрязнения, отходы смесительного оборудования и пр.	
L-1 (5 пунктов) – энергия – оценивает усилия по снижению потребления энергии при эксплуатации зданий	
Потребление природной энергии	Более высокая эффективность системы оборудования
	
Установка оборудования для производства солнечной энергии	Сокращение энергопотребления за счет ввода высокоэффективных систем оборудования
L-2 (13 пунктов) – ресурсы/материалы – оценивает усилия по сокращению потребления ресурсов/материалов в жизненном цикле зданий и уменьшению воздействия на окружающую среду	
Применение переработанных материалов	Сбор дождевой воды, различных сточных вод и т. д.
	

Окончание табл. 61

Переработанная нагретая асфальтобетонная смесь и т. д. Использование переработанных материалов в соответствии с Законом о содействии экологичным закупкам	Сокращение потребления водопроводной воды с помощью резервуаров для хранения дождевой воды
L-3 – окружающая среда за пределами придомовой территории – оценка усилия по снижению воздействия экологических нагрузок, создаваемых зданиями и помещениями, на глобальную, региональную и окружающую среду (15 позиций)	
Снижение нагрузки благодаря удалению отходов	
	
Установка оборудования (мусоросборщика) для уменьшения объема сортируемых отходов и компостирования биологически разлагающихся	

Удивительным результатом стало то, что CASBEE, инструмент, первоначально разработанный для оценки современной застройки, показал высокую экологическую эффективность традиционных построек из местных материалов (качественная среда обитания в них обеспечивается только за счет пассивного проектирования без использования механической энергии). В-первых, по показателю Q уровень традиционных домов ниже современного жилья, однако, во-вторых, с точки зрения стандартов среды обитания массовая застройка до сих пор не может сравниться с примитивными постройками прежде всего по уровню нагрузки на экосистемы. В-третьих, надежды на «зеленое» строительство по большей части оправданы – многие современные японские дома имеют ранг S , что свидетельствует о довольно высоких показателях экологической эффективности (рис. 50).

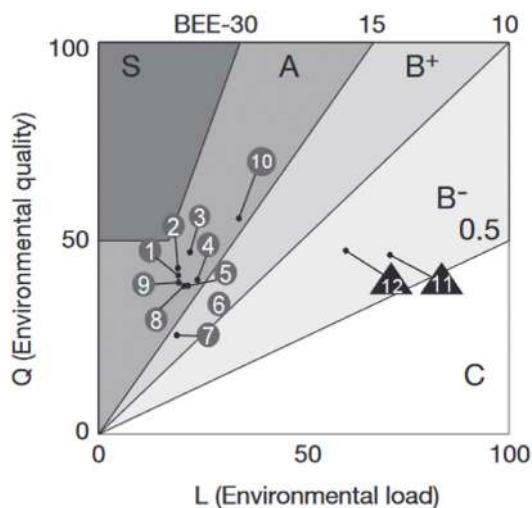


Рис. 50. Продвижение устойчивых моделей строительства на основе принципа эффективности застроенной среды: 1 – дома с ветроулавливателями (Иран); 2 – дома на сваях, тип 1 (Индонезия); 3 – дома на сваях, тип 2 (Индонезия); 4 – дома с ветроулавливателями (ОАЭ); 5 – касба (Марокко); 6 – дома-компаунды (Камерун); 7 – иглу (Северная Канада); 8 – дома на воде (Малайзия); 9 – пещерное жилище (Турция); 10 – современный жилой комплекс (Вьетнам); 1–10 – традиционные дома; 11–12 – современные дома (Турция, Марокко). (Источник: <https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000009/9071/seidogaiyou.pdf>)

Оценка исконно местного жилья в разных странах показала, как уже отмечалось, невысокий уровень качества окружающей среды Q , но довольно низкую нагрузку L на окружающую среду. ВЕЕ с рейтингом А и четырьмя звездами является очень хорошей оценкой для пассивных домов из местных материалов. В то время как массовая застройка не смогла избежать увеличения нагрузки на экосистему (2 звезды), новая застройка (цифра 4 с оценкой S) будет оказывать незначительную нагрузку на окружающую среду и иметь высокое значение Q , определяя будущее устойчивое развитие (рис. 51).

На рис. 51 представлено диалектическое движение от постройки из местных материалов с высокой экологической симбиотической эффективностью к современным домам с высокой нагрузкой на экосистему и затем экологически чистому строительству с новым стандартом качества Q . Завершает цепочку ВЕЕ устойчивое жилье будущего. Сильно наклоненная линия в левом верхнем углу указывает на фактор 4 (границу устойчивых параметров природно-искусственной среды).

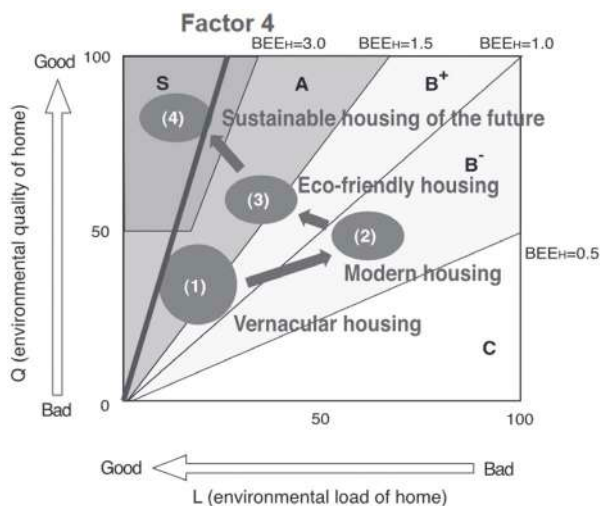


Рис. 51. Стадии роста ВЕЕ: от традиционного жилья с низким качеством Q (1) через современную застройку с высокой нагрузкой L (2) к экологическому строительству (3) и устойчивому жилью будущего с высоким качеством Q и низкой нагрузкой L (4). (Источник: <https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000009/9071/seidogaiyou.pdf>)

Фактор 4 был впервые упомянут в отчете «Первая глобальная революция» (1992 г.), подготовленном Римским клубом, и связан с рационализацией природопользования: стремлением удвоить нынешний уровень благосостояния в мире, а также содействовать мерам по защите окружающей среды, повысив экологическую эффективность в 4 раза.

За фактор 4 ратовал Р. Вайцекер, подборник ценностей «земельной этики» Г. Д. Торо. Экологическая безопасность, по его убеждению, должна быть направлена на приведение экономической деятельности в соответствие с естественными физическими пределами за счет учета непрерывных потерь энергии в процессах преобразования (энтропии) и ее совместимости с глобальным экологическим балансом. Будущее постматериалистическое жилье, в котором на первый план выйдут не материальные, а психологические потребности, должно значительно превышать фактор 4 по уровню ВЕЕ (отношению достигнутого качества окружающей среды к вызванной этим экологической нагрузке), что соответствует идеям Римского клуба.

CASBEE как инструмент визуализации экологических характеристик не только эффективен, как оказалось, для оценки традиционного пассивно-

го жилья, построенного в соответствии с местным климатом и культурой, он способен переводить количественную оценку эффективности современных «зеленых» протоколов в масштаб показателей Q и L . В такого рода сбалансированных настройках состоит невероятная эффективность CASBEE. Фактически он выявляет «дефекты» окружающей среды и в то же время дает оценку современному строительству, предлагая многочисленные варианты относительно направления экологической безопасности.

Расчеты показали, что с учетом воздействия строительных материалов на окружающую среду при сроке службы здания > 50 лет в обычных конструкциях энергоэффективность в настоящее время составляет 2–38 % от общей потребляемой энергии, соответственно, примерно 9–46 % в низкоэнергетических [229]. По мнению А. Шамсельдин, используя показатель ВЕЕ, можно повысить достоверность современных «зеленых» инструментов в выражении правильного отношения между зданием и окружающей средой [230]. Преимущества CASBEE заключаются:

- в способности выражать отношения баланса с окружающей средой с помощью индикатора ВЕЕ, который является лучшим текущим выражением для данного отношения;
- в наличии управляющей связи при изменении весов элементов в любой новой версии для сохранения баланса между Q и L , несмотря на различные переменные и проблемы, влияющие на эти веса. Включение ВЕЕ в международные рейтинги зданий было бы не только полезной, но и необходимой мерой.

Первый способ включения зависит от объединения успешной аттестации проекта с достижением минимального уровня ВЕЕ (минимального сбалансированного уровня достижения Q по сравнению с уменьшением L). Этот уровень представляет собой грань между успехом и неудачей оцениваемых зданий и помогает избежать сосредоточения внимания на одном из двух показателей. Он варьируется в зависимости от различных экологических систем оценки зданий и их различных версий (LEED, BREEAM и др.) и наличия минимального количества обязательных пунктов. Чем выше ранг, тем больше обязательных пунктов требуется выполнить перед прохождением оценки. Так, в LEED есть ряд обязательных пунктов, без которых проект не может быть успешным. Начиная с LEED–2010 минимальный балл для каждой области оценки должен быть сдан отдельно. Например, раздел «Устойчивые объекты» в LEED–2010 требует достижения не менее пяти баллов из 22. В «Водоэффективности» необходимо набрать не менее трех

баллов из 15; в разделе «Материалы и ресурсы» – не менее двух баллов из 16; «Качество среды внутри помещений» – не менее трех баллов из 21. Важно не просто выполнить минимальные обязательные требования, но и достичь баланса между двумя показателями BEE в приемлемом диапазоне. Таким образом, включение показателя BEE от CASBEE в различные рейтинговые системы позволило бы избежать сертификации строительства только с помощью элементов с высоким весом оценки, использования одних и тех же ключевых элементов, уже получивших высокие веса, и полного игнорирования других пунктов (например, трудновыполнимых пунктов в категории «Материалы»), что приводит к несбалансированной оценке (как это бывает в системе LEED).

Второй способ включения зависит от соединения предварительных запросов оценки и других важных элементов (имеющих большой вес) путем одновременного достижения улучшения Q и снижения L . Известно, что степень важности любого элемента определяет его расчетный вес и зависит от многих переменных, включая климат, время года, характеристики региона, тип здания. Речь идет о ряде предварительных пунктов в различных областях оценки, важных для успеха проекта. Примером пункта высокой важности является EA1 «Оптимизация энергоэффективности» от LEED. Он имел вес около 18 % от общего оценочного веса и 55 % от веса своей категории «Энергия и атмосфера» EA в схеме LEED-NC (нового строительства) от 2009 г. Другой пример – пункт Ene1 «Сокращение выбросов CO₂» от BREEAM с весом около 15 % от общего веса оценки и 60 % от веса своей категории «Энергия» в версии Multi-Residential от 2009 г. [231].

Пункт EA1 в LEED оценивает улучшение энергоэффективности здания по сравнению с базовым зданием, спроектированным в соответствии со стандартом ASHRAE Std 90.1–2007 по энергоэффективности. Результаты оценивают с помощью методологии рейтинга (Performance Rating Methodology, PRM). Пункт Ene1 в BREEAM оценивает сокращение выбросов CO₂, связанное с эксплуатационным потреблением энергии. Это снижение фиксируется по количеству баллов, полученных при сравнении выбросов CO₂ оцениваемого здания с CO₂ индекса выбросов из Сертификата энергоэффективности (Energy Performance Certificate, EPC). Документ классифицирует энергопотребление в зданиях от A до G, где A представляет собой наиболее эффективное, а G – наименее эффективное значение. Чем лучше рейтинг, тем лучше эффективность энергопотребления в зданиях и больше шансов на снижение счетов за электроэнергию в них.

Итак, два пункта (EA1 в LEED и Ene1 в BREEAM) оценивают улучшение энергоэффективности здания. С точки зрения CASBEE каждый из них связан только с одним из двух показателей BEE. В этом состоит особенность японской системы. Поскольку вес указанных пунктов высок, в LEED баллы, полученные за EA1, могли быть направлены на улучшение Q , в то время как в BREEAM баллы, полученные за Ene1, могли бы определить снижение L . В самом деле, в LEED и BREEAM должны были быть элементы, которые оценивают как оптимизацию энергоэффективности, так и сокращение выбросов CO_2 с одновременным учетом процентов каждого из них. При том что для каждой версии систем LEED и BREEAM эксперты могли бы определить процент важности двух показателей BEE по сравнению с другой в соответствии с типом здания, сроком действия и характеристиками региона. Таким образом, LEED-методология оценки эффективности PRM могла бы определить достижения Q -элемента, а BREEAM-методология сертификации EPC – уровень снижения L -элемента. Затем единая окончательная оценка получалась бы путем умножения каждого результата на определенный процент Q и L перед сложением. Различные проценты важности между двумя показателями BEE обеспечили бы сбалансированную оценку одного и того же объекта. Преимущества CASBEE в данном вопросе очевидны, поскольку упомянутый пункт EA1 в LEED в его нынешнем виде оценивает только оптимизацию энергоэффективности и имеет очень высокий процент от общего оценочного веса здания без учета полученных выбросов CO_2 (т. е. одновременного снижения нагрузки на окружающую среду). Однако если бы оценка пункта EA1 увязывалась с выбросами, вызванными использованием энергии, типом энергии и ее ресурсом, то в качестве результата получали бы сбалансированные показатели.

Третий способ включения зависит от показателей зданий, которые достигают идеальных отношений BEE. При этом важна возможность выражения окончательной оценки здания с использованием индикатора BEE с помощью любой рейтинговой системы. Отсюда можно сделать вывод: любая «зеленая» система экологической оценки зданий, которая не может выразить свою окончательную оценку в других рейтингах, в действительности снижает возможности своего распространения по миру. В этом плане протокол CASBEE ценен тем, что позволяет другим системам экологического строительства выражать окончательные оценочные баллы зданий и их классификацию с использованием показателя BEE. Далее показан пример эффективности застроенной среды совместного проекта Nagumi Ekimae в Нагое, рассчитанной по результатам оценки Q и L (рис. 52) [232].

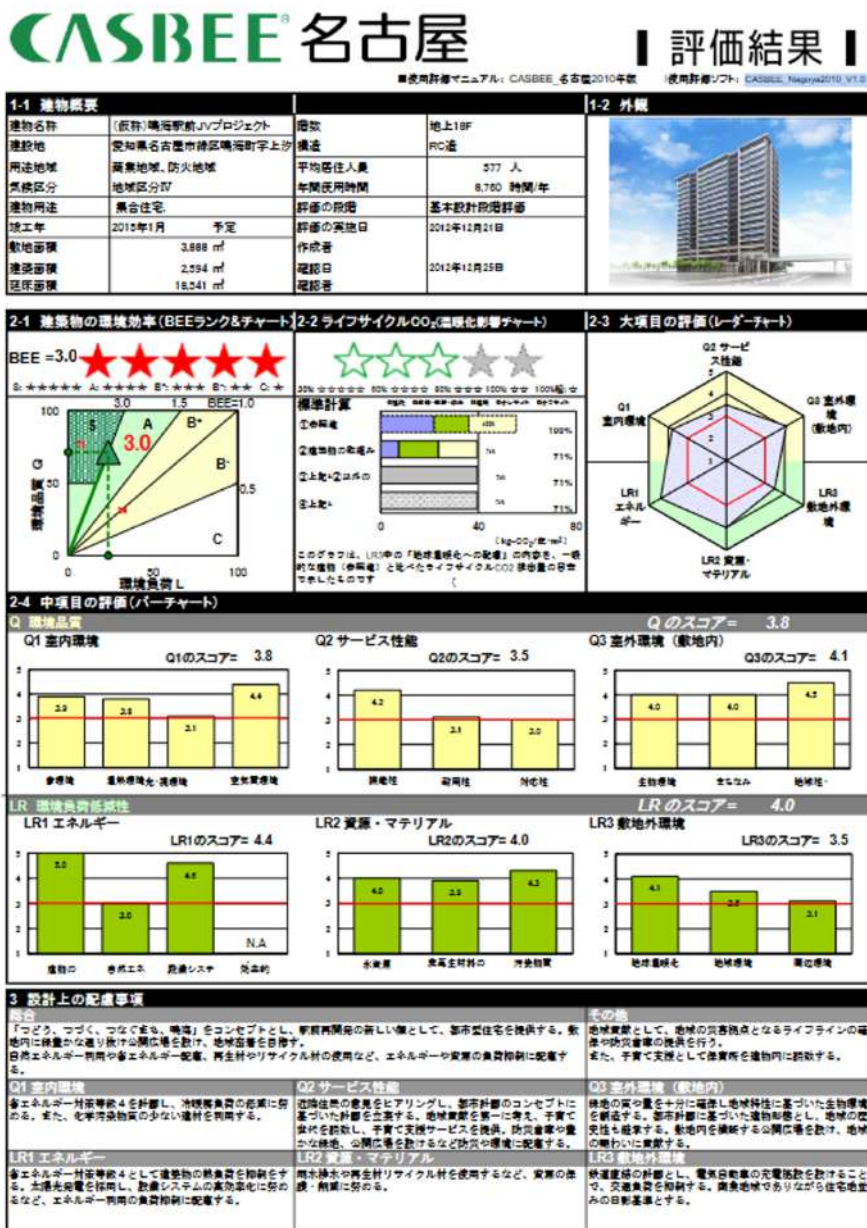


Рис. 52. CASBEE для нового строительства. Лист результатов оценки.

(Источник: https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000061/61393/CASBEEekikka24_114.pdf)

Лист результатов оценки имеет несколько разделов:

- план проекта (включая такую информацию, как тип здания, местоположение, площадь здания, этажность);
- результат оценки CASBEE:
 - результаты по категориям обобщаются в виде лепестковой диаграммы, гистограмм и числовых значений;
 - BEE (эффективность застроенной среды);
- важные элементы оценки, исключенные из комплексной оценки экологической эффективности здания, но они важны для оценки экологической эффективности здания:
 - показатели количественной оценки типичных нагрузок здания на окружающую среду;
 - оценка процесса проектирования и т. д.

Рассмотрим поподробнее элементы CASBEE – одной из самых сбалансированных систем оценок экологического строительства в мире. Отчет включает три блока:

- обзор данных о проекте;
- оценку экологической эффективности здания;
- характеристику дизайна (табл. 62).

Таблица 62

**Пример эффективности застроенной среды совместного проекта
Narumi Ekimae в Нагое (1-й блок – информационный)**

CASBEE® 名古屋				評価結果	
■使用評価マニュアル: CASBEE_名古屋2010年版				使用評価ソフト: CASBEE_Nagoya2010_V1.0	
1-1 建物概要				1-2 外観	
建物名称	(仮称)鳴海駅前JVプロジェクト	階数	地上18F		
建設地	愛知県名古屋市長区鳴海町字上沙	構造	RC造		
用途地域	商業地域、防火地域	平均居住人員	577 人		
気候区分	地域区分Ⅳ	年間使用時間	8,760 時間/年		
建物用途	集合住宅	評価の段階	基本設計段階評価		
竣工年	2015年1月 予定	評価の実施日	2012年12月21日		
敷地面積	3,888 m ²	作成者			
建築面積	2,594 m ²	確認日	2012年12月25日		
延床面積	18,541 m ²	確認者			
1.1. Обзор здания				1.2. Внешний вид	
Название здания	Предварительное название – строительная площадка проекта совместного предприятия Narumi Ekimae, Нарумичо, окр. Мидори, г. Нагоя, префектура Айти				

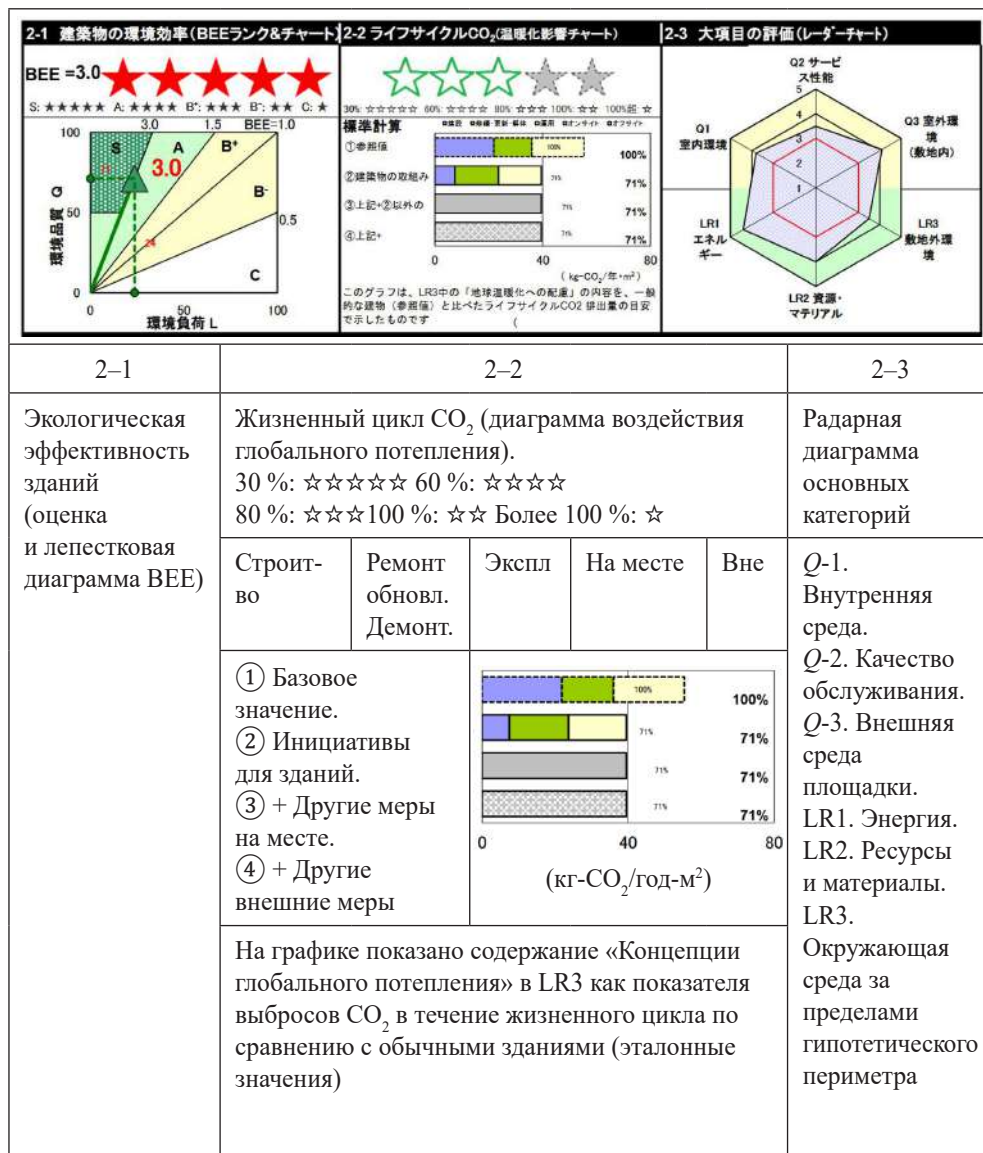
Окончание табл. 62

Область использования	Коммерческая пл., противопожарная зона	
Климатическая классификация	Регион IV	
Использование здания	Жилой комплекс	
Год завершения	2015 г.	
Площадь участка	3888 м ²	
Площадь застройки	2594 м ²	
Общая площадь	18 541 м ²	
Количество этажей	18 этажей над землей	
Среднее постоянное население	577 человек	
Годовое время использования	8760 ч/год	
Этап оценки	Оценка этапа базового проекта	
Дата самооценки	21 декабря 2012 г.	
Дата подтверждения	25 декабря 2012 г.	

Далее следует второй блок – главный в отчетности по протоколу CASBEE. Жизненный цикл CO₂ представлен в виде диаграммы воздействия глобального потепления для жилья и зданий. С 2008 г. CASBEE включает оценку LCCO₂, которая оценивает выбросы CO₂ в течение всего жизненного цикла здания от строительства и эксплуатации до сноса и утилизации. Производительность жизненного цикла CO₂ (LCCO₂) обозначается присуждением от одной до пяти «зеленых» звезд вместе с существующей оценкой BEE (S: 5 красных звезд). В частности, уровень выбросов (%) оценивается относительно уровня выбросов LCCO₂ эталонного здания (того, которое удовлетворяет стандартам в соответствии с Законом об энергосбережении Японии). Эталонные значения и LCCO₂ для оцениваемого здания указаны на гистограмме в табл. 63.

Таблица 63

**Пример эффективности застроенной среды совместного проекта
Narumi Ekimae в Нагое (2-й блок – оценка экологической эффективности)**



В табл. 63 представлено снижение нагрузки проекта Narumi Ekimae на окружающую среду на 80 % (3 «зеленые» звезды) по сравнению с базовым

значением на протяжении всего жизненного цикла. С показателем ВЕЕ (5 красных звезд) намечаемое строительство представлено сбалансированным воздействием на окружающую среду, т. е. высоким качеством здания и низкой нагрузкой на экосистему в целом. Радарная диаграмма основных категорий демонстрирует сбалансированность этапа строительства с незначительными отклонениями. Снижение эксплуатационных парниковых газов нацелено на расчет потенциала глобального потепления CWP в течение жизненного цикла объекта и его фиксацию в показателе энергоэффективности ВЕЕ.

Результаты оценки категорий среднего уровня даны в табл. 64 и 65.

Таблица 64

**Пример эффективности застроенной среды совместного проекта Narumi Ekimae в Нагое (2-й блок – оценка категорий среднего уровня;
Q – качество окружающей среды)**

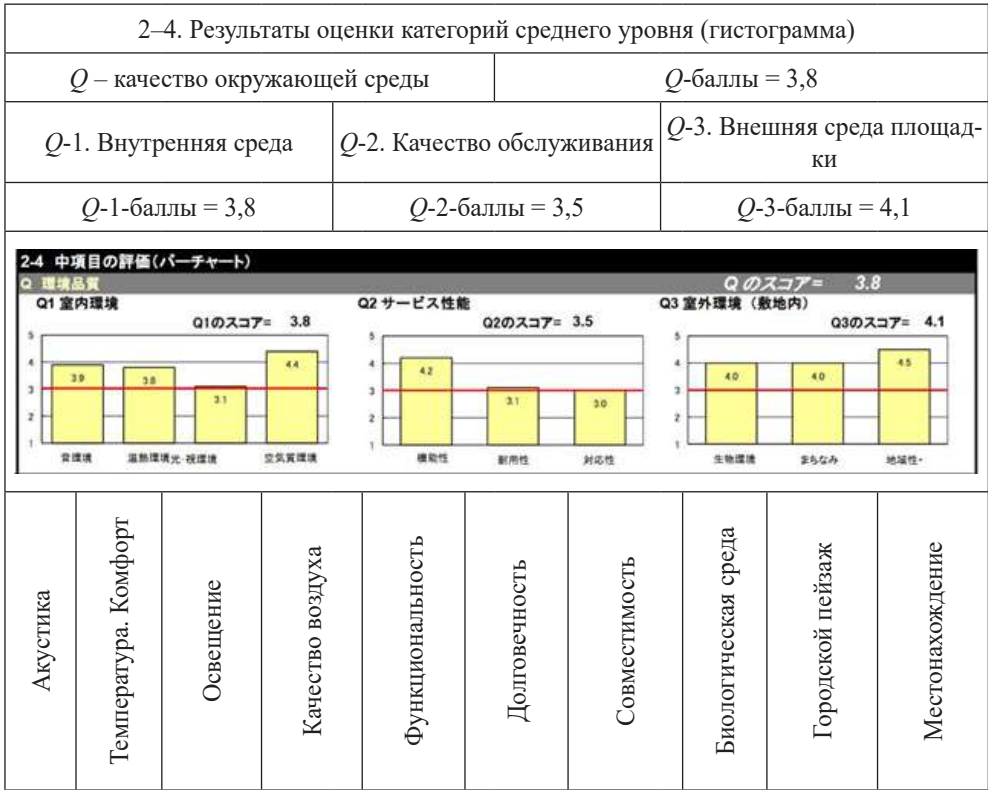
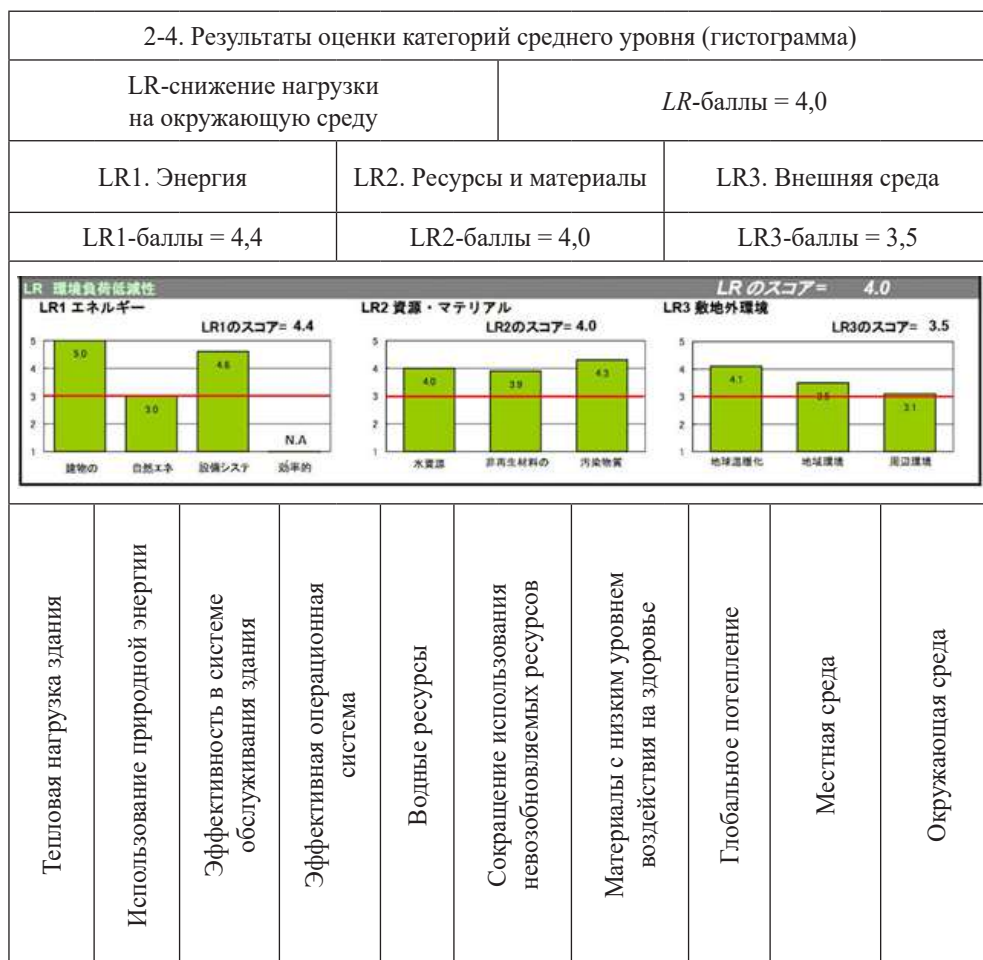


Таблица 65

**Пример эффективности застроенной среды совместного проекта
Nagumi Ekimaе в Нагое (2-й блок – оценка категорий среднего уровня;
LR-снижение нагрузки на окружающую среду)**



Данные табл. 64 и 65 показывают, что рассматриваемый проект максимально сбалансирован: Q (качество среды) равно 3,8; L (нагрузка на окружающую среду) равна 4,0. Наиболее заметные достижения объекта отражены в качестве воздуха, функциональности, местонахождении; наиболее существенными факторами снижения нагрузки на экосистему являются:

- снижение теплового воздействия здания;

- эффективность в системе обслуживания здания;
- материалы с низким уровнем воздействия на здоровье.

В контексте изменения климата Япония проводит политику, включающую в свою повестку дня достижимые цели, такие как нейтральность выбросов CO₂, экономические и социальные перспективы для населения, а также сохранение биоразнообразия в рамках экономики замкнутого цикла. Снижение нагрузки основано на внедрении ресурсоэффективности, так как страна ориентируется на развитие полностью замкнутой экономики, экологически устойчивой, нетоксичной и углеродно-нейтральной.

В табл. 66 показан завершающий блок оценки, касающийся предложений по дизайну.

Таблица 66

**Пример эффективности застроенной среды совместного проекта
Nagumi Ekimae в Нагое (3-й блок – предложения по дизайну)**

3. Предложения по дизайну		
3. 設計上の配慮事項 基本理念 「つどう、つづく、つなぐまち、ゆめ」をコンセプトとし、駅前再開発の新しい顔として、都市型住宅を提供する。敷地内に緑豊かな通り抜け公開広場を設け、地域密着を目指す。自然エネルギー利用や省エネルギー配慮、再生材やリサイクル材の使用など、エネルギーや資源の負荷抑制に配慮する。 Q1 室内環境 省エネルギー対策等級4を計画し、冷暖房負荷の低減に努める。また、化学汚染物質の少ない建材を利用する。 Q2 サービス性 近隣住民の意見をヒアリングし、都市計画のコンセプトに基づいた計画を立案する。地域貢献を第一に考え、子育て世代を誘致し、子育て支援サービスを提供。防災倉庫や豊かな緑地、公開広場を設けるなど防災や環境に配慮する。 LR1 エネルギー 省エネルギー対策等級4として建築物のエネルギー消費を抑える。太陽光発電を採用し、設備システムの効率化に努めるなど、エネルギー利用の負荷抑制に配慮する。 LR2 資源・マテリアル 雨水排水や再生材リサイクル材を使用するなど、資源の保護・削減に努める。 Q3 室外環境（敷地内） 緑地の質や量を十分に確保し地域特性に基づいた生物環境を創出する。都市計画に基づいた建物形態とし、地域の歴史も継承する。敷地内を横断する公開広場を設け、地域の賑わいに貢献する。 LR3 敷地外環境 鉄道の駅前の計画とし、電気自動車の充電施設を設けることで、交通負荷を抑制する。商業地域でありながら住宅地並みの目影基準とする。		
Общее	Другое	
Кратко опишите комплексную концепцию экологического дизайна здания. Основываясь на концепции «Наруми – город, который продолжает расти», мы представим новый имидж городской застройки перед вокзалом. На территории будет создана общественная площадь с пышной зеленью для снижения нагрузки на экосистему за счет энергосберегающих переработанных материалов с целью обеспечения общественной жизни населения	Кратко опишите соображения для других категорий, кроме шести вышеупомянутых, которые не оцениваются в CASBEE, таких как деятельность по переработке отходов на строительных площадках и сохранение исторических зданий. Чтобы обеспечить безопасность, будут устроены склады на случай стихийных бедствий. Кроме того, в здании будет размещен детский сад	

<i>Q-1. Внутренняя среда</i>	<i>Q-2. Качество обслуживания</i>	<i>Q-3. Внешняя среда площадки</i>
Кратко опишите соображения для <i>Q-1</i> . Запланированы мероприятия по энергосбережению уровня 4 и снижению нагрузки на отопление и охлаждение. Также использованы строительные материалы с меньшим содержанием химических загрязнителей	Кратко опишите соображения для <i>Q-2</i> . Выслушать мнение местного населения и составить план на основе градостроительной концепции. Предоставление услуг по поддержке воспитания детей	Кратко опишите соображения для <i>Q-3</i> . Вклад в процветание сообщества путем создания общественной площади, сохраняющей исторический характер региона; с формой здания, основанной на городском плане; обеспечивающей достаточное качество и количество зеленых насаждений и создающей биологическую среду с учетом особенностей региона
<i>LR1. Энергия</i>	<i>LR2. Ресурсы и материалы</i>	<i>LR3. Внешняя среда</i>
Кратко опишите соображения для <i>LR1</i> . Контроль тепловой нагрузки здания в качестве меры по энергосбережению 4-го класса. Устройство системы с использованием солнечной энергии, повышение ее эффективности, обеспечение контроля нагрузки	Кратко опишите соображения для <i>LR2</i> . Сохранение природных ресурсов, например от внедрения дренажа дождевой воды и переработанных материалов	Кратко опишите соображения для <i>LR3</i> . Проект напрямую связан с железной дорогой, а для снижения транспортной нагрузки предусмотрена возможность зарядки электромобилей. Несмотря на то что это коммерческая зона, стандарт тени такой же, как и в жилом районе

Этот блок оценки показывает важность социальной составляющей показателей *Q* и *L*. Строгие требования к переработке и потреблению материалов способствуют удовлетворенности и повышению благополучия жильцов. В рамках комплексной концепции экологического дизайна здания и внедрения экономики замкнутого цикла в целом разработчиками предложен набор мер с целью перехода к «зеленым» технологиям, продвижения устойчивых продуктов, регулирования строительством и реализации стратегии

устойчивого развития. Кроме того, данный блок обеспечивает всестороннюю оценку для изучения прогресса и текущей информации относительно проекта в контексте устойчивого развития.

CASBEE – единственная система в мире, имеющая «краткие» версии базового набора инструментов для поддержки достижения консенсуса между владельцами, проектировщиками и строителями на ранних стадиях проектирования, установления целевых показателей и создания систем отчетности для местных органов власти. В отличие от 3–7 дней, необходимых для завершения полной оценки CASBEE для нового строительства, краткая версия занимает всего пару часов. На рис. 53 показаны макроиндикаторы для оценки качества внутренней среды по сокращенному протоколу CASBEE.



Рис. 53. Макроиндикаторы для оценки качества внутренней среды в протоколе CASBEE

Таким образом, концептуальные основы, лежащие в основе проектирования, разработки и применения CASBEE, обеспечивают последовательный, научно обоснованный и качественно надежный способ построения оцен-

ки экологических характеристик зданий. Охват показателя экологической эффективности зданий (BEE) по всему масштабу – от зданий до городов – и гибкость оценки CASBEE для представления показателей отдельных зданий, городов или целого ряда городских агломераций являются чрезвычайно эффективными атрибутами данной системы.

2.14. Система экологической сертификации зданий в России

В России экологически чистое строительство пребывает в зачаточном виде. По словам генерального директора Совета по экологическому строительству в России RuGBC Гая Имза (гр. Великобритания), знакомство с экологическим строительством только начинается [233]. В монографии В. А. Нефедова [234] от 2002 г., посвященной архитектурно-ландшафтной реконструкции как средству оптимизации городской среды, ни слова не говорится о «зеленых» протоколах, хотя упоминаются книги Н. П. Титовой «Сады на крышах» [235], А. Н. Тетиора «Экологическая инфраструктура и среда жизни» [236]. Таким образом, до 2008 г. в России не было никакого понятия о «зеленом» строительстве, если не считать разработки советских ученых по озеленению городов [237]. Одними из первых исследовать проблемы «зеленого» строительства стали В. И. Теличенко и Ю. М. Слесарев [238]. В 2008 г. для проверки соответствия спортивных сооружений в Сочи международным требованиям устойчивого развития были подготовлены «Дополнительные экологические требования и рекомендации – ДЭТиР» [239]. Через два года был выпущен первый российский экостандарт для строительства спортивных объектов «Корпоративный Олимпийский Зеленый Стандарт» – подробное руководство по соблюдению требований, описания предлагаемых инновационных решений и технологий на основе методологии LEED и BREEAM. Система была разработана Департаментом экологической сертификации и методического сопровождения при участии специалистов Московского государственного университета инженерной экологии, ООО ИК «Технопром» и анонсирована как «добровольная». На самом деле 11 самых важных объектов были сертифицированы по протоколу BREEAM (на этом настаивал МОК), остальные 120 – по российскому стандарту госкорпорацией «Олимпстрой», единственным подрядчиком, а также разработчиком норматива [240–242].

Большинство сертифицированных объектов находится в Москве и в небольшом количестве они есть в Санкт-Петербурге и Сочи. В 2013 г.

сертифицировано 12 зданий по BREEAM, 6 по LEED, 5 по BREEAM In-Use, а также одно по LEED и BREEAM одновременно. Их совокупная площадь составила 450 тыс. м². Среди крупных клиентов BREEAM – фирма IKEA (Швеция), владелец и оператор более десятка торговых центров «Мега», покинувшая российский рынок в 2022 г. В начале 2022 г. насчитывалось 243 объекта, сертифицированных по LEED (169 – прошли сертификацию без присвоения уровня – Certified (40–49 баллов); 24 – с уровнем Silver (50–59 баллов); 47 – Gold (60–79 баллов); 3 – Platinum (80–100 баллов)) (рис. 54) [243].

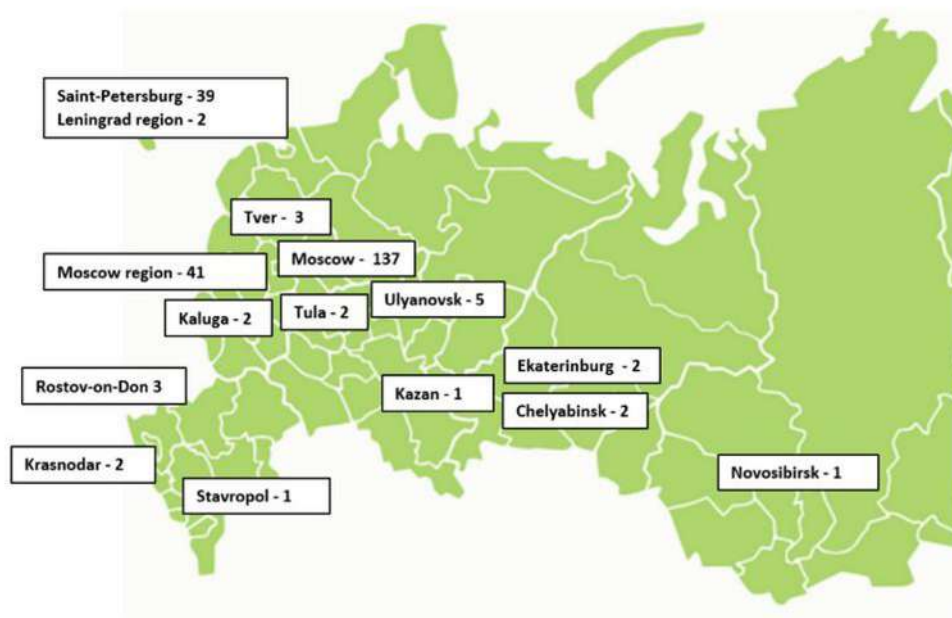


Рис. 54. LEED-сертифицированные объекты в России.

(Источник: <https://hpb-s.com/en/news/statistics-on-leed-well-and-breeam-objects-in-russia/>)

По системе BREEAM сертифицировано 186 объектов: 34 прошли сертификацию без присвоения уровня; 50 – с уровнем Good; 81 – Very Good; 22 – Excellent (рис. 55) [243].

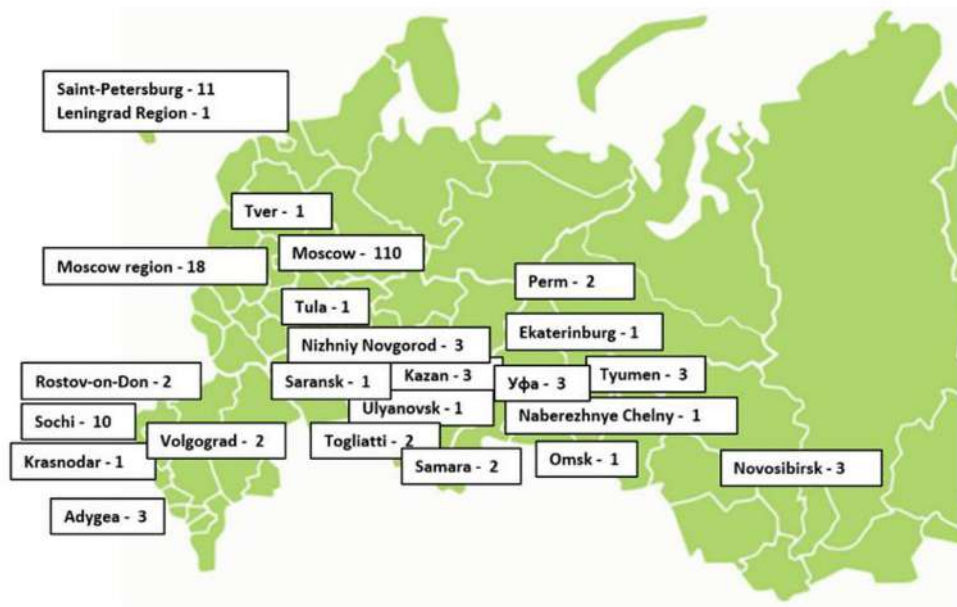


Рис. 55. BREEAM-сертифицированные объекты в России.

(Источник: <https://hpb-s.com/en/news/statistics-on-leed-well-and-breeam-objects-in-russia/>)

Для сравнения: в период с марта 2018 г. по март 2019 г. в Польше по LEED, BREEAM, DGNB, WELL, HQE было сертифицировано 648 объектов, в том числе 425 (66 %) новых зданий и 223 (34 %) существующих [244]. Для рынка недвижимости сертификация по этим стандартам означает международное признание, независимость оценки, уважение к продукту, экологичность, забота о человеке, энергоэффективность, прогрессивность, экономическая выгода. Данные системы стали локомотивами устойчивого развития в России.

Лидером по количеству «зеленых» зданий является офисный сегмент (43 %). Доля торговых центров и жилья в общем объеме «зеленого» рынка в России пока ничтожна [245]. По заявлению Гая Имза, в мире по разработанным стандартам BREEAM на 2017 г. построено 700 тыс. зданий, в России приблизительно 200. В Москве прошли аттестацию 50 зданий с «зеленой» кровлей. На «Ашане-Тройке» (Красносельская ул.) крыша просто высохла. Создание газона на крыше обошлось намного выше 15 % от стоимости обычной кровли [246].

В статье В. И. Теличенко и др. [247] представлен положительный опыт компании ООО «Илья Мочалов и Партнеры» по озеленению крыш на ряде зданий (Восточная ул. в Москве, пр. Добролюбова в Санкт-Петербурге, д. Раздоры в Московская обл.) по ГОСТ Р 58875–2020 [248]. Однако авторы ничего не сказали об окончательной стоимости проектов или о влиянии озеленения кровель на энергоэффективность зданий. Для продвижения «зеленых» стандартов на фоне высоких затрат на их строительство важны также данные о налоговых льготах, льготах по акцизным сборам и др. На сегодняшний день в России в основном учитываются только расходы на проектирование и строительство (20 % всех затрат на обслуживание жизненного цикла зданий), что противоречит принципам устойчивого развития и «зеленого» строительства [247, с. 13].

Самой распространенной российской системой сертификации является сегодня стандарт GREEN ZOOM, разработанный Советом RuGBC. Протокол представляет собой облегченную версию стандарта LEED, дополненного критериями BREEAM. По нему на 2016 г. было оценено более 15 коммерческих и жилых проектов в Санкт-Петербурге и области, Екатеринбурге, Тюмени, Казани. Но уже на начало 2023 г. насчитывалось более 200 объектов (рис. 56).



Рис. 56. Штаб-квартира Русской медной компании (13,5 тыс. м²),
сертифицированная по протоколу GREEN ZOOM
(здание имеет неофициальное прозвище «Ананас»).

(Источник: <https://krasivoe-foto.ru/photo/здание-рмк-в-екатеринбурге-фото/>)

Рассмотрим характеристики экологической безопасности этого здания, построенного в Екатеринбурге 2020 г. Дизайн-проект был разработан известной компанией Foster + Partners совместно с «ПМ Востокпроектом». При строительстве монолитные конструкции сооружения были изготовлены из белого бетона, экологичного материала с большим количеством минеральных компонентов натурального происхождения, устойчивого к различным климатическим условиям и образованию сколов и трещин. С другой стороны, высокая стоимость белого бетона увеличила расходы на здание до 12 млрд руб. Для отделки помещений заказывали эксклюзивные материалы со специальной пропиткой. Особое внимание в проекте было уделено фасаду здания. Он состоит из 196 объемных панелей, каждая из которых напоминает структуру кристаллической решетки меди. Необычная форма панели имеет разные углы наклона и подстроена специально под движение солнца в течение года. Так, нижняя часть панели выполнена из стекла и пропускает зимний солнечный свет в помещения. А верхняя, непрозрачная часть панели закрывает помещения от перегрева летом.

Для внутреннего пространства здания была специально спроектирована инновационная модульная система офисов. Каждый офисный блок занимает два этажа. Модули расположены рядами по обе стороны центрального коридора, который функционирует как пространство для отдыха с видом на город.

Все коммуникации вмонтированы в мебель – в столешницы, ножки столов, шкафы. Инженерные системы полностью автоматизированы и включаются в рабочее время, получая сигналы от датчиков движения. Для повышения качества внутренней среды здание оснащено датчиками CO₂, приточно-вытяжная вентиляция предусматривает рекуперацию тепла и увлажнение воздуха, а искусственное освещение регулируется по датчикам движения и дневно-ночного света. Для контроля уровня естественного освещения офисные помещения оснащены системой солнцезащиты. Помимо этого, на каждом этаже размещены краны питьевой воды, для этого в здании проведен отдельный изолированный трубопровод и установлена станция водоподготовки. Такие инженерные решения, в совокупности с улучшенными теплотехническими характеристиками ограждающих конструкций, позволили повысить энергоэффективность здания до 41 % и на 43 % снизить годовые выбросы CO₂ по сравнению с базовой моделью здания.

Для снижения негативного воздействия объекта на окружающую среду была произведена оценка жизненного цикла всего здания. На строительной площадке были применены меры по энерго- и водосбережению, по защите

природных объектов, проведен контроль загрязнения. Вся древесина, используемая во время строительства, имеет сертификаты FSC, что подтверждает экологические и социально-ответственные источники добычи древесины. Образовывающиеся во время строительства отходы практически полностью подвергались переработке, а для их временного хранения были обустроены специальные площадки.

Тем не менее критерий, связанный с размещением объекта, не был рассмотрен с точки зрения устойчивого развития и социального аспекта строительства. В 2015 г. градостроителями были высказаны сомнения относительно оптимальности выбранного места для стройплощадки. Выбранная концепция здания не соответствовала окружающей архитектуре. Для руководства компании этажность офиса была увеличена до 15 этажей, что привело к резкому изменению доминант в центре города. Потенциал территории использован, но среда не стала обжитой, так как решение о строительстве в угоду корпоративной частной технотроструке и новый стандарт качества городской среды – разные вещи. Дело не в том, что смешанными оказались разные архитектурные стили. Экологическая безопасность в мировом «зеленом» строительстве рассматривается как результат стремления к диалогу между различными субъектами, действующими в сообществе (частными лицами, муниципальной администрацией, ассоциациями и др.). Разработчикам нового стандарта стоит призадуматься и уделить разделу «Расположение застраиваемой территории» четверть или даже треть всех баллов, выделяемых для оценки проекта [249, с. 38–39].

По словам В. Бурцевой [249], ключевая идея национальной жилой среды будущего сфокусирована на человеке. Функциональность и комфорт среды определяются тем, насколько она помогает каждому в развитии его потенциала. «При положительной динамике жилищного строительства качество жилья, качество городской застройки вызывает опасения – даже не в технологическом или функциональном смысле, а прежде всего в социальном. Цели такой стройки не могут сводиться только к объемам. Необходимо создавать среду, которая будет одновременно доступной, экологичной и благоприятной для раскрытия человеческого потенциала – для этого мы ввели понятие „индекса счастья“ жилой среды. Мы сформулировали новые принципы создания массовой жилой среды, которая в перспективе 30–40 лет займет 50–70 % от общего объема строительства. Подчеркнем, не жилья бизнес-класса, а жилья для среднестатистического россиянина» [249, с. 60–61]. Сегодня застройщики руководствуются сводами правил, т. е. тем, что должно быть запроекти-

ровано в здании. Перенос фокуса на человека, по мнению В. Бурцевой, раскрывает его потенциал. Разработанный НИИУРС (Научно-исследовательским Институтом Устойчивого развития в строительстве) «индекс счастья» для жилой среды будущего предлагает перечень из семи принципов:

- заложить ценности;
- использовать то, что успешно работает сотни лет;
- увеличивать автономность (энергетика, функциональность, обучение, медицина, культура и т. д.);
- следовать архитектурной гармоничности;
- создавать сети;
- развивать экономическую устойчивость (занятость населения);
- следовать устойчивому развитию.

Срочный пересмотр приоритетов развития в условиях выживания предполагает совершенно другое: охрану экосистем без каких-либо ограничений. Важно понимать, что когда говорят о движущей силе эволюции как сотрудничестве (М. Новак), то забывают о решающем значении природной среды. Люди, потерявшие здоровье и страдающие от болезней, не смогут по достоинству оценить преимущества социального инжиниринга. Не экологическая безопасность должна подстраиваться под нужды экономики и политики строительства. Напротив, лишь экоцентризм, т. е. сохранение природы без ограничений, есть единственное и решающее условие сотрудничества между людьми.

За прошедшее время система GREEN ZOOM стала довольно продвинутой, применимость стандарта подверглась тщательной детализации, появились новые инструменты оценки для разных типов зданий и сооружений (всего 8):

- *GREEN ZOOM. Новое строительство.* Применимость: объекты нового строительства и первого года эксплуатации зданий жилого и общественного назначения. Не более пяти зданий на сертифицируемой территории. Есть возможность сертификации зданий с чистовой отделкой и без нее. Категории: 8. Критерии: 48. Максимально возможное кол-во баллов: 90;

- *GREEN ZOOM. Эксплуатируемые здания.* Применимость: эксплуатируемые объекты жилого и общественного назначения. Не более пяти зданий на сертифицируемой территории. Категории: 8. Критерии: 50. Максимально возможное кол-во баллов: 100;

- *GREEN ZOOM. Город.* Применимость: жилые кварталы, территории комплексного развития (шесть и более зданий на территории). Категории: 7. Критерии: 79. Максимально возможное кол-во баллов: 168;

- *GREEN ZOOM. Университеты и кампусы.* Применимость: кампусы учебных заведений, университетские городки, инновационные научно-технологические центры. Категории: 10. Критерии: 135. Максимально возможное кол-во баллов: 160;

- *GREEN ZOOM. Промышленные эксплуатируемые здания.* Применимость: промышленные эксплуатируемые здания. Категории: 7. Критерии: 40. Максимально возможное кол-во баллов: 90;

- *GREEN ZOOM. Центры обработки данных.* Применимость: центры обработки данных. Категории: 9 + 1. Критерии: 60. Максимально возможное кол-во баллов: 158;

- *GREEN ZOOM. Малоэтажная жилая застройка.* Применимость: коттеджные поселки с благоустроенной территорией. Не применяется к проектам домов без земельных участков. Категории: 8. Критерии: 41. Максимально возможное кол-во баллов: 90;

- *GREEN ZOOM. Туристская индустрия.* Применимость: туристические объекты, расположенные за пределами населенных пунктов, в природном окружении. Отели и гостиницы, расположенные в пределах городских поселений, сертифицируются по системе GREEN ZOOM. Категории: 8. Критерии: в разработке. Максимально возможное кол-во баллов: 90.

АНО «Научно-исследовательский институт устойчивого развития в строительстве» является сертифицирующим органом в системе GREEN ZOOM. В 2022 г. организация по решению властей г. Альметьевска – нефтяной столицы Татарстана – занялась разработкой городского «зеленого» стандарта (рис. 57).

По словам директора АНО «НИИУРС» В. Бурцевой, российская нормативная база, которой руководствуются проектировщики при создании объектов недвижимости, нацелена на безопасность. В ней нет речи о комфорте, экологии, энергоэффективности, качестве внутренней среды и т. п. [249, с. 22].

GREEN ZOOM мог бы стать топовым инструментом оценки экологичного строительства мирового уровня по примеру шведского протокола Miljöbyggnad, созданного Шведским советом по экологическому строительству в 2010 г. Точно так же, как и GREEN ZOOM, Miljöbyggnad использовал принципы LEED и BREEAM для разработки своих атрибутов сертификации. На сегодняшний день более 1 тыс. зданий получили сертификат Miljöbyggnad – рейтинга мирового уровня [250, 251].

И. П. Нужина и др. указывают на особенность российского протокола. В то время как по системам BREEAM, LEED, DGNB в основном сертифици-

фицируются офисные помещения (39 %, в Москве – 80 %), по российскому стандарту – жилые объекты (71 %). Если в первом случае объекты преимущественно расположены в столицах – Москве и Санкт-Петербурге, во втором – в областных центрах (Екатеринбург, Казань, Хабаровск, Иркутск, Тюмень, Владивосток, Архангельск) [244].



Рис. 57. Альметьевск – первый город России, власти которого приняли решение о необходимости комплексного подхода и инициировали разработку собственного стандарта устойчивого развития для строящегося жилья на базе российской национальной системы GREEN ZOOM. (Источник: <https://greenzoom.ru/dashboard/books/get/e/30/>)

Разработчики НОСТРОЙ и АВОК к экологическим показателям LEED и BREEAM добавили экономические аспекты из DGNB с учетом региональной специфики РФ. Итогом всех слияний и поглощений стал ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости». Данному акту идентичны требования «зеленого» стандарта СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 (Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания).

«СДС-РУСО» (Система добровольной сертификации рейтинга устойчивости среды обитания) создана на основе стандарта НОСТРОЯ. В ходе

подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г. большая часть российских стадионов для сертификации выбрала стандарт BREEAM. Сооружения, не готовые к строгим и дорогим требованиям сертификации по международным протоколам, прошли аттестацию по нормативам СДС-РУСО [246].

В экостандарте «САР-СПЗС» (Административные здания. Версия 1.0. Система добровольной сертификации. Рейтинговая система оценки экоустойчивости и среды обитания) название и содержание разделов схожи с немецким протоколом DGNB:

- функциональное качество;
- техническое качество;
- управление процессом (по DGNB «Качество процесса»);
- местоположение и инфраструктура (по DGNB «Качество расположения»).

К 2019 г. по этой системе сертифицировано более 150 зданий [252]. Следует добавить к сказанному, что Технический комитет № 474 по стандартизации в области охраны окружающей среды и экологических требований (куда вошли 30 организаций, в том числе научно-исследовательских и образовательных: Российская академия архитектуры и строительных наук, НИУ «Московский государственный строительный университет», Московский архитектурный институт и др.) принял к разработке в 2023 г. еще 8 федеральных стандартов [253, с. 141].

В табл. 67 представлено сравнение показателей экостандартов (табл. 67).

СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 является наиболее сбалансированным документом, учитывающим различные аспекты проектирования и дальнейшие этапы эксплуатации здания.

В стандарте в равных пропорциях уделено внимание экологическим, техническим, архитектурно-планировочным, организационным и экономическим мерам. Только в этом стандарте разработан раздел «Экономическая эффективность», что очень важно для предварительной оценки затрат на «зеленое» строительство (табл. 68, 69) [254, с. 100].

Таблица 67

Сравнение показателей российских экостандартов

Экостандарт	Кол-во разделов	Кол-во критериев	Коэф. k	Расчет LCA/LCC	Всего баллов	Возможный рейтинг объекта экооценки, %
«Зеленый стандарт»	13	141–143	Да	Да	100	40–49 – объект, сертифицированный по категории «Зеленый стандарт»; 50–59 – объект, сертифицированный по категории «Зеленый стандарт – серебро»; 60–79 – объект, сертифицированный по категории «Зеленый стандарт – золото»; ≥ 80 – объект, сертифицированный по категории «Зеленый стандарт – платина»
ГОСТ Р 70346–2022	10	81	Да	Да	163	Отлично ≥ 70. Хорошо ≥ 60. Удовлетворительно ≥ 50
«Клевер». Методика оценки и сертификации зданий для эксплуатируемых объектов (In-Use). 2022 г.	10	60	Да	Да	348	«Бронзовый» (Bronze) – 30. «Серебряный» (Silver) – 45. «Золотой» (Gold) – 55. «Платиновый» (Platinum) – 70. «Бриллиантовый» (Diam.) – 85
EGBS	6	200	Да	Да	100	Базовый (Basic) 20–39. Стандарт (Standard) 40–49. Серебро (Silver) 50–59. Золото (Gold) 60–69. Платина (Platinum) 70–79.

Окончание табл. 67

Экостандарт	Кол-во разделов	Кол-во критериев	Коэф. k	Расчет LCA/LCC	Всего баллов	Возможный рейтинг объекта экооценки, %
						Платина + (Platinum +) ≥ 80
СТО НОСТРОЙ	10	46	Да	Да	650	F (100–169). G (0–99). E (170–259). B (260–339). C (340–419). B (420–519). A (520–650)
ГОСТ Р 54964–2012	9	53	Да	Да	–	Сертификат соответствия ГОСТ Р
GREEN ZOOM	8	470–500	–	Да	90	Бронзовый сертификат (от 35). Серебряный сертификат (от 45). Золотой сертификат (от 55). Платиновый сертификат (от 70)
GREEN ZOOM City	7	79	Да	Да	168	Бронзовый сертификат (от 80). Серебряный сертификат (от 95). Золотой сертификат (от 110). Платиновый сертификат (от 135)

Таблица 68

Применение «зеленых» стандартов в строительстве

«Зеленые стандарты», 2010 г.	СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные», 2011 г.	ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», 2012 г.	«САР-СПЗС» Административные здания. Версия 1.0, 2013 г.	GREEN ZOOM
Все категории зданий. Помещения. Земельные участки. Объекты незавершенного строительства. Сооружения	Жилые и административные здания. Офисные, бизнес-центры. Гостиницы и общежития. Образовательные учреждения. Спортивно-зрелищные и торгово-развлекательные здания. Больницы, госпитали, поликлиники	Все категории проектируемых, построенных, реконструируемых и сданных в эксплуатацию объектов недвижимости	Административные здания	Гражданские и промышленные объекты

Таблица 69

Категории экологической оценки в российских «зеленых» стандартах

«Зеленые стандарты», 2010 г.	СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные», 2011 г.	ГОСТ 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», 2012 г.	«САР-СПЗС» Административные здания. Версия 1.0, 2013 г.	GREEN ZOOM
1. Предотвращение загрязнения	1. Комфорт и качество внешней среды	1. Экологический менеджмент	1. Экология	1. Расположение застраиваемой территории и организация транспортного обеспечения
2. Выбор участка	2. Качество архитектуры и планировки объекта	2. Инфраструктура и качество внешней среды	2. Функциональ- ное качество	2. Экологическая устойчивость застраиваемой территории
3. Инфраструктура	3. Комфорт и экология внутренней среды	3. Качество архитектуры и планировка объекта	3. Техническое качество	3. Энергоэффек- тивность и снижение вредных выбросов в атмосферу
4. Ландшафтное обу- стройство и сохране- ние или восстановление среды обитания	4. Качество санитарной защиты и утилизации отходов	4. Комфорт и экология внутренней среды	4. Управление процессом	4. Водоэффектив- ность

5. Уменьшение светового загрязнения и эффект локального нагревания	5. Рациональное водопользование	5. Качество санитарной защиты и утилизации отходов	5. Местоположение и инфраструктура	5. Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами
6. Регулирование ливневых стоков и рациональное водопользование	6. Энергосбережение и энергоэффективность	6. Рациональное водопользование и регулирование ливнестоков	—	6. Экология внутренней среды зданий
7. Энергосбережение и атмосфера	7. Применение альтернативной и возобновляемой энергии	7. Энергосбережение и энергоэффективность	—	7. Инновации
8. Материалы и ресурсы	8. Экология создания, эксплуатации и утилизации объекта	8. Охрана окружающей среды при строительстве, эксплуатации и утилизации объекта	—	8. Региональные особенности
9. Качество и комфорт среды внутри помещения	9. Экономическая эффективность	9. Безопасность жизнедеятельности	—	—

Окончание табл. 69

«Зеленые стандарты», 2010 г.	СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные», 2011 г.	ГОСТ 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», 2012 г.	«САР-СПЗС» Административные здания. Версия 1.0, 2013 г.	GREEN ZOOM
10. Безопасность	10. Качество подготов- ки и управления про- ектом	—	—	—
11. Санитарно- гигиеническое соот- ветствие	—	—	—	—
12. Отходы, выбросы и хранение опасных материалов	—	—	—	—
13. Участие в раз- работке проект- ной документации аккредитованного специалиста	—	—	—	—

Е. А. Сухинина обращает внимание на зависимость российских разработок от зарубежных аналогов: «При сравнительном анализе разделов рассматриваемых пяти систем экосертификации выявлено, что в изучаемых выше экостандартах присутствует пять „обязательных“ оценочных категорий относительно: экологии территории, места расположения, инфраструктуры; качества внутренней среды здания, микроклимата помещений; энергосбережения, использования возобновляемых источников энергии; водоэффективности, рационального потребления питьевой воды; качества санитарной защиты и утилизации отходов. Эти пять базовых пунктов, представленных в разной формулировке, можно встретить практически в каждом зарубежном и российском стандарте. Отличия систем заключаются в количестве тех или иных требований разделов и в дополнительных критериях относительно экономического качества проекта, инноваций, качества архитектуры, безопасности проекта и пр.» [254, с. 102–103].

Иначе говоря, российские «зеленые» протоколы являются преимущественно синтетическими, их агрегированные части не имеют органической единой связи, они как бы «слеплены» в одно целое с помощью разноплановых требований ГОСТов и сводов правил. Если цель – «догнать» Запад, данное решение является вполне рациональным, но не оптимальным. В условиях негативного глобального сценария для России была бы полезна японская система экологической сбалансированности CASBEE или итальянский протокол ITACA с продвинутыми социальными макропоказателями. Разрабатывать «зеленые» стандарты обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития в России невозможно без поддержания свободной конкуренции в экономике и открытого публичного обсуждения экологических проблем с учетом наилучших решений.

Важнейшим контекстом «зеленых» протоколов является реформирование требований к природоохранным разделам проектной документации. Многим специалистам неясно, с какой целью в сентябре 2021 г. было отменено старое, действовавшее в течение 20 лет, «Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ» [255]. Новые же «Требования к материалам оценки воздействия на окружающую среду» утверждены Приказом Минприроды России от 01.12.2020 № 999 [256] всего лишь на шесть лет. Причем в ключевом документе об экологической экспертизе с участием общественности акцент с «оценки» воздействия на окружающую среду перенесен на «требования к материалам оценки воздействия».

Другими словами, основной посыл новых Требований состоит в том, что предварительная оценка воздействия, независимо от последующих анализа хозяйственной деятельности и критериев оценивания, заранее включена в состав проектной документации. Осталось только подобрать нужные материалы для готовой оценки (!). Собственно говоря, в новых Требованиях задача достоверной оценки воздействия на окружающую среду подменена формальной проверкой материалов проекта на соответствие требованиям.

Еще большее недоумение вызывает отсутствие в указанных Требованиях определения намечаемой хозяйственной и иной деятельности, при реализации которой должна проводиться процедура ОВОС. Значит ли это, что теоретически любая намечаемая деятельность теперь должна проходить ОВОС? Если да, то предполагается, что заказчик изначально не знает, какая деятельность способна оказать воздействие на окружающую природную среду и должна стать объектом экологической экспертизы [257].

В Требованиях встречается принцип «презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной или иной деятельности». Что это такое? Говоря юридическим языком, в законе закреплено правило, признающее достоверным заведомое наличие определенных фактов (опасность не опасна!) до представления доказательств обратного (опасность опасна!).

Таким образом, в Требованиях (возведенных в закон приказом исполнительной власти) провозглашается, что планируемая (намечаемая) хозяйственная и иная деятельность, включая возможное трансграничное воздействие, не считается опасной, пока ее негативное воздействие не будет доказано в установленном законом порядке. Как и всякое предположение, факт «опасность не опасна» может быть отвергнут, но только путем доказывания установленными процессуальным законом средствами и лишь при помощи доказательств, относящихся к делу и допустимых законом.

Потенциальная экологическая опасность планируемой (намечаемой) хозяйственной и иной деятельности, наконец, получила юридическую защиту (установленная достоверно оценка ее опасности может быть отвергнута в судебном порядке). Смысл ОВОС как независимой проверки антропогенного воздействия на экосистемы при широком вовлечении общественности в процесс экологической экспертизы окончательно нивелируется и «затирается» (отдельно существуют требования к материалам ОВОС, которые пойдут на государственную экологическую экспертизу; особое внимание уделяется организации и проведению общественных обсуждений, дается конкретный

список информации, которая должна быть отражена в протоколах обсуждений, в опросных листах, в журналах учета замечаний и предложений общественности и т. д.) [258]. При этом объем детального описания требований по сравнению со старым Положением вырос в два раза [259].

В связи с выхолащиванием сути ОВОС эволюция строительной отрасли в направлении комплексной оценки объектов по «зеленым» стандартам, декарбонизации российской экономики, внедрения экологических мероприятий, направленных на снижение антропогенного воздействия на экосистемы, повышения качества жилых зданий и улучшения городских условий для жителей далеко не очевидна и, более того, становится просто невозможной [260, с. 447]. Кто захочет жить в «зеленых» домах, если рядом откроют карьер и будут проводить взрывные работы?

По мнению А. А. Васильевой, в России нет ни разработчиков «зеленых» зданий, ни специалистов, которые качественно воплощали бы такие проекты в жизнь. Дополнительные расходы на поиск соответствующих специалистов в других странах вкупе с особенностями российского менталитета (зачем экономить, если сырье дешевое и доступное) препятствуют «зеленому» строительству. Вопрос рационального использования энергии в России неактуален [261].

Как отмечают другие авторы, с вышеуказанными сложностями сталкивается любая страна на начальном этапе. Правда, добавляют, что факторы высокой стоимости внедрения инновационных технологий и ограниченных финансовых возможностей для реализации «зеленых» проектов пока сдерживают развитие экологически безопасного строительства в России [262].

Создание инфраструктуры для экологического строительства – крайне сложный процесс: должна быть инициирована особая ментальность, которая бы объединила проектировщиков, инвесторов, застройщиков, подрядчиков, банкиров и т. д. с целью подготовки и реализации «зеленого» проекта.

Ранее был подробно проанализирован ход подготовительных мероприятий, а также несколько важных аспектов менеджмента строительства с участием Администрации общих служб США GSA. Например, для LEED-сертификации экологически безопасному проектированию была обучена команда дизайнеров. Еще на ранней стадии проекта были согласованы все вопросы с арендаторами – Администрацией общих служб США GSA и Агентством по охране окружающей среды США EPA. План ввода в эксплуатацию, представленный еще на этапе проектирования, должен был обеспечить интеграцию с подготовленной и принятой строительной документацией,

содержавшей требования владельца к производительности. В дальнейшем подробная информация о системных испытаниях и процедурах, контрольные списки для конкретной сборки, а также обязанности по испытаниям и документации были включены в план ввода в эксплуатацию на этапе строительства, а также в строительные спецификации. Поскольку подрядчики строительства участвовали в разработках на этапе проектирования, переход от проектирования к строительству был практически незаметен. Был разработан План экологического ведения домашнего хозяйства с гарантией обеспечения благоприятной среды и уровня устойчивости, изначально достигнутых строителями. План «зеленого» хозяйства подробно описывал такие пункты, как типы обязательных чистящих средств, требования к изоляции для строительства рядом с жилыми помещениями и др. Кроме того, была разработана Программа обучения пользователей, включавшая в себя вывески с информацией к жителям и посетителям об экологических характеристиках сооружения и его безопасной эксплуатации. Спланированы мероприятия по оценке показателей после заселения.

Речь идет об использовании специальной технической культуры, сложнейшем и дорогостоящем механизме, выстраивающем всю логистическую цепочку принятия решений, внедрения прогрессивных технологий (связанных с удорожанием строительства), энергетического моделирования, экологической производительности здания. Поэтому стоимость такого строительства в лучшем случае на 7 % дороже для вновь спроектированного здания и на 10–15 % и выше – при внедрении в существующий проект, а доля «зеленой» сертификации составляет 20 % и более от стоимости проекта.

В России же порой «зеленый» протокол не способен работать в условиях десятков, если не сотен взаимоисключающих СП и ГОСТов. Часто препятствием становятся климатические различия, которые, например, ограничивают применение в России Еврокодов – комплекса стандартов EN, содержащих строительные нормы, по сути, аналогичные российским сводам правил по строительству. При создании сводов правил разработчики актуализированных редакций строительных норм обнаружили, что степень гармонизации сводов правил с Еврокодами не может превышать 30 %.

По словам одного из разработчиков LEED-проекта, государственной экспертизе по крупному объекту в Москве было представлено одно из «зеленых» решений – сбор и вторичное использование атмосферных осадков с кровли здания и так называемых серых стоков (от умывальников) для полива территории, использования в автомойке и технологическом оборудовании. Были

предусмотрены все мероприятия по очистке воды, девелопер готов был инвестировать дополнительные средства на оборудование, так как это было частью мероприятий для получения сертификата LEED на здание. Тем не менее чиновник от государственной технотруктуры, который в целом с пониманием отнесся к этой идее, потребовал исключить из проекта данное решение, потому что оно не подкреплялось действующими нормативами. Такова практика внедрения ресурсосберегающих технологий в России [263].

Необходима длительная адаптация категориального инструментария «зеленого» строительства к нормативному «пространству» российских ГОСТов. К тому же в стране, где рабочая сила и стройматериалы стоят сравнительно дешево, конечные продукты (квартиры) стоят несопоставимо дорого.

Что говорить о «зеленом» строительстве, если до сих пор не создан адекватный научный инструментарий адаптации западного опыта проектного финансирования к современным российским реалиям. Новая схема финансирования строительства жилья с применением escrow-счетов принесла много отрицательных моментов. Федеральным законом от 01.07.2018 № 175-ФЗ [264] была изменена ст. 183 закона № 214-ФЗ [265]. До вступления в силу этого федерального закона расходование средств застройщика не регламентировалось законодателем, что позволяло застройщикам эффективно использовать свои собственные средства для финансирования различных этапов и частей проектов.

Безусловно, у проектного финансирования есть свои плюсы:

- риски невыполнения обязательств застройщиками предельно минимизированы;
- кредитные риски банков для финансирования жилищных проектов так же минимальны, как и риски для государства (в случае невыполнения обязательств застройщиками достраивать дома будут за счет средств банков, а не за счет средств бюджета).

Кроме того, решение проблемы дольщиков свело их риски к нулю. Наконец, появилась возможность контролировать деятельность застройщиков со стороны органов власти.

Однако, каким бы впечатляющим ни было обновление проектного финансирования, негативные моменты ставят под сомнение данную реформу:

- стоимость строительства жилья существенно повысилась из-за оплаты процентов за пользование денежными средствами банка;
- небольшие фирмы потеряли доступ к распределению земельных участков и инженерным коммуникациям;

● рынок строительства жилья в конкретных регионах оказался монополизирован; у застройщиков зачастую не хватало собственных денежных средств для ввода крупных объектов;

- объемы и темпы строительства заметно снизились;
- сроки подготовки и рассмотрения документов, напротив, увеличились;
- появились новые схемы мошенничества (например, включение в ипотечное покрытие низкокачественного и рискованного инструмента, которым стал договор долевого участия (ДДУ), он привел к замене проблемы «обманутых дольщиков» проблемой «обманутых инвесторов») [52].

Т. И. Кубасова и др. считают, что проектное финансирование есть мультиинструментальная форма финансирования специальных проектных компаний (SPV, Special Purpose Vehicle) с минимизацией финансовой ответственности и риска [266]. Данная организационная форма связана с развитием частных компаний, реализующих проекты со значительными капиталовложениями. Единственной уставной целью SPV является распределение поступивших средств среди инвесторов, а активы принадлежат ей в полной мере. В России на практике активы компаний-учредителей передаются «дочке» – SPV-компаниям (SPV порой может вообще не иметь штата), чтобы привлечь финансирование. Получив крупные кредиты, не привязанные к активам учредителей-инвесторов, SPV-компания в случае банкротства (например, SPV платит купон, а через пару дней она объявляет о собственной несостоятельности; покрытие займа станет нулевым) ставит под вопрос модель проектного финансирования, поскольку потеря финансов не ведет к банкротству инициаторов проекта. Внешний управляющий (может быть из числа учредителей), назначенный в обанкротившуюся SPV, получит широкие полномочия по отмене ранее заключенных сделок. Будущие денежные потоки проекта, предназначенные по идее для обеспечения возврата заемных средств и выплаты доходов инвесторам строительства, на самом деле лишены репутационных гарантий со стороны государственных структур и тем самым могут стать предметом манипуляций с активами и долгом, финансовых ошибок и целенаправленных действий в пользу акционеров и в ущерб кредиторам. Федеральный закон № 214-ФЗ наносит вред развитию жилищного строительства и не способен защитить дольщиков, а также обеспечить дальнейшее развитие конкуренции в жилищном секторе строительного комплекса.

Исследование некоторых новых положений указанного закона показывает их весьма поверхностный, противоречивый характер [267]. Отмечаются 5 негативных трендов, порожденных практикой применения закона № 214-ФЗ:

- рост себестоимости строительства;
- стагнация строительного рынка;
- падение продаж в сегменте масс-маркет;
- поддержка рынка по программе субсидирования;
- сложности с привлечением финансирования.

Отмена системы долевого строительства привела к распространению формального страхования, так как страховые компании избегают высоких рисков в ситуации банкротства застройщика и участники долевого строительства потеряли возможность получать страховку. Имитация страхования рисков и формальное исполнение закона не решило проблему привлечения денежных средств для застройщиков.

Растет «раздутый рынок» строительной технoструктуры, на котором действуют недобросовестные застройщики, и увеличивается количество брошенных объектов строительства. Строительство с привлечением кредитных ресурсов является очень дорогим и недоступным большинству застройщиков [268].

И вот то, что ожидалось, случилось. По заявлению Минстроя РФ, в 2023 г. более чем в 600 из 1117 городов России нет ввода нового жилья. По данным Росстата, в России в 2022 г. были построены рекордные 102,7 млн м² жилья, а на продажу выставлено лишь около 70 млн. За два года не было построено ни одного «зеленого» дома. Сертификация LEED и BREEAM приостановлена на неопределенное время [269].

На фоне несовершенного и испорченного проектного финансирования, как считает генеральный директор проектного института «Горпроект» С. Лахман, внедрение энергоэффективных, «зеленых» технологий в России носит в основном декларативный характер. Поведение инновационного предпринимателя мотивируется не только денежной прибылью, но и желанием обрести власть и престиж и, таким образом, создать свое собственное «частное королевство», подчинить себе технoструктуру в лице государственных чиновников.

В эпоху неопределенности технoструктура крупных строительных корпораций (ГК ПИК, ГК ФСК, Группа ЛСР и др.) испытывает сильное искушение получить лучшее от технoструктуры, представленной правительственными чиновниками, и воспользоваться преимуществами стратегического планирования для достижения своих корыстных прибыльных целей. Поэтому проблема внедрения «зеленых» технологий излишне политизирована, «реального стимула внедрять экотехнологии у предпринимателей до сих пор нет,

а все „зеленые“ объекты, построенные в России на сегодняшний день, сориентированы на очень узкий сегмент потребителей» [263].

В целом существующие в России нормативы позволяют проектировать только относительно простые с точки зрения конструктива и инженерии здания. Для «зеленого» строительства часто приходится разрабатывать и согласовывать специальные технические условия (СТУ) – индивидуальные режимы строительства объектов, что усложняет многие процессы и увеличивает себестоимость и сроки реализации проектов. К тому же производство сложного, высокотехнологичного инженерного оборудования и материалов с «зеленым листком» для зданий в России практически отсутствует. Стимулы к их созданию у отечественных производителей мизерны, а реальная государственная поддержка отсутствует.

Согласно директиве Европейского парламента, здания органов госвласти и абсолютно все новые дома в странах ЕС достигли почти нулевого потребления энергии [270]. Риски западного девелопера прогнозируемы и поддаются финансовому анализу (например, при реализации проекта «тематических» домов в амстердамском Гайд-парке). Напротив, риски российского девелопера – это как прогулка по минному полю, даже к окончанию строительства. Базовый уровень удельного потребления энергоресурсов до сих пор нормативно не установлен, энергетическая эффективность здания определяется исходя из затрат тепловой энергии на отопление, все технические расчеты застройщики делают по некому усредненному водо- и теплопотреблению – независимо от того, насколько энергоэффективным можно спроектировать здание. Удельный расход тепловой энергии на отопление здания должен быть не больше нормируемой величины, зависящей от типа объекта (табл. 70) [271].

Таблица 70

Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, базовые значения ($q \frac{мр}{от}$, Вт/(м³·°C))*

Типы зданий	Этажность зданий							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Многоквартирные дома (на этапах проектирования, строительства, сдачи в эксплуатацию), здания гостиниц, общежитий	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290

Типы зданий	Этажность зданий							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
2. Общественные здания, кроме перечисленных в строках 3–6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Здания медицинских организаций, домов-интернатов	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4. Здания образовательных организаций	0,521	0,521	0,521	–	–	–	–	–
5. Здания сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, складов	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	–	–	–
6. Здания административного назначения	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

* Приказ Минстроя 1550/пр, 2017 г., к применению на добровольной основе.

Многоквартирные дома (МКД) должны соответствовать требованиям энергетической эффективности. Ее показателем является присвоение класса – этот параметр оценивает, насколько эффективно здание расходует тепловую и электрическую энергию в процессе эксплуатации. Всего выделяют 9 классов энергоэффективности. Класс энергетической эффективности присваивают на 5 лет, и с 1 января 2016 г. запрещено вводить в эксплуатацию здания с энергоэффективностью ниже класса D (табл. 71).

Таблица 71

**Характеристика классов энергетической эффективности и отклонений
от базового уровня расходов на энергоресурсы***

Класс энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Отклонение от базового уровня потребления энергоресурсов, %
A++	Очень высокий 2+	–60 включительно и менее
A+	Очень высокий +	От –50 включительно до –60
A	Очень высокий	От –40 включительно до –50
B	Высокий	От –30 включительно до –40
C	Повышенный	От –15 включительно до –30
D	Нормальный (базовый уровень энергоэффективности)	От 0 включительно до –15
E	Пониженный	От +25 включительно до 0
F	Низкий	От +50 включительно до +25
G	Очень низкий	+50 и более

* Приказ Минстроя России от 06.06.2016 № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности».

В настоящее время класс энергоэффективности здания присваивается жилым домам исходя из показателей потребления энергии на отопление, вентиляцию, водоснабжение и электроснабжение и площади объектов – чем меньше годовой расход ресурсов, тем выше класс. Однако неопределенность исходных условий, влияющих на расход воздуха и внутренние теплопоступления, вызывает значительный диапазон значений удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию за отопительный период. Наличие зданий с разнообразными характеристиками (по объемно-планировочным решениям, теплотехническим характеристикам ограждающих конструкций, техническим решениям систем вентиляции, внутренним источникам поступления теплоты и т. д.) указывает на большое число вариантов энергопотребления, не поддающихся какой-либо унификации [272].

С квартирными счетчиками, на обязательной установке которых настаивало Минэкономразвития, дом потребляет до 20 % меньше тепла. Но в 2019 г.

Федеральная антимонопольная служба и Минстрой высказались против обязательной (с 2012 г.) установки счетчиков тепла в новостройках, а добровольное использование энергоэффективных и энергосберегающих технологий вряд ли станет повсеместным. Сегодня плата за тепло – самая непрозрачная статья расходов на услуги ЖКХ, поскольку без учета непонятно, как рационально расходовать тепло.

В целом подход на основе ограничения классов энергоэффективности недооценивает реальный потенциал снижения потребления ресурсов. Как видно из таблицы, схема игнорирует такие экологические и социальные факторы, как выбросы вредных веществ в атмосферу, использование экологических материалов и создание комфортных условий для жильцов. Отсутствие механизмов финансового стимулирования для улучшения энергоэффективности может привести к тому, что владельцы МКД не будут заинтересованы в обновлении и модернизации своих зданий. Зависимость классификации энергоэффективности от типа здания и этажности, вероятно, уменьшит практическую значимость этой схемы, так как энергопотребление может быть различным в зависимости от привычек и потребностей жильцов (в случае пенсионеров или богатых слоев населения). Далее, если органы госконтроля обнаружат, что здание не соответствует классу энергоэффективности, владельцы могут столкнуться со штрафами или блокировкой продажи, что негативно отразится на стоимости недвижимости.

По мнению Е. В. Грибовой и др., сейчас энергосбережение в России находится на низком уровне. Большой объем тепловой энергии зданий тратится в атмосферу. Страна занимает одно из последних мест по уровню энергосбережения в целом. Если в США расход на 1 м² жилья в год составляет 30 Ккал, то в России он выше в 20 раз и составляет 600 Ккал на 1 м² [273].

Оценка энергоемкости российской экономики является актуальной задачей для развития «зеленого» строительства в России. По величине отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии здания от нормируемого (требуемого) значения определяется класс энергетической эффективности здания.

В стране доля топливно-энергетических ресурсов в структуре экспорта составила около 70 %, вклад нефтегазовых доходов в формирование доходной части бюджета превысил 50 %. К тому же 70 % страны – это территории Крайнего Севера и областей, приравненных к ним, в которых проживает одна треть всего населения, экологический риск промышленного производства крайне велик и требует высоких финансовых затрат [52].

По факту энергоемкость промышленности России остается одной из самых затратных среди индустриальных стран [274]. В условиях стагнации в 2014–2021 гг. появилась нарастающая с каждым годом разнонаправленность в динамике основных показателей экономического роста в регионах. Например, в Германии, для сравнения, снижение потребления первичной энергии по сравнению с эталонным показателем в жилищном секторе может быть весьма значительным и достигать 85 % ниже значения pZEB [275, р. 84]. В этой стране темпы снижения индекса энергоэффективности достигли 2 % в год. Для энергоэффективности строительства главным оказывается требование повышения эффективности использования природных ресурсов, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

В России наблюдается обратная тенденция. По сравнению с 2007 г. снижение энергоемкости на 40 %, как предусматривалось в указе Президента от 04.06.2008 № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», не было достигнуто [276]. Показатели из доклада Минэкономразвития России «Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года», опубликованного в марте 2013 г., также не были реализованы [277].

Прогнозное снижение энергоемкости (консервативный вариант – 19 %; инновационный вариант – 21 %; 26,4 % при форсированном сценарии) оказалось недостаточным, а по факту оно несколько снизилось в условиях кризиса и усилившихся санкций. Главная причина фиаско – неэнергоэффективный рост потребления ресурсов, тем самым неприемлемое для «зеленой» экономики наращивание инвестиций в основной капитал ВВП за счет существенного уменьшения доли личного потребления и уровня жизни населения. При увеличении ВВП на 1 млрд руб., – а он с 2000 по 2021 г. только в текущих ценах увеличился почти на 100 трлн руб., – количество потребляемых топливно-энергетических ресурсов в среднем увеличивалось на 11 тыс. т условного топлива. Определенно, намеченные индикаторы снижения энергоемкости не будут достигнуты и в 2030 г., и после [278].

В. А. Цыбатов полагает, что высокая интенсивность потребления капитала в топливно-энергетических отраслях не позволяет им расти темпами выше 2,0–2,5 % в год, а при среднегодовых темпах развития экономики 2–3 % выполнить основной целевой индикатор Энергетической стратегии России на период до 2035 г. (принятой в 2013 г.) – снизить энергоемкость ВВП к 2035 г. на 34 % по сравнению с 2015 г. – нет никакого шанса [274].

Дж. Росс отмечает неразвитость индивидуального потребления в России. Низкий процент потребления создает концентрацию производства в секторах экономики, требующих очень высоких инвестиций, а именно: в тяжелой промышленности, энергетике, добывающих отраслях. Объем производства в указанных секторах снижается, а цены на него растут. Такого рода монополистическая концентрация высасывает ресурсы из негосударственного сектора (малый бизнес, сельское хозяйство, сфера услуг), лишенного возможности максимизировать прибыль за счет увеличения объема производства и дешевых инвестиционных кредитов. В самом деле, в период 2017–2022 гг. темпы прироста реального располагаемого дохода – в отрицательной зоне, темпы роста реальной заработной платы и индекс потребительских цен снизились. Масштабное бюджетное финансирование, как правило, получают электроэнергетика, реструктуризация и развитие угольной промышленности, расширенное воспроизводство минерально-сырьевой базы. В 2019–2023 гг. на фоне замедления роста инвестиций в основной капитал произошло их перераспределение в пользу машин, оборудования и транспортных средств, добычи полезных ископаемых; 60,2 % от общего объема инвестиций пришлось на долю крупных и средних организаций государственного сектора [279].

Нетрудно сделать вывод, что внедрение энергоэффективных технологий наталкивается на системное противодействие организаций, занимающихся добычей и транспортировкой невозобновляемых природных энергоресурсов предприятиям, перерабатывающим их в различные виды энергии и энергоносители, а также сети, поставляющие энергию потребителю. В России нет рынка энергии и энергоносителей, а следовательно, и свободной продажи и конкуренции в области энергопотребления.

За 2013–2016 г. уровень ВВП вырос на 7509,7 млрд руб. (17,7 %), но за это же время снижение энергоемкости сменилось ее увеличением. Иначе говоря, не было ее постоянного снижения, хотя темп повышения ВВП нарастал от года к году. Причина заключается в том, что снижение энергоемкости традиционными средствами в принципе не может обойтись без привлечения значительных объемов углеводородсодержащих ресурсов (каменного угля, нефти и газа). Энергоэффективность же предполагает принципиальное реальное снижение потребления ресурсов высокоуглеродной генерации и применения наилучших доступных технологий для добывающего и обрабатывающего секторов промышленности [280]. В докладе Госсовету РФ «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» от 01.12.2016 [281] указано, что добыча, производство, переработка

и транспортировка природных ресурсов в рамках «сырьевой» материало-емкой экономики приводят к высокому объему выбросов парниковых газов (87 %), загрязняющих веществ в атмосферу (76 %), сбросам загрязненных сточных вод (77 %), отходов (97 %). В целом экономические потери и ущерб от загрязнения окружающей среды и ухудшения качества природных ресурсов снижают объем ВВП страны на 4–6 % ежегодно, а учитывая последствия для здоровья населения – на 10–15 %.

В такой непростой ситуации в России к концу 2011 г. было построено более 20 зданий по протоколам LEED и BREEAM, за период с 2011 по 2022 г. сертифицировано еще более 400. К 2023 г. создана нормативно-правовая база для развития экологически чистого строительства (табл. 72).

Таблица 72

**Нормативно-правовые акты РФ
о поддержке проектов устойчивого развития**

№	Наименование документа	Назначение
1	Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»	Вычет из суммы платы за негативное воздействие на окружающую среду затрат на реализацию мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду, фактически произведенных предприятиями и организациями, обязанными вносить плату. Государственная поддержка мероприятий по внедрению природоохранных мероприятий в виде предоставления налоговых льгот
2	Федеральный закон от 23.12.2009 № 261-ФЗ (ред. от 14.07.2022) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»	Закон устанавливает правовые, экономические и организационные основы для повышения энергетической эффективности. Повсеместно внедряются паспорта энергоэффективности промышленных и жилых зданий

№	Наименование документа	Назначение
3	Постановление Правительства Российской Федерации от 14.12.2010 № 1016 «Об утверждении Правил отбора инвестиционных проектов и принципалов для предоставления государственных гарантий <...>»	Государственные гарантии по инвестиционным проектам, связанным с энергосбережением и повышением энергетической эффективности в сфере жилищно-коммунального хозяйства и в сфере промышленности
4	Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»	Показатель удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление и вентиляцию для всех типов зданий, строений, сооружений считается показателем требований энергетической эффективности
5	СП 50.13330.2012 от 01.07.2013 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с изм. № 1, 2)»	Установлены 5 категорий энергопотребления: А – очень высокий класс В – высокий класс; С – нормальный класс; D – пониженный класс; Е – низкий класс
6	ГОСТ Р 54964–2012 от 01.03.2013 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»	Учитывает основные нормативные положения четырех международных стандартов по устойчивому строительству (ИСО 15392:2008, ИСО/ТО 21929-1:2006, ИСО 21930:2007, ИСО/ТО 21931-1:2010) и девяти ГОСТов (ГОСТ Р ИСО 14001–2007 – зам. ГОСТ Р ИСО 14001–2016; ГОСТ Р ИСО 14031–2001 – зам. ГОСТ Р ИСО 14031–2016; ГОСТ Р 51521–99; ГОСТ 17.1.1.01–77 – утратил силу; ГОСТ 17.13.13–86, ГОСТ 19223–90; ГОСТ 26433.0–85 – зам. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009; ГОСТ 29265–91– зам. ГОСТ ISO 817–2014; ГОСТ 30166–95 – зам. ГОСТ 30166–2014)

№	Наименование документа	Назначение
7	Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд»	Развитие оценки стоимости жизненного цикла здания в России
8	Постановление Правительства от 03.01.2014 № 3 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на возмещение части затрат <...> на реализацию комплексных инвестиционных проектов по приоритетным направлениям гражданской промышленности <...>»	Субсидии на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях на реализацию новых комплексных инвестиционных проектов по приоритетным направлениям гражданской промышленности
9	ГОСТ Р 55656–2013 (ИСО 13790:2008) от 01.07.2015 «Энергетические характеристики зданий. Расчет использования энергии для отопления помещений»	Цель: путем сравнения энергетических характеристик альтернативных решений проектируемого здания выяснять уровень энергетических характеристик существующих зданий
10	Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» (с изм. и доп. на 30.12.2020)	Устанавливает на добровольной основе правила и рекомендации по стандартизации, информационно-технические справочники, технические спецификации (отчеты) и стандарты организаций, в том числе технические условия
11	ГОСТ Р 57274.2–2016/EN 15643-2:2011 от 01.12.2017 «Устойчивое развитие в строительстве. Ч. 2. Принципы оценки экологических показателей»	Определяет принципы оценки экологических показателей. Классифицирует типы данных и их отнесение к жизненному циклу строительного объекта
12	Приказ Минстроя РФ от 17.12.2017 № 1550/пр «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» (реализуется на добровольной основе)	Поставлены целевые задачи: удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию должна снизиться на 20 % с 01.07.2018, на 40 % с 01.01.2023 и на 50 % с 01.01.2028

№	Наименование документа	Назначение
13	Постановление правительства РФ от 21.04.2018 № 486 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2009 г. № 1221»	Строительство и реконструкция многоквартирных домов, общественных и административных зданий должны обеспечивать класс энергетической эффективности не ниже первых пяти наивысших классов (A++, A+, A, B, C)
14	Резолюция Азиатской парламентской ассамблеи по вопросу утверждения дорожной карты по обеспечению мер стимулирования «зеленого» финансирования от 16.12.2019, принятая рабочей группой по «зеленому» финансированию в г. Нарьян-Мар 19 апреля 2019 г.	Утверждена дорожная карта по «зеленому» финансированию
15	ГОСТ Р 58875–2020 от 01.06.2020 «„Зеленые“ стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования»	Определены основные положения и общие требования в области строительства озеленяемых и эксплуатируемых крыш зданий и сооружений, представлена типология «зеленых» крыш, указаны технические и экологические требования при их проектировании, строительстве и эксплуатации
16	Приказ Минприроды РФ от 01.12.2020 № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду»	Материалы оценки воздействия на окружающую среду должны обеспечить учет потенциальной экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности
17	Указ Президента РФ от 08.02.2021 № 76 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений»	Направлен на формирование благоприятной экологической обстановки и борьбу с изменением климата

Продолжение табл. 72

№	Наименование документа	Назначение
18	Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»	Разработаны меры по ограничению выбросов парниковых газов: государственный учет выбросов CO ₂ , установление целевых показателей их сокращения и поддержка соответствующей деятельности по их уменьшению и поглощению
19	Распоряжение Правительства РФ от 14.07.2021 № 1912-р «Об утверждении целей и основных направлений устойчивого (в том числе „зеленого“) развития Российской Федерации»	Подготовка к запуску системы финансирования «зеленых» проектов и инициатив в сфере устойчивого развития
20	Постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе „зеленого“) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации»	Устанавливает критерии «зеленого» проекта или адаптационного. Разработан порядок финансирования проектов устойчивого развития. Определены требования к системе верификации проектов устойчивого развития
21	Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года»	Задача социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов
22	ГОСТ Р 70319–2022 от 01.10.2022 «„Зеленые“ стандарты. Система сбора дождевой воды: очистка, хранение, использование»	Устанавливает требования для сбора, очистки и последующего использования дождевой воды в рамках развития «зеленых» технологий, учитывающих цели устойчивого развития городов и поселений

№	Наименование документа	Назначение
23	ГОСТ Р 70346–2022 от 01.11.2022 «„Зеленые“ стандарты. Здания многоквартирные жилые „зеленые“. Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации»	Цель – развитие «зеленого» строительства на территории РФ на добровольной основе. Настоящий стандарт распространяется на «зеленые» многоквартирные жилые здания и устанавливает порядок проведения их оценки
24	Постановление Правительства РФ от 11.03.2023 № 373 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2021 г. № 1587»	Вносит изменения и дополнения в Постановление № 1587 (объем исправлений достигает 48 с.)

Идея составить «зеленый» ГОСТ Р 54964–2012 наподобие ASHRAE Std 189.1–2011 «Стандарт проектирования высокоэффективных „зеленых“ зданий, кроме малоэтажных жилых зданий», можно сказать, была не совсем успешной. Методику оценки разрабатывали ГК «Олимпстрой», Минприроды и Минрегионразвития России. Попытка создания государственного стандарта имела очень ограниченную сферу применения (Олимпиада 2014 г.). При этом авторы основной упор сделали на необходимости признать разработанные ими нормы и регламенты в качестве частично или полностью обязательных к применению.

Данный документ объединяет различные ГОСТы, своды правил и другие нормативы. Будучи неоднородным по своей структуре, он создает затруднения в ходе реализации экологического строительства. Некоторые части могут быть переписаны, другие вообще отменены – все это приводит к трудностям в определении конкретных требований.

Скажем, ГОСТ 17.1.1.01–77 утратил силу, и в этом состоит одно из противоречий рассматриваемого «зеленого» стандарта. Структурные несовместимости мешают разработчикам и инженерам принять однозначное решение по строительным требованиям. Хотя в данном ГОСТе ключевые термины определены в самом начале, те же самые термины в различных

частях стандарта имеют неоднозначный смысл и могут привести к недостаточно точному определению требований. Кроме того, текст документа наполнен избыточной технической терминологией и аббревиатурами, что мешает пониманию и установлению связей между ними. При попытке осознать весь текст ГОСТ Р 54964–2012 получается какой-то сумбур: смысл требований, записанных в документе, раскрывается в других нормативных актах, порой потерявших свою актуальность для строительства. В результате сам ГОСТ оказывается формализованной таблицей самых разных нормативов. Еще большая неразбериха возникает с реализацией «зеленых» критериев. В контексте устойчивого развития под «зелеными» критериями понимают требования по экологической безопасности строительства, минимизации негативного влияния на экосистемы и экологической устойчивости предприятий и организаций. Каждый из «зеленых» критериев имеет определенные конкретные цели и требования для их выполнения. Например, целью может быть уменьшение выбросов парниковых газов, а требованиями – использование экологически чистых материалов, установка оборудования для очистки отходящих газов, контроль за потреблением энергии и воды и др. Реализация такой схемы выполнения критериев может столкнуться и сейчас сталкивается с рядом трудностей. Среди них высокие затраты на обновление производственных мощностей и переход к новым технологиям и экологически чистым материалам, что остается нереализованной задачей в России.

На примере данного стандарта можно видеть, что отечественное «зеленое» строительство страдает от недостатка стандартизации процедур и отсутствия единых критериев оценки выполнения «зеленых» требований. Как следствие – недостаточный контроль за соответствием производственных процессов экологическим стандартам и неоднозначные результаты оценки выполнения нормативов. По определению, ГОСТ Р – система сертификации продукции в РФ, окончательно отмененная в 2018 г. Однако она все еще продолжает использоваться в качестве «добровольной», что не заменяет обязательный сертификат (если к продукции законодательством предъявляются требования о подтверждении соответствия). Сами же ГОСТы разрабатывались в СССР в условиях отсутствия рынка и свободной конкуренции, и они до сих пор действуют в РФ, что говорит о недостаточном развитии рыночных структур в стране и господстве государственного сырьевого сектора. ГОСТ Р 54964–2012 нельзя назвать гармонизированным документом, подобно европейскому стандарту EN – согласованным, отвечающим основным требованиям конкретной Директивы ЕС.

EN-стандарт применяется также на добровольной основе в сфере технического регулирования, но что это значит? В нем есть две части – обязательная и рекомендательная: в условиях высокого уровня индивидуального потребления производитель, если он не собирается следовать EN-стандартам, обязан подтвердить соответствие своей продукции общим требованиям безопасности любыми альтернативными методами. В ГОСТ Р также предусмотрена эта возможность. Но возникает вопрос, зачем проходить процесс сертификации в рамках ГОСТ Р и идти на вынужденную компромиссность при реализации «зеленых» критериев, подтверждая их в другой системе оценки (например, в LEED)? Сами авторы ГОСТ Р 54964–2012 подсчитывали стоимость прохождения такой «синтетической» стандартизации? Проще воспользоваться протоколом LEED для сертификации всего процесса, так как это будет дешевле, а если и дороже, то в LEED точно выгоды стоимости и эффективности не смогут превалировать над охраняемыми и экологическими требованиями для зданий. Отработанные процедуры стандартизации и единые критерии оценки в рамках LEED куда лучше мотивируют, чем многочисленные трудности в реализации «зеленых» критериев по российскому ГОСТу (например, отсутствие развитой инфраструктуры индивидуального потребления, ограничения свободной конкуренции в пользу сырьевого производства и монополистической машинерии не позволят следовать довольно сложным критериям относительно экологичных материалов, а установка сложного оборудования по контролю за энергоэффективностью и вовсе требует разработки СТУ, не прописанного в ГОСТе).

В 2009 г. ГОСТы отменили в качестве обязательных к исполнению актов, но они все еще продолжают действовать. Продукция больше не подпадает под процедуру соответствия ГОСТу, для сертификации она включена в Постановление Правительства РФ № 982 от 01.12.2009 [282]. Последнее заменено Постановлением Правительства РФ от 23.12.2021 № 2425. В период 1950–1980 гг. ГОСТы не смогли предупредить увеличивающееся загрязнение окружающей среды. Став «добровольными», т. е. не обязательными к исполнению, ГОСТы превратились больше в инструмент рекламы «зеленого» строительства, чем его реального продвижения. Как справедливо замечают В. И. Теличенко и др., в России нет сформированной нормативно-технической базы для проектирования экоустойчивого строительства. «Экологическое сертифицирование объектов недвижимости носит больше рекомендательный характер, иногда только для увеличения конкурентоспособности зданий на рынке недвижимости и рекламы» [283]. Однако авторы

уверены, что создание российского «зеленого» ГОСТ Р может изменить ситуацию в строительстве. Запуску полномасштабных систем «зеленого» строительства отвечают предпринятые меры в разных областях нормирования: охраны природных ресурсов, водоэффективности, энергосбережения, материалов, «зеленого» финансирования, планировочных решений и др.

В статье перечисляются более 14 систем для экологической сертификации объектов строительства:

- Корпоративный Олимпийский «зеленый» стандарт;
- «Зеленые» стандарты, НП-СПЗС 1.1.М–2011 «Малозэтажное строительство»;
- САР-СПЗС «Административные здания. Версия 1.0. Система добровольной сертификации. Рейтинговая система оценки экоустойчивости и среды обитания»;
- СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011. «„Зеленое строительство“. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания»;
- СТО АВТОДОР 7.1–2013. «„Зеленый“ стандарт государственной компании „АВТОДОР“»;
- ГОСТ Р 54964–2012. «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»;
- СДС «РУСО. Футбольные стадионы»;
- Eco Village;
- Eco Pro;
- GREEN ZOOM «Практические рекомендации по снижению энергоемкости и повышению экологичности объектов гражданского и промышленного строительства»;
- GREEN ZOOM City;
- СДС «Зеленый офис. Ecogreenoffice»;
- EGBS «Российская система рейтинговой оценки „зеленых“ устойчивых зданий»;
- ПНСТ 352–2019. «„Зеленые“ стандарты. „Зеленые“ технологии среды жизнедеятельности. Оценка соответствия требованиям „зеленых“ стандартов. Общие положения» и др.

Авторы приходят к выводу о том, что выше всего оцениваются параметры микроклимата и внутренней среды здания (11,34–29,68 %). Наименьшее количество требований – в разделах «Водоэффективность», «Материалы» и «Обращение с отходами» (3,5–14,84 %). Также можно наблюдать наимень-

шее количество документов в области рационального водопотребления, выбора экологичных материалов и раздельного сбора отходов (3,4–4,7 %), а наибольшее – в сфере создания микроклиматических условий в помещениях и на прилегающих территориях (24 %) [283, с. 453].

Основными недостатками экосертификации в России авторы считают:

- дефицит экоспециалистов;
- критерии «зеленых» стандартов – они тяжелы и непонятны архитекторам и градостроителям;
- отмену бюджетного финансирования расходов по сертификации объектов на этапе госэкспертизы из-за отсутствия нормативов по методике расчета размера затрат, включенных в федеральный реестр;
- требования дополнительных расчетов и инвестиций для подтверждения результатов оценки;
- нехватку качественных норм и межгосударственных стандартов для экологического проектирования [283, с. 453].

Развернутая характеристика «зеленого» строительства подтверждает необходимость срочного пересмотра приоритетов развития страны. Можно согласиться с тем, что в Постановлении Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития...» учли наиболее актуальные критерии зарубежной «зеленой» практики:

- обращение с отходами (1.1–1.6);
- энергетика (2.1–2.7.3);
- строительство (3.1–3.5);
- промышленность (4.1–4.2.2);
- транспорт и промышленная техника (5.1–5.10);
- водоснабжение и водоотведение (6.1–6.6);
- природные ландшафты, реки, водоемы и биоразнообразие (7.1–7.7);
- сельское хозяйство (8.1–8.8) [284].

Однако невозможно запустить «зеленое» строительство на старом фундаменте ГОСТ-нормирования, которое не обеспечило в прошлом экологическую безопасность страны, став придатком «сырьевой» материалоемкой экономики.

В ноябре 2021 г. Финансовый институт развития в жилищной сфере ДОМ.РФ подготовил свою редакцию «зеленого» ГОСТ Р с учетом передовой международной практики (LEED, BREEAM, DGNB) проектирования,

строительства и эксплуатации «зеленых» зданий – ГОСТ Р 70346–2022 [285]. Но и она оказалась слепком с 26 предыдущих ГОСТов и сводов правил со всеми недостатками, присущими первоначальной апробации зарубежных аналогов. При поддержке Минстроя России оператору реализации «зеленого» ГОСТа удалось сделать многое: в Единой информационной системе жилищного строительства (наш.дом.рф) многоквартирные дома уже маркируются по шести из более чем 30 обязательных критериев будущего стандарта (ГОСТ Р для МКД включает 81 «зеленый» критерий, 37 обязательных и 44 добровольных). Это примерно 16 % проектов [286].

В ГОСТе разработчики отмечают, что для получения сертификата соответствия на стадии проектирования оценка многоквартирного жилого здания должна быть выполнена после получения положительного заключения экспертизы проектной документации объекта капитального строительства [285]. Недостатки такого решения могут быть следующими:

- дополнительные затраты времени и ресурсов: проведение оценки соответствия на стадии проектирования может занять некоторое время и потребовать дополнительных ресурсов на корректировку проекта и его переоценку, а значит, повышения стоимости строительства;
- отсутствие возможности вносить изменения: запрет на изменения проекта после получения положительного заключения экспертизы повлечет за собой дополнительные затраты на исправление ошибок;
- неполная оценка: если оценка соответствия сертификату проводится после получения положительного заключения экспертизы, возможны некоторые ограничения в оценке, так как некоторые параметры или данные уже фиксированы. Проект окажется несоответствующим некоторым требованиям, которые не были учтены ранее, а изменение проекта связано с дополнительными затратами;
- неудовлетворительная устойчивость: если оценка соответствия выполняется после получения положительного заключения экспертизы, в проекте не будет учтен ряд аспектов экологической, социальной и технической устойчивости. Впоследствии заказчик столкнется с низкой работоспособностью здания и другими проблемами снижения надежности конструкции.

В целом проведение оценки соответствия на стадии проектирования с учетом положительного заключения экспертизы проектной документации объекта капитального строительства может повысить качество строительства, снизить риски возможных негативных последствий экологического и социального характера и улучшить работоспособность здания в будущем.

Однако это может привести к дополнительным затратам времени и ресурсов, ограничениям в оценке, невозможности внесения изменений и недостаточной устойчивости, если не все аспекты учитываются на предварительной стадии. Поэтому данная схема должна быть пересмотрена в плане придания оценочному процессу большей гибкости с целью реализации требований устойчивого развития.

Далее, разработчики внесли требование для получения сертификата на стадии строительства: оценка многоквартирного жилого здания должна быть выполнена не позднее одного года после выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию при условии размещения данных, подтверждающих выполнение соответствующих «зеленых» критериев, в Единой информационной системе жилищного строительства [285]. Возможные риски данной схемы таковы:

- нарушение сроков: поскольку оценка здания должна быть выполнена не позднее одного года после выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию, застройщики могут столкнуться с риском не соответствовать требованиям ГОСТ Р 70346–2022, если процесс занял больше времени;
- несоответствие критериям: застройщики могут также столкнуться с риском диссонанса с «зелеными» нормами, которые необходимо выполнить для получения сертификата; отказ в выдаче документа негативно скажется на репутации здания и продажах недвижимости;
- высокие затраты: выполнение «зеленых» принципов может потребовать дополнительных затрат со стороны застройщиков и снизит привлекательность сертификации для компаний, как это имело место в Китае. Увеличение расходов приведет к росту стоимости жилья для покупателей;
- недостаточная информация: эффективность Единой информационной системы жилищного строительства зависит от того, насколько она полна и насколько быстро обновляется. Если система фрагментарна и неактуальна, эффективность процесса сертификации окажется под вопросом;
- непредвиденные события: некоторые неожиданные обстоятельства, такие как изменение законодательства или технических требований, могут нарушить процесс сертификации. Если застройщики или органы государственной власти не будут готовы к новым условиям, возможны задержки и дополнительные затраты.

Таким образом, ГОСТ Р 70346–2022, устанавливая конкретные «зеленые» цели для получения сертификата соответствия, ограничит использование

других более инновационных методов и технологий, не включенных в реестр проектирования. В свою очередь, необходимость незапланированных расходов снизит привлекательность «зеленого» стандарта.

Надежда на то, что данный стандарт станет ориентиром для всех застройщиков и граждан, может оказаться неосуществимой при изоляции страны от мирового рынка строительства. В условиях усиления международных санкций обещание «Дом.РФ» дать «зеленые» кредиты для застройщиков в 2022 г. вряд ли будет реализовано [287]. Попытка Центробанка заняться финансированием «зеленой» ипотеки, видимо, также под большим вопросом по причине образования в 2023 г. дефицита в федеральном бюджете почти в 6 трлн руб. То же самое можно сказать и о пакете стимулов «зеленым» проектам со стороны Минэкономразвития [288].

Однако практика экологичного строительства показала, что трудность приспособления к оцениваемым местам выходит за рамки простого удаления или присоединения оцениваемых аспектов. Как признает А. Ремизов, председатель Совета по экоустойчивой архитектуре Союза архитекторов России, у нас подход к строительству заключается в том, чтобы извлечь максимальную ренту из каждого квадратного метра. Для изменения ситуации необходимо поменять систему проектирования в строительстве на параметрическую, т. е. перейти к настраиваемым параметрам. Например, задается параметр – дом без энергопотребления от углеродных источников. Это предполагает целевые расходы на стадии строительства с последующей их компенсацией на стадии эксплуатации. В России же принято, что строят одни, а эксплуатируют здания службы ЖКХ. В такой ситуации единственным выходом для застройщика остается приспособливаться к сиюминутным выгодам, а не думать о долгосрочной перспективе [252].

Дело в том, что результаты приспособлений застройщиков к «зеленым» требованиям фактически представляют собой новые системы экоустойчивого строительства, сильно отличающиеся от первоначальных методов LEED и BREEAM. Технологии и продукты, доступные в России, методы строительства, действующие правила, которые точно так же определяют контрольные уровни и цели, меняются от одного контекста к другому. Например, дизайн системы влияет на способность жильцов активно снижать потребление энергии: нельзя открыть окна в «зеленом» офисном здании или включить кондиционер только в одном помещении при наличии централизованной системы или, в отличие от систем с постоянным воздушным потоком, которые подают воздух с переменными температурами, включить термостат и сэконо-

мать энергию при наличии системы ОВКВ (HVAC VAV), которая работает с переменным объемом воздуха, подавая воздух на различных уровнях или в количествах при постоянной температуре. Поэтому важно разработать метод, основанный на национальных приоритетах и условиях, чтобы оценивать не только экологические характеристики зданий, но и их вклад в более устойчивую застроенную среду путем рассмотрения прежде всего социально-экономических аспектов, которые могут быть связаны с масштабом здания, его производством и эксплуатацией (гораздо более экономичным будет здание энергоэффективное, комфортное, со здоровой средой обитания при гармоничном сосуществовании с окружающей средой, чем дешевое в строительстве, но неэффективное в эксплуатации).

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ И ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

3.1. Системы оценки риска в экологических стандартах

Стандартизация процесса управления рисками играет важную роль в минимизации рисков для повышения эффективности экономической (хозяйственной) деятельности. Своевременная идентификация риска способствует защите стратегий менеджмента от критических значений риска как с позиций интересов предприятия, так и государства [289, 290].

Риск и мера риска – это термины, которые не имеют однозначного определения или использования [291]. Под риском принято понимать либо возможность получения ущерба от неудачного решения, либо непредсказуемое действие с неопределенным результатом. Буквально «риск» означает «принятие решения, результат которого заранее неизвестен». Вспомним здесь одно из замечательных определений термина «рисковать», данное В. Далем: «Делать без верного расчета».

Однако ныне анализ риска – это прежде всего точный расчет. В ГОСТ Р 22.0.02–94 приведено определение риска возникновения ЧС: «...вероятность или частота возникновения ЧС, определяемая соответствующими показателями риска» [292].

Согласно спецификации OHSAS 18001:2007 (Occupational Health and Safety Assessment Series), риск – это комбинация (сочетание, произведение) вероятности происшествия опасного события или подвержения такому событию и серьезности (уязвимости, тяжести) опасности в результате этого события или подвержения такому событию [293].

В ГОСТ Р 54934–2012, относящемся к серии документов по оценке безопасности труда и охраны здоровья и принятом на основе стандарта OHSAS 18002:2008, риск определяется как сочетание или произведение:

1) вероятности P того, что опасное событие A произойдет или воздействие будет иметь место;

2) тяжести травмы или ухудшения состояния здоровья, которые могут быть вызваны этим событием или воздействием.

Процесс оценивания риска, связанного с опасностями, осуществляется с учетом всех существующих мер управления и принятия решения о том, является ли риск приемлемым [294, 295].

Что же такое воздействие опасного события? Вопрос в такой его форме подсказывает, что существуют категории событий: опасных и неопасных, одноразовых и повторных и многих других. К примеру, можно продолжить данный ряд определений с точки зрения их отношения к индивиду:

- 1) объективные события как изменения жизненной ситуации индивида;
- 2) события, связанные с личностным выбором;
- 3) события экзистенциального опыта (по Маслоу, они – основание, определяющее активность человека на разных уровнях его жизнедеятельности).

Различаются эти три типа событий степенью «авторства» человека по отношению к ним. Здесь важно то, что человек не просто реагирует на те или иные ситуации, но, воспринимая и оценивая их, конструирует из них свое собственное пространство деятельности. Реализуя совокупность возможных событий, которые прежде были невозможны (возможны), а сейчас являются возможными (невозможными), люди создают свое будущее.

Событие включено в актуальное жизненное пространство «здесь и сейчас», но при этом, в силу своей значимости (например, опасное/неопасное), входит и в более протяженные единицы человеческой жизни. Скажем, в природе событие уменьшения количества лисиц будет способствовать росту количества мышей. Оно не несет в себе никакой опасности для экосистемы, потому что будет увеличиваться количество сов, снижающих рост популяции мышей. Напротив, с принятием человеком того или иного решения на более или менее длительный период определяется сценарий событий и возникает сразу дилемма: они будут опасными или неопасными, определенными или неопределенными, единичными или многократными?

Возникает специфический набор обстоятельств, при которых происходит событие, к примеру катастрофа на Чернобыльской АЭС. Произошедшая ЧС заставила специалистов заняться разработкой государственной стратегии снижения рисков и смягчения их последствий с целью ранжирования возможных рисков и предотвращения долговременных и значительных воздействий на окружающую среду. Таким образом, масштаб антропогенных изменений привел к тому, что человек сам сделал событие значимым (опасным/неопасным) моментом строительной и инженерной деятельности.

Нарастающие темпы нарушения экологического равновесия (как ответной реакции) создали и создают новую реальность нормативных и предельно допустимых воздействий на окружающую среду, нарушение которых влечет крупномасштабные экологические потери. Потенциальная опасность для природы резко возросла. Объективное событие (землетрясение, наводнение, оползень, извержение вулкана и т. д.), разумеется, несет в себе опасность, но риски, исходящие от промышленного воздействия на природу и перенаселенности планеты, куда более значительны, поскольку приводят к необратимым сдвигам экосистемы от исходного (равновесного) состояния.

Однако окружающая среда является воспринимаемой и переживаемой субъектом, поэтому достичь безаварийного и жестко регламентированного воздействия промышленных объектов на природу становится для него приоритетной задачей. Вполне закономерно, что анализ и оценка аналитиком ситуации как события под знаком риска (т. е. речь идет о правилах, по которым оценивают значимость явлений) выступают главными показателями деятельности в менеджменте риска.

Согласно ГОСТ Р 50779.10–2000, именно математическая интерпретация (моделирование) ситуации оценщиком риска определяет, превратится ли эта ситуация в событие или останется рутинным эпизодом повседневности [296].

Из содержания анализируемых документов [294, 295] следует, что вероятность и последствия нежелательного или опасного события могут быть условно классифицированы. Обычно их разделяют на пять рангов, каждый из которых характеризуется, например, следующими качественными показателями: минимальный, низкий, средний, высокий и максимальный (в зависимости от поставленных целей и обоснованной точности оценки риска степеней может быть и 3, и 10 и т. д., дополненных весовыми коэффициентами). Затем этим уровням присваиваются соответствующие цвета опасности или баллы, например от 1 до 5 (табл. 73).

Таблица 73

Ранжирование риска нежелательного или опасного события

Тип риска	Обозначение	Баллы
Минимальный (очень низкий)	ОНР	$0 < P < 5$
Низкий	НР	$5 < P < 10$
Средний	СР	$10 < P < 15$
Высокий	ВР	$15 < P < 20$
Максимальный (очень высокий)	ОВР	$20 < P < 25$

Далее строится сама матрица рисков. Соответствующие области рисков наглядно окрашиваются в цвета степени опасности и отмечаются соответствующей цифрой произведения вероятности P и последствий события S . Уровень риска с ростом вероятности и последствий события растет от зеленого к красному, или от 1 до 25. Такой полуколичественный метод представления рисков облегчает задачу разработки соответствующих мероприятий по обеспечению их снижения на соответствие требованиям стандартов (табл. 74).

Таблица 74

Ранговая матрица риска

Очень высокая: очень вероятно (1 раз в полгода)	5	CP ₅	BP ₁₀	ОВР ₁₅	ОВР ₂₀	ОВР ₂₅
Высокая: вероятно (1 раз в год)	4	HP ₄	CP ₈	BP ₁₂	BP ₁₆	ОВР ₂₀
Средняя: возможно (1 раз в 5 лет)	3	ОНР ₃	HP ₆	CP ₉	BP ₁₂	ОВР ₁₅
Низкая: маловероятно (1 раз в 10 лет)	2	ОНР ₂	HP ₄	HP ₆	CP ₈	BP ₁₀
Очень низкая: крайне маловероятно (1 раз в 25 лет)	1	ОНР ₁	ОНР ₂	ОНР ₃	HP ₄	CP ₅
Вероятность P		1	2	3	4	5
		Незначи- тельные	Ограни- ченные	Тяжелые	Очень тяжелые	Катастрофи- ческие
		Последствия (тяжесть) событий S				

Рассмотрим на основе такого подхода зависимость уровня риска от соотношения вероятности P события A и тяжести его последствий S . Сначала определяем вероятность события, т. е. как часто оно происходит (табл. 75).

Таблица 75

Определение вероятности события

Степень вероятности P	Частота конкретного события
Очень часто	Происходит в большинстве обстоятельств
Высокая частота	Может произойти в большинстве случаев
Средняя частота	Большая вероятность произойти со временем
Низкая частота	Может произойти в течение некоторого времени
Очень редко	Может случиться только при стечении каких-то обстоятельств

Затем необходимо оценить тяжесть нанесенного вреда и его последствий (табл. 76).

Таблица 76

Оценка тяжести нанесенного вреда и его последствий

Тип последствий S	Описание тяжести нанесенного вреда и его последствий
Очень легкие	Возможны незначительные экологические потери; незначительные нарушения безотказной работы в производственной среде, размер экономических последствий низкий (менее 50 тыс. руб.); устранение недостатков своими силами. Показатель экологической безопасности высокий, 90 %
Легкие	Возможны некоторые экологические потери; нарушения в сроке службы некоторых систем в производственной среде; некоторые финансовые и экономические потери (от 50 до 200 тыс. руб.); происшествие улажено своими силами. Показатель экологической безопасности достаточно высокий, 80 %
Средней тяжести	Экологические потери значительны; регулярные нарушения и сбои в безопасной работе производства; экономические потери ощутимы и достаточно высоки (от 200 до 500 тыс. руб.); происшествие улажено своими силами с внешней помощью. Показатель экологической безопасности средний, 40–60 %

Тип последствий <i>S</i>	Описание тяжести нанесенного вреда и его последствий
Значительные	Серьезный ущерб экосистеме, видны признаки ее деградации, допущены серьезные диспропорции, обуславливающие локальное нарушение экологического равновесия; тяжелые повреждения производственных мощностей; потери высокой стоимости (очень крупные, от 500 тыс. до 1 млн руб.); происшествие вышло за пределы организации, но не нанесло разрушительный ущерб посторонним. Показатель экологической безопасности низкий, 20 %
Очень тяжелые	Вред окружающей среде с труднопредсказуемыми последствиями; безотказная работа производства полностью нарушена; огромные экономические потери вплоть до полной остановки производства (более 1 млн руб.); происшествие вышло за пределы организации и нанесло разрушительный ущерб посторонним. Показатель экологической безопасности на нуле

На завершающем этапе устанавливаются меры по снижению риска (табл. 77).

Таблица 77

Мероприятия по обеспечению снижения рисков

Уровень риска	Диапазон баллов	Необходимые действия
ОНР (очень низкий риск)	1–3	Выполнение текущих процедур экологического, производственного и экономического регламента
НР (низкий риск)	4–6	Выполнение специфических процедур ответственным исполнителем по соблюдению экологических, производственных и экономических нормативов
СР (средний риск)	5–9	Требуется соответствующий мониторинг и выполнение специальных процедур и стандартов экологической безопасности для хозяйственной деятельности

Уровень риска	Диапазон баллов	Необходимые действия
ВР (высокий риск)	10–16	Требуется плановые действия, информирование высшего руководства для принятия решений по соблюдению экологической безопасности производства и экономической деятельности
ОВР (очень высокий риск)	15–25	Требуется незамедлительные действия для достижения допустимых норм промышленного воздействия на природу; предотвращения разрушительного эффекта производства на экосистему; восстановления прежнего биоразнообразия; жесткого контроля хозяйственной деятельности

С точки зрения соответствия критериям приемлемого риска различают качественный и количественный анализ риска. Задача качественной оценки – установление зон приемлемости или неприемлемости риска, а также необходимости проведения количественной его оценки. Цель количественной оценки заключается в нахождении значения риска в конкретной ситуации.

Поскольку проведение сложных и дорогостоящих расчетных процедур бывает неоправданным, на практике прежде всего обращаются к качественным методам оценки риска. Среди методов качественного анализа риска наибольшее значение имеют:

- 1) метод проверочного листа;
- 2) анализ вида и последствий отказов;
- 3) анализ опасности и работоспособности;
- 4) анализ дерева отказов.

Далее представлены рекомендации по выбору методов анализа риска (табл. 78).

Рекомендации по выбору методов анализа риска*

Методы	Жизненный цикл строительства				
	Проектирование	Размещение	Ввод (вывод) в эксплуатацию	Эксплуатация	Реконструкция
1. Проверочные листы	Р	НМП	Р	НБП	Р
2. Анализ опасности и работоспособности	НБП	НМП	Р	Р	НБП
3. Анализ вида и последствий отказов	НБП	НМП	Р	Р	НБП
4. Анализ дерева событий	НБП	НМП	Р	Р	НБП
5. Количественные методы**	НБП	НБП	НМП	Р	НБП

* НМП – наименее подходящий метод; Р – рекомендуемый; НБП – наиболее подходящий.

** Количественные методы оценки риска основаны на введении предельно допустимого уровня риска, выше которого риск признается абсолютно недопустимым, и одновременно пренебрежимо малого уровня риска, ниже которого опасностью можно пренебречь.

Вернемся к другим документам, в которых встречается терминология риска. Определение «риск есть сочетание...» включено в международные ISO-стандарты ISO 9000:2005 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» (обновленная версия ISO 9000:2015 и ее аналог ГОСТ Р ИСО 9000–2015) (п. 3.4.5) [297–299] и ISO 14001:2004 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» (обновленная версия ISO 14001:2015 и ее аналог ГОСТ Р ИСО 14001–2016) (п. 3.20) [300–302]. В них подчеркивается, что применение статистических методов помогает измерять, описывать, анализировать, интерпретировать и моделировать изменчивость (случайность) событий даже при относительно ограниченном количестве данных, т. е. в условиях неопределенности. Статистический анализ таких данных может помочь лучше понять природу, масштаб и причины изменчивости, способствуя решению и даже предупреждению проблем, которые могут быть результатом такой изменчивости,

а также постоянному улучшению качества. Отсюда система экологического менеджмента должна учитывать риски и возможности для оценки результатов деятельности и постоянного улучшения экологической безопасности.

Важные разъяснения относительно риска даны в обновленной версии ISO 14001:2015 (2021 г.). В ней утверждается, что риск – это влияние неопределенности (*uncertainty, U*). Влияние выражается в отклонении от ожидаемого результата – позитивном или негативном. Акцент делается на том, что неопределенность – это *состояние*, связанное с недостатком информации, понимания или знания о событии, его последствиях и вероятности, и характеризующееся разбросом значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

В своей методологии автор следовал понятию «риска», представленному в стандарте ISO 31000:2009 «Управление риском. Руководящие указания» (обновленная версия ISO 31000:2018 и ее аналог ГОСТ Р ИСО 31000–2019) [303–305]. Необходимо отметить, что под термином «безопасность» имеется в виду «отсутствие недопустимого риска». От того, как определяют ключевое понятие «риск», зависит степень потенциального вреда здоровью людей, их имуществу или окружающей среде. Идентификация потенциального источника опасности тоже важна для последующей оценки риска, оставшегося после предпринятых защитных мер, что очень важно для минимизации возможного эколого-экономического ущерба [306].

Методика исследования опирается также на понятие риска стандарта COSO ERM:2017 «Управление риском на предприятии» (Enterprise Risk Management) [307]. Данный документ не дает собственного определения риска и опирается на концепцию риска, разработанную Pricewaterhouse Coopers. В ней риск понимается как негативный аспект неопределенного события (набора факторов), приход которого для фирмы может обернуться ущербом и/или выгодой. Последующая идентификация риска дает информацию о его порогах (организация пойдет на риск, если он ниже уровня приемлемого воздействия; если выше, то он будет неприемлем).

Согласно ISO 31000:2018, риском является неопределенность, влияющая негативно и/или позитивно на цели. Стандарт определяет процессы риск-менеджмента как процедуры, практики и действия, направленные на осуществление коммуникации, консультирования, определение текущей ситуации во внешней и внутренней среде организации. Очевидно если не полное тождество формулировок PricewaterhouseCoopers и ISO 31000:2018, то их смысло-

вая близость. При этом разработчики ISO 31000:2018 считают, что риск может быть терминологически охарактеризован как источник угроз (hazards), потенциальных событий (events), последствий (consequences), а также вероятность событий и/или последствий (likelihood). Анализ рисков включает подробное рассмотрение неопределенностей, источников риска, последствий, вероятности, событий, сценариев, средств контроля и их эффективности.

В стандартах ISO/IEC Guide 98–1:2009 «Неопределенность измерения. Ч. 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения» и ГОСТ Р 54500.3–2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 (обновлено ГОСТ 34100.3–2017) [308–310] не рассматривается понятие истинного, действительного значения измеряемой величины. Вместо этого количественно оценивается «сомнение в измеряемой величине». В качестве характеристик неопределенности U используются среднее квадратическое отклонение и доверительный интервал, о которых говорится ниже.

В стандартах ISO/IEC Guide 98–3:2008 «Неопределенность измерения. Ч. 3. Руководство по выражению неопределенности измерения» и ГОСТ Р 54500.1–2011/Руководство ИСО/МЭК 98-1:2009 (обновлено – ГОСТ 34100.1–2017) [311–313] указано, что в отличие от погрешности, с помощью которой оценивается отклонение измеренной величины от ее истинного значения (эталона), неопределенность U при оценке характеризуется средним арифметическим значением определяемой величины (математическим ожиданием), которое может иметь значительное отклонение от истинного значения. Поэтому было бы естественно измерять риск с точки зрения распределения вероятностей.

Отображения пространств вероятностных распределений или случайных величин в действительных числах называются мерами риска. Согласно закону больших чисел, случайная величина получает значения среднего математического ожидания и служит для оценки вероятности больших отклонений. При большом числе случайных величин достоверно известно, что их среднее арифметическое как случайная величина бесконечно мало отличается от неслучайной (нормальной) величины значения ее среднего математического ожидания; т. е. действие совокупности случайных факторов дает результат, который почти не зависит от случая.

Чтобы прояснить сказанное, обратимся к следующим рассуждениям, которые помогут понять смысл стандартных формул, когда, умножая вероятность P на ущерб C , получают величину риска R или когда определяют риск, используя параметры неопределенности U и ущерб C .

Основное определение риска заключается в том, что конечный результат решения, например инвестирования на повышение качества окружающей среды, может отличаться от того, который ожидался при принятии решения. Риск и неопределенность различаются с точки зрения наличия вероятностей.

Риск – в случае, когда известны вероятности возможных исходов (например, при подбрасывании монеты или бросании игральной кости); неопределенность – когда случайность исходов не может быть выражена в терминах конкретных вероятностей. Термин «вероятность» означает шанс наступления определенного события, причем потенциальные значения могут варьироваться от 0 (событие не произойдет) до 1 (событие обязательно произойдет). Например, вероятность выпадения решки при подбрасывании монеты равна 0,5, а вероятность того, что при бросании игральной кости выпадет четверка, равна 1/6 (0,166). Сумма всех вероятностей всех возможных исходов должна быть равна 1.

В качестве примера приведем реальную ситуацию, когда компания прогнозирует потенциальные средства на снижение вероятности ЧС от внедрения новой технологии в первый год (табл. 79).

Таблица 79

Вероятность выделяемых средств от внедрения новой технологии*

Выделяемые средства на снижение вероятности P возникновения ситуации с негативным влиянием на окружающую среду, руб.	500 000	700 000	1 000 000	1 250 000	1 500 000
Вероятность P возникновения аварийной ситуации, значение которой определяется средствами, затрачиваемыми на предотвращение ЧС	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1

* Относительно связи вероятности P с частотой надо иметь в виду следующее: при конечном числе n повторений заданных условий доля числа случаев m , в которых данное событие появится, т. е. так называемая частота m / n , как правило, мало отличается от вероятности P . Чем больше число повторений n , тем реже встречаются сколько-либо значительные отклонения частоты m / n от вероятности P . Для пояснения этого обстоятельства рассмотрим пример бросания монеты, в котором вероятность P появления «орла» и «решки» одинаковы и равны. При 10 бросаниях ($n = 10$) появление 10 «орлов» или 10 «решек» маловероятно. Но и утверждать, что «орел» выпадает ровно 5 раз, нет

достаточных оснований; более того, утверждая, что «орел» выпадает 4 или 5, или 6 раз, было бы еще более ошибочным допущением. Но при 100 бросаниях монеты можно заранее утверждать, что число выпавших «орлов» будет лежать между 40 и 60.

Из табл. 79 видно, что наиболее вероятным исходом является значение P , равное 0,4. Средства на снижение вероятности ЧС от внедрения нового продукта составят 1 000 000 руб., так как это значение имеет наибольшую вероятность.

Независимое событие происходит тогда, когда его исход не зависит от исхода предыдущего события. Например, если предположить, что игральная кость является несмещенной, то вероятность выпадения пятерки при втором броске не зависит от результата первого броска. Напротив, при условном событии исходы двух или более событий связаны между собой, т. е. исход второго события зависит от исхода первого. Согласно табл. 79, компания прогнозирует средства на снижение вероятности ЧС на первый год внедрения нового продукта. Если впоследствии компания попытается спрогнозировать сумму на второй год, то вполне вероятно, что прогноз будет зависеть от результатов первого года. Если по итогам первого года затраты составили 1 500 000 руб., то прогнозы на второй год, скорее всего, будут более оптимистичными.

Наличие информации о вероятностях потенциальных исходов позволяет рассчитать как ожидаемое значение исхода, так и меру изменчивости (или *дисперсии*) потенциальных исходов вокруг ожидаемого значения (чаще всего *стандартное*, или *среднеквадратическое*, отклонение). Таким образом, аналитик риска получает меру риска R , которая может быть использована для оценки вероятного исхода.

Используя информацию о потенциальных исходах и связанных с ними вероятностях, рассчитаем ожидаемое значение исхода, просто умножив значение, связанное с каждым потенциальным исходом, на его вероятность. Ожидаемое значение вложений для первого года определяется следующим образом, руб.:

$$\begin{aligned} & 500\,000 \cdot 0,1 + 700\,000 \cdot 0,2 + 1\,000\,000 \cdot 0,4 + \\ & + 1\,250\,000 \cdot 0,2 + 1\,500\,000 \cdot 0,1 = \\ & = 50\,000 + 140\,000 + 400\,000 + 250\,000 + 150\,000 = 990\,000. \end{aligned} \tag{5}$$

В данном примере ожидаемое значение очень близко к наиболее вероятному исходу (1 млн руб.), но это не обязательно всегда так. Более того, вполне вероятно, что ожидаемое значение не соответствует ни одному из отдельных потенциальных исходов. Например, средний результат броска игральной кости составляет: $(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) / 6$ или 3,5, а средняя семья (в России) в 2021 г. имела 1,5 ребенка.

Еще один момент, связанный с использованием ожидаемых значений, заключается в том, что вероятности основаны на *многократном повторении события*, в то время как в реальности большинство событий происходит только один раз. Помимо ожидаемого значения, информативным является также представление о риске или дисперсии потенциальных фактических результатов вокруг ожидаемого значения. Наиболее распространенной мерой дисперсии является *стандартное отклонение* (квадратный корень из дисперсии), что можно проиллюстрировать на примере вложений двух сценариев снижения вероятности ЧС, приведенном в табл. 80.

Таблица 80

Два сценария вложений для снижения вероятности ЧС

Сценарий А		Сценарий Б	
Вложения, %	<i>P</i>	Вложения, %	<i>P</i>
8	0,25	5	0,25
10	0,5	10	0,5
12	0,25	15	0,25

Чтобы оценить стандартное отклонение, необходимо сначала рассчитать ожидаемые значения каждого сценария.

Сценарий А. Ожидаемые вложения равны, %:

$$8 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,5 + 12 \cdot 0,25 = 10. \quad (6)$$

Сценарий Б:

$$5 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,5 + 15 \cdot 0,25 = 10. \quad (7)$$

Расчет стандартного отклонения производится путем вычитания ожидаемого значения из каждого из возможных исходов, затем результат возводится в квадрат и умножается на вероятность. Полученные результаты сум-

мируются, чтобы получить дисперсию. Наконец, квадратный корень берется для получения стандартного отклонения, как показано в табл. 81.

Таблица 81

**Два сценария вложений для снижения вероятности ЧС:
расчет стандартного отклонения**

Сценарий А					
Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6
Вложения, %	Ожидаемые вложения, %	Ст. 1 – Ст. 2	Ст. 3 ²	<i>P</i>	Ст. 4 · Ст. 5
8	10	2	4	0,25	1 %
10	10	0	0	0,5	0 %
12	10	2	4	0,25	1 %
Дисперсия					2 %
Стандартное отклонение					$\sqrt{2} = 1,414 \%$
Сценарий Б					
Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6
Вложения, %	Ожидаемые вложения, %	Ст. 1 – Ст. 2	Ст. 3 ²	<i>P</i>	Ст. 4 · Ст. 5
5	10	5	25	0,25	6,25 %
10	10	0	0	0,5	0 %
15	10	5	25	0,25	6,25 %
Дисперсия					12,5 %
Стандартное отклонение					$\sqrt{12,5} = 3,536 \%$

Из табл. 81 видно, что хотя сценарии А и Б имеют одинаковые ожидаемые вложения, сценарий Б более рискован, поскольку имеет более высокое стандартное отклонение. Чаще всего ожидаемые вложения и стандартное отклонение сценария различны, но их все равно можно сравнить с помощью коэффициента вариации, который их объединяет в один показатель.

Коэффициент вариации рассчитывается простым делением стандартного отклонения на ожидаемые вложения (или среднее значение):

$$\text{Коэф. вариации} = \frac{\text{Стандарт. отклонение}}{\text{Ожидаемые вложения}}. \quad (8)$$

Например, предположим, что ожидаемые вложения сценария А составляют 20 %, а стандартное отклонение – 15 %, в то время как ожидаемые вложения сценария Б составляют 25 %, а стандартное отклонение – 20 %. Коэффициенты вариации для этих двух сценариев составят:

$$\text{Сценарий А} = \frac{15 \%}{20 \%} = 0,75; \quad (9)$$

$$\text{Сценарий Б} = \frac{20 \%}{25 \%} = 0,80. \quad (10)$$

Интерпретация этих результатов заключается в том, что сценарий А является менее рискованным на основании более низкого коэффициента вариации.

Еще одним показателем, связанным с дисперсией, является *стандартная ошибка*, которую часто путают со стандартным отклонением. Стандартное отклонение – это мера изменчивости выборки, используемая в качестве оценки изменчивости совокупности, из которой была взята выборка. Когда рассчитывается среднее значение выборки, обычно рассматривают не среднее значение данной конкретной выборки, а среднее значение совокупности, из которой была взята данная выборка. Выборочное среднее будет варьироваться от выборки к выборке, и то, как это варьирование происходит, описывается «выборочным распределением» среднего. Таким образом, можно оценить, насколько сильно будет отличаться выборочное среднее от стандартного отклонения выборочного распределения. Эта величина и будет *стандартной ошибкой* SE оценки среднего значения. Стандартная ошибка среднего выборочного значения зависит как от *стандартного отклонения*, так и от объема выборки:

$$\text{Стандарт. ошибка} = \frac{\text{Стандарт. отклонение}}{\sqrt{\text{Объем выборки}}}. \quad (11)$$

Стандартная ошибка уменьшается при увеличении объема выборки, поскольку снижается степень случайной вариации. Однако для уменьшения стандартной ошибки на 50 % необходимо четырехкратное увеличение объема выборки, что связано с использованием квадратного корня из объе-

ма выборки. Стандартное отклонение, напротив, как правило, не изменяется при увеличении объема выборки.

Стандартное отклонение σ – наиболее значимый показатель риска. Он указывает на меру кучности. Этот показатель имеет отношение к абсолютному риску проекта и показывает величину отклонения каждого возможного варианта осуществления проекта X от среднего значения (вокруг которого группируется основной континуум вероятности). Стандартное отклонение всегда следует рассматривать относительно среднего (медианы, μ). Чем дальше отклонение σ отстоит от среднего, тем меньше вероятность запланированного события, т. е. тем выше риск проекта (потерь, выраженных в рублях или других денежных единицах; при этом ни сама вероятность, ни сам риск не являются физическим выражением потерь; а с точки зрения байесовской теории, вероятность – это субъективная мера неопределенности, эталоном является некий стандарт, назначенный оценщиком риска, и нет отсылки на правильную или истинную вероятность).

Показатель дисперсии, или вариации, – мера изменчивости. Он служит для измерения рассеивания (менее или более узкого интервала) всех возможных X вокруг центра группирования – среднего ожидаемого значения. Дисперсия равна сумме квадратов отклонений случайной величины X от ее среднего значения, умноженной на соответствующую вероятность, и вычисляется по формуле

$$\sigma_X^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot p_i, \quad (12)$$

где σ^2 – дисперсия показателя X .

Поскольку дисперсия характеризуется размерностью квадрата случайной величины, то

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (13)$$

где σ – стандартное отклонение показателя X .

Указанные способы оценки риска применимы для нормального распределения вероятностей. График для нормального распределения строится в диапазоне от -3σ до $+3\sigma$. Высота кривой зависит от плотности точек на оси абсцисс, т. е. речь идет о вероятности случайной величины в узкой окрестности точки на оси абсцисс. Поэтому здесь нет шкалы по оси ординат. Интерес представляет только ось абсцисс с единицей измерения σ (рис. 58).

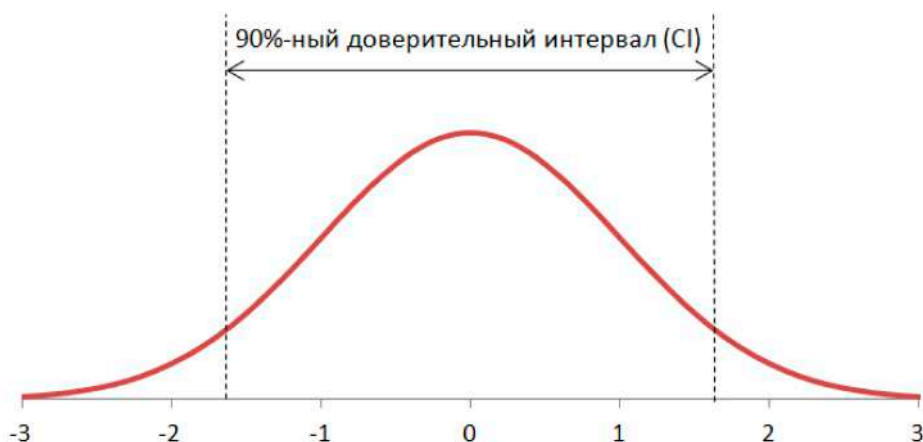


Рис. 58. Нормальное распределение вероятностей: чем больше σ , тем ниже и шире кривая распределения

Доверительный 90%-ный интервал занимает область по оси абсцисс в диапазоне от $-1,645\sigma$ до $+1,645\sigma$, всего в сумме $3,29\sigma$. Вместо оценки неизвестного параметра по одному значению (например, среднему значению ряда испытаний) доверительный интервал обеспечивает диапазон, который может содержать неизвестное значение, и дает уверенность в том, что неизвестное значение находится именно в этом диапазоне. Если средняя величина μ равна 0, а $\sigma = 1$, то функция получает вид, показанный на рис. 59.

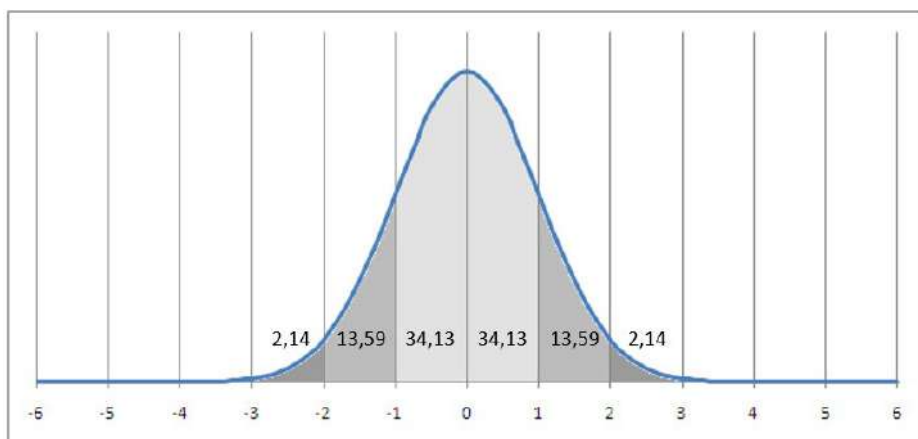


Рис. 59. Условный график нормального распределения (по закону Гаусса): чем ближе событие к среднему, тем оно чаще и происходит

На условном графике площадь замыкается кривой в определенном диапазоне и не зависит от плотности распределения точек. К примеру, от 0 до 1σ площадь под кривой составляет 34,13 %. Само отклонение σ характеризуется величиной по обе стороны от среднего, т. е. 0. Другими словами, некая случайная величина X попадает в диапазон $\mu \pm \sigma$ с вероятностью 68,26 %. Оставаясь в диапазоне $\mu \pm 6\sigma$, X удовлетворяет нормативному значению средней величины μ . На удалении 3σ X попадает в диапазон $\mu \pm \sigma$ с вероятностью 99,73 %. А на расстоянии 6σ – 99,9999998 %, т. е. два значения X из 100 не попадут в диапазон доверительного интервала (табл. 82).

Таблица 82

Значения вероятности и доверительного интервала нормального распределения

Вероятность, %	60	68,27	70	80	90	95	95,45	97	99	99,73
Интервал, $\pm \sigma$	0,84	1,00	1,03	1,29	1,65	1,96	2,00	2,18	2,58	3,00

Таким образом, с 99,73%-ной вероятностью можно сказать, что истинное значение доли всех точек нормально распределенной случайной величины X будет лежать в $\pm 3\sigma$ -окрестности среднего значения. А вероятность случайно выбрать слишком маленькую величину или слишком большую равна 2 из 100 (табл. 83).

Таблица 83

Соответствие числа σ числу случаев за пределами σ -окрестности при нормальном распределении

σ -окрестность среднего значения	Число случаев на 1 млн за пределами σ -окрестности	% случаев за пределами σ -окрестности	Уровень качества
6σ	0,0027	0,0000002	Идеальный
5σ	0,6	0,00006	Близкий к идеальному
4σ	63	0,01	Приемлемый
3σ	2700	0,27	Все еще недостаточный
2σ	45 500	4,6	Недостаточный
1σ	317 311	31,7	Неприемлемый

Стандартное нормальное распределение случайных значений X широко применяется в анализе риска, значительно упрощая его. Оно используется, когда нет возможности точно знать вероятность дискретного значения X , но точно известно, что плотность распределения прогнозируемых величин группируется вокруг среднего значения. Если значение искомого параметра значительно отстоит от медианы как середины вариационного ряда, то оно маловероятно в смысле реализации. Наоборот, чем меньше σ , тем больше вероятность тех X , которые находятся ближе к среднему.

Если X как анализируемый параметр риска проекта принадлежит к области нормального равномерного распределения, соответствующей 95%-ному доверительному интервалу, то он окажется в пределах $\pm 1,96 \sigma$ -окрестности относительно среднего ожидаемого значения (медианы). Другими словами, как уже отмечалось, в 95 % случаев истинные значения параметра X будут находиться в доверительном интервале и погрешность оценки не превысит заданной точности.

Однако вероятность того, что нормально распределенная случайная величина принимает наперед заданное значение, равна 0. Нельзя сказать, что 2700 случай потерь заранее осуществится с вероятностью 99,73 %. Это отличает непрерывные случайные величины (измеряемые) от дискретных (подсчитываемых). То есть результат расчета не подсчитывается, а измеряется; в качестве исходные данных служат не числа, а формулы, генерирующие случайные числа; при каждом изменении формулы пересчитываются и выдают новые случайные числа. Преимущество нормального (гауссова) распределения заключается в том, что оно точно или приблизительно описывает распределение непрерывных случайных величин. Оно позволяет аппроксимировать разнообразные дискретные распределения (рис. 60).

Параметрами для нормального распределения являются математическое ожидание и стандартное отклонение. В основе нормального распределения лежат три условия:

1) некоторое значение неизвестной переменной является наиболее вероятным (математическое ожидание распределения);

2) значения неизвестной нормально распределенной случайной переменной могут с одинаковой вероятностью быть как выше, так и ниже математического ожидания (симметричны относительно него, т. е. лежат на всей числовой оси $-\infty < X < +\infty$);

3) неизвестная переменная с большей вероятностью будет ближе к математическому ожиданию, чем наоборот (т. е. математическое ожидание, медиана и мода совпадут).

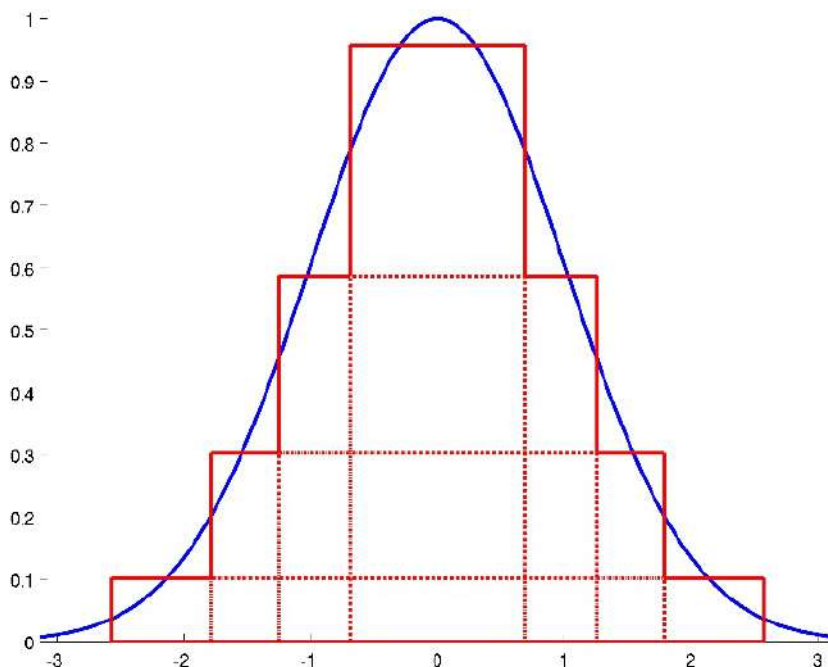


Рис. 60. Гауссова аппроксимация на $[-\pi, \pi]$: красные линии показывают эквивалентность между четырьмя постоянными «срезами» и семью постоянными «сегментами»

Как уже отмечалось, приблизительно 68 % значений нормального распределения находятся в пределах стандартного отклонения от математического ожидания, т. е. больше половины нормально распределенных значений лежит в интервале, длина которого $4/3\sigma$ -стандартного отклонения. Иначе говоря, шкала значений стандартного отклонения лежит в границах от $+2/3\sigma$ до $-2/3\sigma$, т. е. слева и справа от среднего значения.

Кроме гауссова, существуют и другие типы распределения. Например, треугольное является еще одним типом непрерывных распределений вероятностей. Параметрами для треугольного распределения являются минимальное, наиболее вероятное и максимальное значения. В основе треугольного распределения лежат три условия:

- 1) минимальное значение является фиксированным;
- 2) максимальное значение является фиксированным;
- 3) наиболее вероятное значение выходит на пик между минимальным и максимальным значениями, образуя распределение треугольной формы,

которое показывает, что значения рядом с минимумом и максимумом менее вероятны, чем значения рядом с наиболее вероятным значением.

Наиболее часто применяемые типы распределений случайных величин представлены на рис. 61.

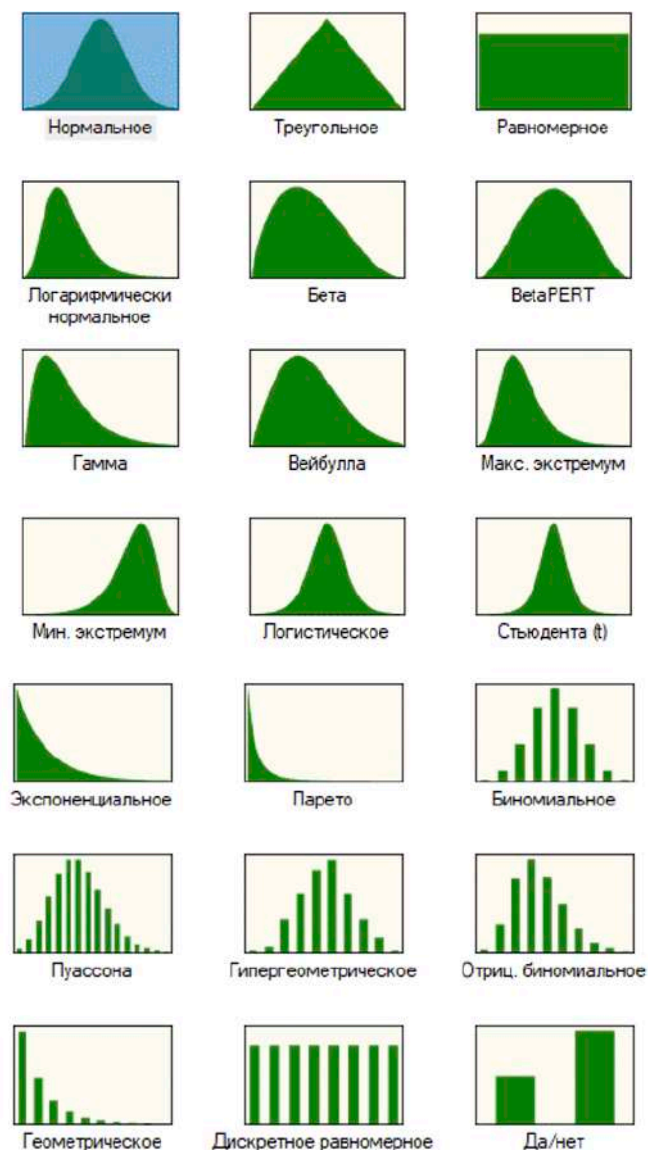


Рис. 61. Наиболее часто применяемые типы распределений случайных величин

Таким образом, риск можно измерить с точки зрения распределения вероятностей, т. е. рассматривая его в контексте неопределенности. Аналитик риска получает возможность выделить количественную характеристику риска и сопоставить ее с потенциальными потерями и нанесением ущерба окружающей среде.

Значения риска, вероятности и неопределенности находятся в зависимости от затрат, направленных на предотвращение ЧС и/или снижение ущерба, и будут выражаться в условных единицах. Например, риск смещения природного баланса при распределении средств на снижение вероятности аварии (0,3 млн руб.) и снижение материального ущерба (0,2 млн руб.) будет минимальным и равным 0,129. При других распределениях выделенной суммы 500 000 руб. риск возрастет (табл. 84).

Таблица 84

Зависимость риска от величины выделенных на его снижение средств

Средства C_1 на снижение вероятности аварии, млн руб.	Средства C_2 на снижение ущерба, млн руб.	Значение риска
0,1	0,4	0,159
0,2	0,3	0,135
0,3	0,2	0,129 min
0,4	0,1	0,165

В табл. 84. для задачи оптимального распределения выделенной суммы использовались формулы при значениях, $\alpha = 4,5$, $b = 10$:

$$P(s_1) = 0,01 \cdot \exp(-\alpha s_1); \quad (14)$$

$$C(s_2) = \frac{b}{s_2}; \quad (15)$$

$$\begin{aligned} R(s_{1\min}, s_{2\min}) &= \min_{\{s_1, s_2\}} P(s_1) \cdot C(s_2) = \\ &= \min_{\{s_1, s_2\}} \left[0,01 \cdot \exp(-\alpha \cdot s_1) \frac{b}{s_2} \right], \end{aligned} \quad (16)$$

где α – частота аварий; b – период (время), в течение которого были выделены средства на снижение ущерба.

Ни риск, ни вероятность, ни неопределенность не измеряются в единицах ущерба (например, рублях), но в случаях $P \cdot C$ и $U \pm C$ речь идет об изменении значений риска. U является произведением коэффициента охвата k и суммарной стандартной неопределенности u_c [310]. Для ясности приведем пример выражения неопределенности. Оператор определил содержание общего железа в питьевой воде по ГОСТ 4011–72 [314] с оценкой неопределенности U и предоставил результат в виде: $C_{Fe} \pm U = (100,02147 \pm 0,00079)$ мг/дм³ ($u_c = 0,35$, $k = 2,26$; $p = 0,95$). В каких единицах измерения представлен результат? Запись означает: число, стоящее после знака « $\pm$ », относится к так называемой расширенной неопределенности $Uk u_c$, равной произведению коэффициента охвата k (2,26) и суммарной стандартной неопределенности u_c (0,35 мг/дм³), и соответствует уровню доверия 95 % для t -распределения (распределения Стьюдента) с девятью степенями свободы. Расширенная неопределенность, поскольку позволяет получить более точную оценку полной неопределенности и характеризует разброс распределений возможных значений измеряемой величины, выражается в мг/дм³, хотя коэффициент охвата k – это численная величина. Стандартная неопределенность u также выражается в мг/дм³.

Таким образом, общая оценка неопределенности строится на основе анализа всех компонентов и выражена в виде стандартного отклонения, доверительного интервала или другого подходящего статистического параметра, поскольку она включает анализ и идентификацию:

1) всех возможных источников систематической ошибки (например, человеческого фактора) с помощью различных методов (экспертных оценок, статистических моделей и т. д.), коэффициента чувствительности, корреляции входных данных;

2) ошибок, связанных с неправильным выбором метода анализа, неадекватными условиями проведения анализа и другими неслучайными факторами и т. п., поскольку неопределенность выражается в единицах измерения выходных данных или результатов (мг/дм³ и т. д. или рублей, если речь идет о ущербе, нанесенном предприятием, окружающей среде).

ГОСТ Р 51898–2002 и вслед за ним ГОСТ Р 12.0.006–2002 [315, 316] также трактуют риск R как сочетание вероятности P нанесения ущерба и тяжести этого ущерба. Соответственно, ущерб рассматривается как нанесение физического повреждения или другого вреда здоровью людей или вреда имуществу или окружающей среде; безопасность – отсутствие недопустимого риска; вызывающее ущерб событие – событие A , при котором опасная

ситуация приводит к ущербу; опасность – потенциальный источник возникновения ущерба; допустимый риск – тот, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях.

В ГОСТ Р 51897–2002 [317], анализирующем термины и понятия менеджмента риска, под риском понимается сочетание (т. е. произведение) вероятности P события A и его последствий S . Термин «риск» приводится, когда существует возможность негативных последствий (результатов события A). В некоторых ситуациях риск обусловлен возможностью отклонения от ожидаемого результата или события. Применительно к аспектам безопасности последствия всегда негативны.

Что важно в данном документе, последствия могут быть выражены качественно или количественно. Под «вероятностью» имеется в виду мера того, что событие A может произойти. Например, если для стрелка вероятность P попадания при отдельном выстреле равна 0,4, то вероятность того, что он будет иметь хотя бы одно попадание при четырех выстрелах, равна: $P = 1 - q \cdot q \cdot q \cdot q = 1 - q^4 = 1 - 0,6^4 = 1 - 0,13 = 0,87$. Этот вывод может быть проверен статистически: если попытки (событие) поразить цель хотя бы одним выстрелом из четырех будут повторяться много раз, то они будут иметь успех приблизительно в 87 % случаев. Из этого примера следует, что вероятность P , связанная с событием A , может быть оценена для данного интервала времени, т. е. в рамках специфического набора обстоятельств, при которых происходит явление.

Согласно ГОСТ Р 50779.10–2000, вероятность P есть действительное число в интервале от 0 до 1, относящееся к случайному событию A . Число может отражать относительную частоту в серии наблюдений или степень уверенности в том, что некоторое событие произойдет. Для высокой степени уверенности вероятность близка к единице [296].

Как уже отмечалось, концепция риска и, в частности, способы его измерения остаются неясными [318].

Риск определяют по ожидаемому значению, полагая, согласно закону больших чисел, что эмпирическое среднее независимых одинаково распределенных случайных величин сходится к ожидаемому значению, когда количество переменных увеличивается до бесконечности [319, 320]. Т. Бурдорф и Г. Ван Вуурен (2018) в своем исследовании анализируют рыночное поведение показателей риска VaR (value at risk – стоимостная мера риска; измеряется в базовой валюте) и ожидаемого дефицита. VaR – это величина убытков, которая с вероятностью, равной уровню доверия (например, 95 %), не будет

превышена в течение одного дня, следовательно, в 1 % случаев убыток составит величину, большую чем VaR. На примере портфеля акций они показали, что нахождение этих показателей методом Монте-Карло и дисперсионно-ковариационным методом более согласуются во всех средах по сравнению с методами, основанными на исторических данных [321]. Тем не менее ожидаемое значение как средняя или центральная величина неадекватно отражает события с низкой вероятностью и значительными последствиями [322]. Ряд авторов сопоставляют риск с неопределенными последствиями события A , имеющего ценность для людей [323, 324]. Риск определяется как набор сценариев s_j , каждый из которых имеет вероятность p_i и последствия x_i [325]. Сама вероятность интерпретируется как относительная частота, т. е. полагают, что события происходят, если анализируемая ситуация гипотетически повторяется бесконечное число раз. Оценки риска могут быть более или менее точными по сравнению с лежащим в основе истинным риском. С точки зрения Байесовского подхода вероятность является субъективной мерой неопределенности, зависящей от исходной информации [326]. Эталоном является некий стандарт. Объективной вероятности не существует [327]. Как уже отмечалось, в подавляющем числе ведомственных стандартах России риск рекомендуется рассчитывать как произведение вероятности аварии на объекте и ущерба, понесенного окружающей природной средой непосредственно вследствие техногенного происшествя. Потери выражаются в денежной форме причинения негативного техногенного воздействия и его последствий на конкретную экосистему.

При разработке мероприятий по снижению риска во всех случаях, где это возможно, меры снижения вероятности негативного воздействия на окружающую среду должны иметь приоритет над мерами уменьшения последствий ЧС и ожидаемого ущерба.

Чтобы избежать сведения понятия риска к вероятным потерям и денежным штрафам (так сказать, к ограниченному представлению о масштабах ущерба), многие авторы количественную характеристику риска сопоставляют с неопределенностью [328]. Неопределенность отсылает ко многим возможным исходам, ничего не говоря об их вероятности [329]. Риск же имеет отношение к ситуации с конечным числом исходов, значения вероятности которых приблизительно известны [330]. Стоит отметить, что именно в ситуации риска на первый план выходит корреляция вероятных потерь и значимости конечного результата, потерь или выигрыша, во многом трудно прогнозируемых [331].

Считается, что под риском – как отрицательным влиянием неопределенности на цели – понимается риск как вероятность наступления некоего события, которое в случае реализации может принести организации ущерб [332, 333].

В этой связи стремление обеспечить типовую процедуру и стандартный критерий для определения и измерения качества анализа рисков, а также способствовать принятию решений по управлению рисками позволило разработать необходимые процессы и процедуры (выявление контекста, участие заинтересованных сторон, идентификация и оценка рисков, принятие решений и управление рисками) для внедрения международного стандарта ISO 31000:2009 «Управление риском. Руководящие указания» [303] и ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента» [301], а также их версий на русском языке: ГОСТ Р ИСО 31000–2019 и ГОСТ Р ИСО 14001–2016.

Ряд ученых [334, 335] отмечают преимущества этих стандартов, они были пересмотрены и опубликованы в новой редакции [305]. В индустриально развитых странах весь жизненный цикл организации, любая деятельность по принятию решений на разных уровнях регулируются данными стандартами. Специалисты отмечают, что в России риск-ориентированный подход, как правило, не внедряется государственными структурами, а по большей части остается делом частной инициативы. Хотя есть и примеры положительной практики в лице Росимущества, Министерства экономического развития и некоторых других государственных ведомств.

Риск-ориентированный подход внедряется отдельными государственными структурами в сфере менеджмента риска. Иначе говоря, применяется нерегулярно. Следует отметить слишком большой разрыв между принятием законов на федеральном уровне и их реальным внедрением в область менеджмента риска (использованию результатов и оценок рискованных ситуаций на практике). Скажем, риск-ориентированный подход применяется в отношении Федерального государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Тогда почему не были учтены оценки риска загрязнения территорий продуктами техногенного производства под Норильском? О разливе нефтепродуктов под Норильском контролирующие органы неоднократно предупреждали руководство ГМК «Норильский никель». Однако собственник предприятия довел дело до чрезвычайной ситуации и заплатил рекордный в истории России и один из крупнейших в мире штраф за экологический ущерб (почти 150 млрд руб.). По мнению аналитиков, штраф, хотя и огромный, не сможет

в дальнейшем предотвратить негативное воздействие «Норникеля» на окружающую среду. Отсюда можно сделать вывод о том, что риск-ориентированный подход появляется не потому, что русский перевод ISO удостоверяется печатью ТК Росстандарта в качестве копии оригинала и далее полагается через соответствующие законы к применению. Изначально он определяется развитием наилучших доступных технологий для профилактики и предупреждения рисков. Поэтому если в стране нет соответствующих технологий, то никакой закон, предписывающий ведомствам применять и следовать оценкам рисков, не сможет помочь справиться с последствиями рисков, не говоря уже об их предупреждении. Русский перевод ISO – это всякий раз интерпретация менеджмента риска и определенное понимание проблем, связанных с оценкой риска в конкретной экономической ситуации со вполне сложившимися традициями хозяйственной деятельности, в языковом пространстве, культуре и т. д. [336, 337].

Требования, например, ГОСТ Р ИСО 31000–2019 иногда противоречат международной нормативной базе в сфере менеджмента риска. Так, в последней версии этого ГОСТа исключен принцип неотделимости риск-менеджмента от процесса принятия решений, как и положение о неопределенности – исключительном предмете управления риском; было опущено определение остаточного риска, требующего соответствующих мероприятий для уменьшения его вероятности [338, 339].

При сравнении основного природоохранного документа – Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [340] и стандарта ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента», связанного с экологическими проблемами в компаниях с малыми и высокими рисками, становится очевидным, что обычные оперативные природоохранные мероприятия не могут привести к снижению производственных затрат и выходу компаний на международный уровень экономии средств и ресурсов [341]. Эффективностью обладают лишь промежуточные значения, добиваясь которых работодатели должны планировать и совершенствовать достигнутые показатели, чтобы улучшить состояния природно-технических систем. Таким образом, разные по энергоэффективности и условиям экологической безопасности предприятия могут использовать ISO 14001 для улучшения состояния окружающей среды.

С одной стороны, закон «Об охране окружающей среды» получил статус базового. С другой стороны, по сравнению с законом прямого действия «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.1991 № 2060-I, действовав-

шем в России по 2002 г., его сугубо рамочный характер очевиден для специалистов по экологической безопасности. До 2002 г. действовало множество норм прямого действия: они регулировали использование отдельных видов природных ресурсов и хозяйственной деятельности. Затем природоохранное законодательство стало ослабляться из-за многочисленных поправок, внесенных в Водный, Градостроительный, Лесной кодексы. При последующем принятии Административного, Административно-процессуального, Бюджетного, Гражданского, Гражданско-процессуального, Земельного, Налогового кодексов экологические нормы не учитывались должным образом, из-за чего не могли быть реализованы в полной мере. Требовалась дополнительная правовая регламентация.

Необходимая разработка правового поля была произведена в 2014 г., когда в природоохранный закон были внесены соответствующие поправки. Легальная правовая регламентация затронула деятельность хозяйствующих субъектов, сопряженную с негативными воздействиями на экосистему. Речь идет о Федеральном законе «О внесении изменений в Федеральный закон „Об охране окружающей среды“ и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 21.07.2014 № 219-ФЗ. Принятию закона способствовали «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденные Президентом, и государственная программа Правительства РФ «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 гг.

Одна из проблем, которая нашла свое разрешение в отредактированном законе № 7-ФЗ, – это введение градации объектов, связанных с негативным воздействием на природную среду. Уровень воздействия был приведен в соответствие с четырьмя категориями: значительный (I класс опасности), умеренный (II класс), незначительный (III класс) и минимальный (IV класс). Подразделение объектов в зависимости от уровня вредного воздействия позволило вполне обоснованно принять в расчет их производственную мощность, вид продукции и тип технологий. Поскольку объекты оказываются разными по уровню и опасности негативных воздействий на окружающую среду, унификация их эколого-правового статуса отошла на второй план, позволив основное внимание перенести на установление критериев для отнесения объектов к одному из четырех классов. Вот почему говорится о регламентации лидерства работодателя. Иначе говоря, с точки зрения регулирования природоохранной сферы, тем более контроля негативного воздействия, исходящего от хозяйственной деятельности юридических лиц или индивидуальных

предпринимателей, вопрос, какой критерий характеризует конкретное строительство, остается принципиальным для учета негативного воздействия техногенных комплексов на стадии планирования и реализации. Увы, но косвенно, а часто и непосредственно, контроль остается в руках работодателей. Ряд затруднений по-прежнему препятствует реализации ясного природоохранного нормирования. В рассматриваемом законе критерии отнесения объектов к тому или иному классу опасности остались без определения. По факту определение критериев было передано Правительству РФ [342, 343].

Может возникнуть вопрос, как могут национальные стандарты ГОСТ Р ИСО 31000–2019 и ГОСТ Р ИСО 14001–2016 не соответствовать стандартам ИСО, если национальные стандарты должны дублировать стандарты ИСО? Отвечая на этот вопрос, стоит отметить следующее. Ситуация с идентификацией международных документов в отношении к российским реалиям гораздо сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Порой невозможно использовать все положения международного стандарта в национальном. Что-то запрещает российское законодательство, что-то неприменимо из-за различий в уровне экономик развитых индустриальных стран и России. Часто препятствием становятся климатические различия, которые, например, ограничивают применение в России Еврокодов – комплекса стандартов EN, содержащих строительные нормы и, по сути, аналогичных российским сводам правил по строительству. При создании сводов правил разработчики актуализированных редакций строительных норм обнаружили, что степень гармонизации сводов правил с Еврокодами не может превышать 30 %.

Но если национальный стандарт повторяет текст международного документа со всеми ссылками на международные документы и его структуру (разбивку на части, пункты), тогда ГОСТ можно считать идентичным. Это логично. Однако почему тогда ГОСТ Р ИСО 31000–2019 в качестве идентичного аналога не может быть применен на международном уровне, в развитых европейских странах, например в Германии, где действует свой национальный стандарт и, как известно, многие технические правила и рекомендации этой страны полагаются в качестве основы для разработки международных норм?

Попытаемся ответить на этот непростой вопрос. Дело в том, что российский ГОСТ не считается в Западной Европе стандартом EN (согласованным), отвечающим основным требованиям конкретной Директивы ЕС. Ведь EN-стандарт применяется на добровольной основе в сфере технического ре-

гулирования и обычно состоит из двух частей – обязательной и рекомендательной: в условиях свободной конкуренции производитель, если он не собирается следовать ЕН-стандартам, обязан будет подтвердить соответствие своей продукции общим требованиям безопасности любыми альтернативными методами. Однако возможность именно частичного соответствия требованиям того или иного технического регламента не предусмотрена российским Федеральным законом «О техническом регулировании» от 01.07.2003 № 184-ФЗ [344].

Кроме того, наличие ГОСТа (с отсутствием согласования доказательной базы технических регламентов) и ГОСТ Р (напоминающий о добровольном характере применения национальных стандартов) свидетельствует о согласованности межгосударственной и национальной политики стандартизации. Поэтому вопрос, каковы особенности применения международных стандартов для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов, можно сказать, остается пока без ответа. Проверке подлежит соответствие продукции требованиям конкретного технического регламента, а не стандарт, использованный при обеспечении безопасности. Ответственность за применение таких стандартов в целях технического регулирования несет субъект, который включил эти стандарты в перечни к техническим регламентам.

В условиях же импортозамещения обращение к указанным стандартам при создании продукции нормативных документов является порой сомнительным и нелегитимным делом. Вот почему национальные стандарты, которые могут быть идентичными по содержанию, все же не могут соответствовать стандартам ИСО с точки зрения повышения безопасности и защиты окружающей среды.

В свете обзора тематических проблем стоит обсудить связь между рассматриваемыми стандартами и Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123-ФЗ [345] (далее – Технический регламент), а также соответствующими нормативными документами: Постановлением Правительства РФ от 01.12.2005 № 712 «Об утверждении положения о государственном надзоре в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, осуществляемом МЧС России», Постановлением Правительства РФ от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска», Постановлением Правительства Российской Федерации от 07.04.2009 № 304 «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным

требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска», ГОСТ 12.3.047–98 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» и другими правовыми актами. Тем более что в документах МЧС России есть установленный и широко используемый критерий индивидуального пожарного риска. При вариантном проектировании систем противопожарной защиты зданий также используются экономические критерии, например критерий приведенных затрат, включающий определение риска.

Посмотрим, в каком аспекте Международные стандарты ISO 31000:2018 «Управление риском. Руководящие указания» (ГОСТ Р ИСО 31000–2019) и ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента» (ГОСТ Р ИСО 14001–2016) имеют отношение к Техническому регламенту и другим соответствующим нормативным документам.

Начнем с того, что Приказом Росстандарта от 21.06.2021 № 1061 утвержден документ «Об определении Порядка и условий применения международных стандартов, региональных стандартов, межгосударственных стандартов и региональных сводов правил, а также стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств» [346] (далее – Порядок). В соответствии с данным распоряжением международные стандарты, региональные стандарты, межгосударственные стандарты и региональные своды правил, а также стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств применяются, если имеют место:

- поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг, в том числе осуществление закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных потребностей, а также разработка конструкторской, проектной и иной технической документации;
- выполнение работ и оказание услуг согласно межправительственным соглашениям, а также договорам и контрактам, заключаемым предприятиями, организациями и корпорациями с иностранными партнерами.

Перечисленные ИСО-стандарты подлежат применению со дня их регистрации в Федеральном информационном фонде стандартов. Их идентичные (несогласованные) версии ГОСТ Р ИСО 31000–2019 и ГОСТ Р ИСО 14001–2016 были зарегистрированы и введены в действие. Несогласованными остались следующие условия их применения:

- соответствие документов действующим на территории Российской Федерации техническим регламентам;
- соблюдение основополагающих национальных стандартов;

- соответствие стандартов межправительственным соглашениям, а также договорам и контрактам, заключаемым предприятиями, организациями и корпорациями с иностранными партнерами.

В условиях импортозамещения полная гармонизация указанных стандартов недостижима.

По требованию Федерального закона от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» [347] и Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [344] в качестве основы национального стандарта должен стать не любой, а лишь тот международный документ, который содержит прогрессивные запросы к объектам стандартизации и способствует повышению конкурентоспособности. Поэтому использование указанных международных ИСО-документов в качестве условий контрактов (договоров) является неурегулированным и противоречивым. С одной стороны, язык документа, обязательность тех или иных его положений и т. д. определяются контрактом (договором) с целью подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. С другой стороны, необходимо применить документы, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде стандартов в соответствии с Порядком. Кроме того, никакие нормативные акты не позволяют применять международные стандарты в качестве документов по стандартизации оборонной продукции.

ГОСТ Р 1.7–2014 «Стандартизация в Российской Федерации» [348] определяет, что такое «гармонизированный стандарт»: тот, который принят различными органами по стандартизации, распространяется на один и тот же объект стандартизации и обеспечивает взаимозаменяемость продукции, процессов или услуг и/или взаимное понимание результатов испытаний или информации, представляемых согласно этим стандартам. Гармонизированный стандарт имеет различия в форме представления и в некоторых частях текста, не влияющих на суть стандарта, например в примечаниях; указаниях, как выполнять требования стандарта; в предпочтении тех или иных требований. В международной стандартизации такие стандарты называют «эквивалентными» (термин из руководства ISO/IEC Guide 2:2004 «Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности») [349].

Таким образом, Технический регламент является национальным стандартом, «гармонизированным» к производственно-техническим условиям России. Если сравнивать его с рассматриваемыми международными руководящими указаниями, то его следует считать эквивалентным документом.

Несмотря на то что, скажем, ГОСТ Р ИСО 31000:2019 назван в результате перевода на русский язык «гармонизированным» национальным стандартом, «идентичным» с ISO 31000:2018 с отметкой на обложке IDT, он также остается эквивалентным актом. То же самое можно сказать и о других соответствующих нормативных документах, разработанных с участием специалистов из МЧС России.

Обратимся к вариантному проектированию зданий. Оно заключается в технико-экономической оценке и обосновании проектных решений с использованием требований по приемлемому и индивидуальному рискам [350]. В частности, понятие приемлемого риска означает такой уровень, который допустим и обоснован исходя из экономического, экологического и социального развития в разных странах. Табл. 85 показывает величины фоновых значений риска в разных странах.

Таблица 85

Величины фонового риска для населения

Страна	Степень и причина поражения		
	Заболевание и гибель от болезни	Гибель от несчастных случаев	Гибель от социальных стрессов
Россия (средние значения)	1.1E-02	8E-04 – E-03	2E-04
Другие страны (средние значения)	E-02	E-03 (США)	5E-06
Экстремальные значения	1.5E-02	4E-03	5.8E-04

По вычислениям В. Л. Блинкина, значение фонового уровня риска для территории России составляет 5E-06. Границей же недопустимого риска предлагается считать 5E-04 [351]. При величине индивидуального риска $> E-03$ следует немедленно принять меры по уменьшению опасности. Пожарная безопасность соответствует требованиям, если индивидуальный риск $> E-06$. В табл. 86 даны показатели пренебрежимого и предельно допустимого рисков в национальных (Россия) и международных стандартах (США и Европа).

Уровни пренебрежимого и предельно допустимого рисков

Уровни риска	Страны		
	США	Европа	Россия
Пренебрежимый риск	E-09 – E-08	E-08	E-06
Предельно допустимый риск	E-07 – E-06	E-06	5E-04

Представленные данные по индивидуальному риску указывают на разные требования в разных странах. Поскольку «абсолютной» безопасности (отсутствия всякой опасности) какой-то системы (объекта защиты) невозможно достичь в принципе, риск можно постараться уменьшить до такого уровня, который общество вынуждено будет принять по тем или иным причинам. В этом плане международные «гармонизированные» документы или национальные эквивалентные стандарты России помогают управлять рисками и уменьшать степень опасности данного объекта защиты, а значит, повышать степень его безопасности до максимально возможного в современных условиях уровня.

Но есть и отличия между ними. Национальные «эквивалентные» стандарты России не являются гармонизированными (согласованными) в строгом смысле этого слова, подобно ISO, ISO Guide, ISO/TS, STM, API, DNV, ASME, SAE, так как действуют в условиях ограничения свободной конкуренции, экономической обособленности отдельных товаропроизводителей и рыночной системы хозяйствования, когда образование средней нормы прибыли – объективный закон рыночной экономики [352]. Итак, в данном исследовании учитывается производственно-технический контекст (культура производства) России, в котором реализуются похожие, но все же разные по уровню требования экологической безопасности и оценки риска в ИСО и ГОСТ Р ИСО.

Учитывая сказанное, проанализируем российские национальные стандарты по аспектам безопасности и сравним их с международными документами ISO 31000:2018 и ISO 14001:2015, а также определим:

- конкретные преимущества ИСО-стандартов;
- насколько они терминологически корректны;
- каков диапазон применения по идентификации риска;
- могут ли они использоваться для оценки любого типа рисков.

Методика исследования строится на том, что понимание риска из ISO 41001:2015 служит основой для обоснования принципов экологической безопасности хозяйственной деятельности и создания универсальной модели:

- для идентификации;
- оценки рисков;
- планирования;
- реализации запланированных мер по предотвращению рисков.

Предметный анализ предполагает следующий вопрос: как соотносятся понятия риска, неопределенности, управление риском, представленные в международных стандартах ISO 31000:2018 и ISO 41001:2015, с аспектами и требованиями безопасности, сформулированными в конкретных российских ГОСТах об управлении рисками?

Проблема риск-менеджмента в отечественных стандартах: прежний российский ГОСТ Р ISO 31000–2010 и действующий ГОСТ Р ISO 31000–2019, разработанные на основе ISO 31000, оцениваются как полезные документы. В них понятие риска определяется в соответствии с ISO 31000 и служит для прояснения менеджмента любых типов риска: как влияния неопределенности на цели. Риск описывается формулой

$$R = P \cdot S, \quad (17)$$

где R – риск; P – вероятность; S – тяжесть события (severity of the event): значительность последствий, вред, который может нанести опасность; стохастические условия реализации решения; подверженность возможности потерять неблагоприятные или благоприятные обстоятельства; шанс или ситуацию ожидаемых потерь или достижения цели.

Потери и выгоды, например, выраженные в деньгах или числе погибших, являются способами определения серьезности последствий. При этом здесь речь идет о рисках как воздействию неопределенности (условий недостатка информации) на поставленные цели.

В матрице рисков «Тяжесть события» часто ранжируется по четырехбалльной шкале:

- 4 – катастрофический уровень: условия эксплуатации окружающей среды таковы, что антропогенная нагрузка превысила способность природы к самовосстановлению. Человеческий фактор, недостатки конструкции, отказ элементов, подсистем или компонентов, а также недостатки процедуры могут привести к гибели людей, серьезным потерям видов в экосистеме.

С точки зрения принципа Ле-Шателье – Брауна, данный уровень потерь может вызвать гибель соответствующей экосистемы. Требуется немедленное прекращение небезопасной деятельности;

- 3 – критический уровень: недостатки эксплуатации природных активов могут привести к тяжелым травмам, заболеваниям или серьезным потерям в системе «промышленный объект – природа». Требуется незамедлительно принять корректирующие меры;

- 2 – незначительный: недостатки негативного воздействия на экосистемы могут быть устранены или контролироваться без серьезных повреждений природных объектов, подчиняющихся закону внутреннего динамического равновесия;

- 1 – малый: условия эксплуатации окружающей среды не представляют опасности и не наносят потерь системе «промышленный объект – природа». Тем не менее фоновые значения риска негативного воздействия сохраняются, ухудшая качество природной среды. Они приведут к менее чем незначительным последствиям. Те особи, для которых помехи оказались непреодолимыми, погибнут.

Следует отметить, что приведенная формула не является полной. Вероятность не охватывает все аспекты проблемы экологического менеджмента. Чтобы объяснить это, нам нужно сначала ввести два общих способа интерпретации вероятности: классическую интерпретацию относительной частоты и субъективную байесовскую.

Согласно классической парадигме относительной частоты, вероятность интерпретируется как повторяющееся бесконечное число раз. Событие происходит, если анализируемая ситуация гипотетически «повторялась». Следовательно, оценки риска могут быть более или менее точными по сравнению с лежащим в основе истинным риском. В этом случае неопределенности в оценках могут быть очень большими и их трудно выразить.

С точки зрения байесовской перспективы вероятность представляется как мера неопределенности событий и последствий, рассматриваемая аналитиком риска и основанная на доступной исходной информации. В этом случае вероятность – это субъективная мера неопределенности, зависящая от доступного ее знания. Эталоном является некий стандарт, назначенный оценщиком риска, но при этом нет ссылки на правильную или истинную вероятность. Назначенные вероятности зависят от конкретных базовых знаний и могут давать неверные прогнозы.

Рассмотрим риск экологических последствий, связанных с работой морской нефтяной установки, где руководитель отдела обеспокоен критическим (предельным) сроком эксплуатации некоторого оборудования. При достижении нормативного срока службы технологическое оборудование не всегда выводится из эксплуатации. Оно все еще обладает запасом прочности, который дает возможность эксплуатировать объект некоторое время после окончания нормативного срока. Регламент технического обслуживания гарантирует, что износ не вызовет проблем с безопасностью. Скажем, речь идет о специальной программе обслуживания для предотвращения подобного рода проблем.

Итак, каков же риск от утечки нефти, который в нашем случае может быть вызван инцидентом, связанным с эксплуатацией оборудования? На основании справочной информации (исторических данных) о надлежащем техническом регламенте вероятность утечки, например, составляет 2 %. Понятно, что этот показатель никоим образом не отражает обеспокоенность руководства работой установки. Расчеты нацелены на то, чтобы программа технического обслуживания была эффективной, но они упускают из виду следующее. Со временем добыча нефти может потребовать изменения условий эксплуатации. Проблемы с содержанием H_2S и CO_2 , образованием накипи, увеличением бактерий, эмульсиями и прочими факторами риска должны быть разрешены (к примеру, путем добавления соответствующих химикатов и добавок). Все эти факторы вызывают повышенную вероятность коррозии и других негативных условий, которые могут вызвать утечки. Однако за заданием соблюдать критерий в 2 % скрывается важный элемент неопределенности. При анализе риска выполняется целый ряд подобных назначений вероятностей. Тем самым скрытые неопределенности могут где-то привести к неожиданным последствиям. Неизвестно, где произойдет неприемлемая тяжесть событий, но, безусловно, такие события могут случиться.

В нашем случае указанные стандарты обеспечивают управление рисковыми событиями и дают возможность значительно повысить шансы организациям на успешное завершение проектов и экономический эффект. В них также указывается, что ГОСТ Р ИСО 31000–2019 может применяться к любой деятельности, включая процесс принятия решений на всех уровнях управления. С другой стороны, документ носит чисто рекомендательный характер, совершенно не обязателен для исполнения. Все это не позволяет принять обоснованные решения по функционированию экологически безопасных природно-техногенных комплексов.

Рассмотрим отечественный ГОСТ Р 51898–2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты» [315], в котором даются руководящие принципы включения аспектов безопасности в разнообразные кодексы, стандарты и руководства (например, ГОСТ Р 22.0.01–2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» [353] и т. д.).

В указанном документе используются такие термины, как «безопасность», «риск», «опасность», «событие, вызывающее ущерб». Рациональное принятие решений требует четкого и количественного способа выражения риска, чтобы его можно было должным образом проанализировать вместе со всеми другими затратами и выгодами в процессе принятия решений. Это говорит о том, что риск как фоновое значение всегда присутствует в хозяйственной деятельности и, следовательно, остается только выбирать между рисками.

В указанном ГОСТе под риском понимается сочетание вероятности нанесения ущерба и степени его тяжести (т. е. физического повреждения или другого вреда окружающей среде или здоровью людей). Соответственно, под безопасностью имеется в виду любой приемлемый риск возникновения события, приводящего к ущербу. На рис. 62 представлен процесс минимизации риска согласно ГОСТ Р 51898–2002.



Рис. 62. Процесс минимизации риска согласно ГОСТ Р 51898:2002

Обращает на себя внимание основной недостаток данного ГОСТа. В блок-схеме понятие «неопределенность» вообще не упомянуто, хотя само по себе понятие риска включает в себя представление как неопределенности, так и возможных убытков или ущерба. Из этого анализа, казалось бы, вытекает следующая формула определения риска:

$$R = U \pm C, \quad (18)$$

где U означает неопределенность (когда случайность исходов нельзя выразить в виде конкретных вероятностей); C – ущерб.

Неопределенность связана с недостатком и отсутствием знаний, в данном случае относительно того, каким будет ущерб в рублях. Неопределенность относится как к событию, так и к последствиям, учитывая, что это событие произошло. Важно, чтобы одним из измерений была неопределенность, а не вероятность. Концепция риска должна охватывать неопределенность сверх вероятности. Вероятности и ожидаемые значения не могут быть идеальными инструментами для выражения неопределенности.

Далее, неопределенность вызывает разную степень беспокойства у разных людей. Поэтому, когда неопределенность прибавляется к ущербу, то этим постулируется разная степень тревоги оценщика. Риски могут привести к потере контроля, неприятным неожиданностям, неуверенности в собственной компетентности, более тяжелым последствиям. Эти реакции могут сопровождать положительный результат, который может принести пользу, избегая потерь. Самое главное, тревога может основываться на том, что мы не знаем, каков будет результат. Если сторона, на которую мы полагаемся, может использовать свою власть непредсказуемо, также возрастает неопределенность, даже если эта сторона могла бы использовать свою власть для нашей выгоды, потому что мы не уверены, будет ли эта сторона продолжать использовать свою власть таким образом в будущем.

Однако в стандарте, как уже было указано, о неопределенности ничего не говорится. Согласно данному ГОСТу, формула риска имеет вид:

$$R = P \cdot C, \quad (19)$$

где P – вероятность; C – ущерб.

Различие между риском и неопределенностью заключается в том, что *риск* – это событие, не предусмотренное базовым планом проекта (дискретный риск). Это определение похоже на то, которое можно увидеть в матрице

рисков. Событие характеризуется вероятностью возникновения и ожидаемым воздействием, если событие действительно произошло. *Неопределенность* же в отношении базового плана проекта – это фундаментальная неспособность точно предсказать исход будущего события. Неопределенность характеризуется распределением вероятностей, которое основано на сочетании предшествующего опыта аналитика и исторических данных. Таким образом, неопределенность – это не неизвестный риск. В условиях неопределенности полностью отсутствует фоновая информация о событии, даже если оно было идентифицировано. В случае неизвестного риска некоторая исходная справочная информация была упущена из виду в процессе идентификации рискованной ситуации.

Действительно, в ряде ведомственных стандартах риск предлагается рассчитывать как произведение вероятности аварии на объекте и потерь, понесенных окружающей природной средой непосредственно вследствие техногенного происшествия; ущерб же трактуется как денежная форма причинения негативного техногенного воздействия и его последствий на конкретную экосистему (например, «Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций» [354] и т. д.).

Следует еще раз отметить, что риск указывает на событие, которое может случиться или не случиться. Но если оно наступает, возможны три исхода: негативный (потери, ущерб, проигрыш), нулевой (нет ни потерь, ни выгод), позитивный (выгоды, прибыль, выигрыш).

Ясно, что если непрестанно избегать риска, то невозможно принять решение об обеспечении безопасности окружающей среды от техногенного воздействия. Так называемая безрисковая зона, предшествующая «дереву событий», есть, собственно говоря, лишь некоторое допущение, инициирующее дальнейший процесс выигрыша или проигрыша. Как уже говорилось, фоновое значение риска присуще всей природно-технической системе, поскольку «безрисковое» состояние также определено относительно риска, т. е. опасность и ущерб заложены в любое отношение к природной среде и потенциально присутствуют в неопределенной степени. Поэтому ряд авторов количественную характеристику риска сопоставляют с неопределенностью [330, 355, 356].

Неопределенность отсылает ко многим возможным исходам, ничего не говоря об их вероятности. Риск же – к ситуации с конечным числом исходов, значения вероятности которых известны. Риски можно страховать.

Неопределенность же не страхуема. Тем не менее быстрый техногенный прогресс связан именно с неопределенностью. Скажем, согласно закону больших чисел, случайная величина получает значения среднего математического ожидания и служит для оценки вероятности больших отклонений, т. е. при большом числе случайных величин достоверно известно, что их среднее арифметическое как случайная величина бесконечно мало отличается от неслучайной нормальной величины значения ее среднего математического ожидания. Другими словами, действие совокупности случайных факторов дает результат, который почти не зависит от случая. Здесь имеет место известное приближение расчетов вероятных величин к константе [357].

Но возникает проблема: если в рисковом решении не будет фактора случайности, случайных параметров, случайной цепи событий, то как быть с альтернативностью и стохастичностью? Если критерии рискового решения будут основаны на достижении поставленной задачи, отличаться непротиворечивостью нормативным актам, следовать современным научно-техническим требованиям, направлены на борьбу с риском потерь и рисковыми последствиями, то такого рода стремление не проиграть превратит риск в спускаемые сверху директивы. Произойдет фактическая девальвация риска. В последнем случае не может быть и речи о результативности и конкурентоспособности в хозяйственной деятельности. Напротив, в ситуации риска на первый план выходит корреляция вероятных потерь и значимости конечного результата и выигрыша [358].

Анализируя многочисленные определения риска, следующие ключевые определения можно назвать основными чертами ситуации риска. В ней:

- должны быть альтернативные решения, так как у нас нет точного знания последствий антропогенного вмешательства в природу и нет точного соответствия между задуманным и осуществляемым из-за подверженности ошибкам (здесь необходимо отметить, что риск-менеджер имеет дело с выбором:

- более надежный и приемлемый, но меньший успех;

- ожидаемый с меньшей уверенностью и сомнением, но больший выигрыш; очевидно, что больший успех как некая провокация достичь невозможной цели говорит о нежелании вообще устранять неопределенность из практики);

- при расчете риска на основе обработки данных проявляется заинтересованность в будущей большой выгоде, успех которой маловероятен и крайне неопределен, и, напротив, в случае малого, но гарантированного успеха побуждения принимать рисковые решения у индивида не возникает;

- реализуется стохастический характер события или действия, определяющий один из возможных исходов осуществления решения;
- после принятия решения развитие рискованной ситуации должно привести к возникновению потерь или получению дополнительных преимуществ и выгод.

Риск не может быть понят вне двумерной комбинации: событий и последствий этих событий, а также связанных с ними неопределенностей, что согласуется со смыслом стандарта ISO 31000:2018.

Но указанный аспект оценки риска отсутствует в стандарте ГОСТ Р 51898–2002.

Следующие недостатки присущи стандарту ГОСТ Р 51898–2002. В случае расчета оптимального сценария экологической безопасности конкретного объекта строительства в течение всего жизненного цикла его службы анализ и оценка неопределенности могут быть затруднены или даже невозможны. Так как принцип несогласованности является врожденным для любого моделирования, думать, что для любой ситуации «риск – это сочетание вероятности и последствий», – это значит впадать в заблуждение и способствовать ошибочным суждениям по оценке риска. Особенно когда речь идет о единственном сценарии развития событий. Следует отметить, что одноточечные оценки риска могут быть дополнены применением множественных дескрипторов риска, к которым относятся методы оценки вероятностного результата. В рамках вероятностно-математической модели формула «риск – это сочетание вероятности и последствий» также неприемлема. Величина риска, а следовательно, и ущерба рассчитывается на основе теории вероятности, чтобы получить характеристики случайного ущерба: математическое ожидание в качестве среднего ущерба и дисперсию как показатель разброса значений. К тому же в процессе анализа рисков систематизируются имеющиеся знание и неопределенность (!) по отношению к изучаемым явлениям, системам и видам деятельности. Иначе говоря, поскольку решения принимаются в рамках недостаточной информации, на основе случайных параметров и процесса развития ситуации, неизбежности альтернативности варианта действий, важно добиться идентификации вероятности наступления события, интенсивности его воздействия на экосистему, возможности выявления/контроля. Очевидно, что вероятностно-математическая модель определяется алгоритмом, с помощью которого она была создана. Математическое моделирование помогает соблюсти соответствие заданным требованиям, избежать непредвиденных ошибок и оптимизировать производительность системы [359].

Обратимся к процессу оценки экологического риска, представленному в ГОСТ Р 14.09–2005 «Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента» [360]. Для проведения эффективной природоохранной деятельности требуется развитие сценарного подхода. Анализ риска обусловлен здесь отсылкой к ГОСТу Р 51898–2002, т. е. рассматривается как «вероятность, умноженная на последствия». Итеративный процесс с целью минимизации риска (рис. 63) не отличается от приведенного ранее на рис. 62.

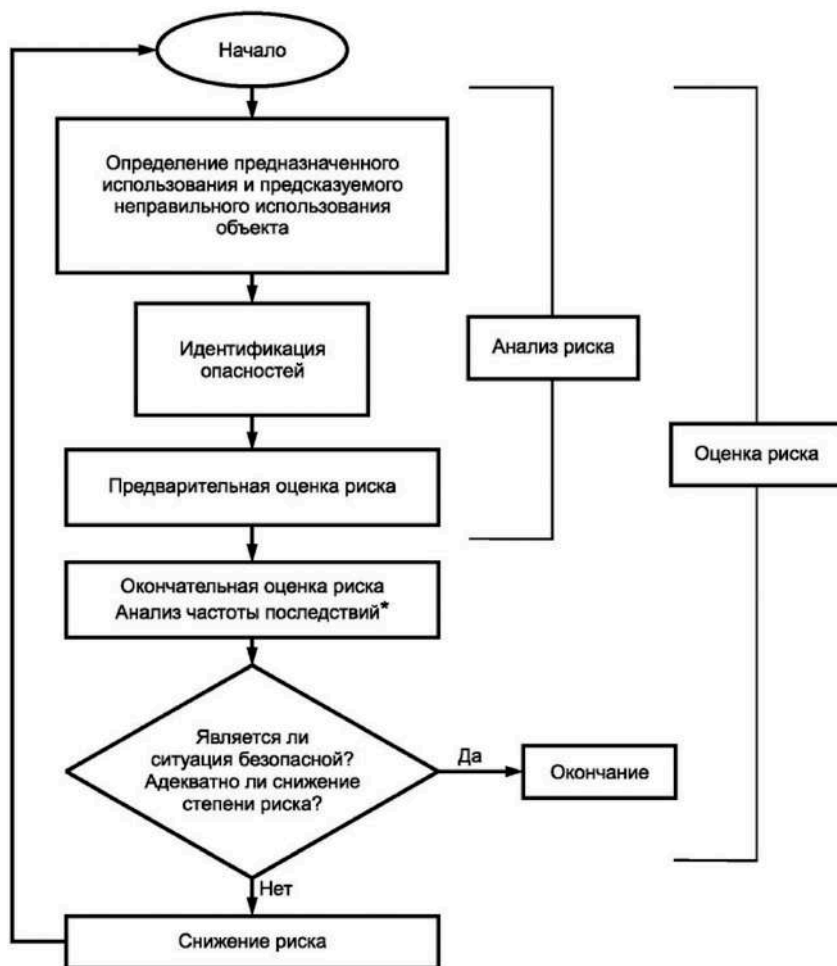


Рис. 63. Итеративный процесс с целью минимизации экологического риска по ГОСТ Р 14.09:2005

Акцент в стандарте сделан на интерактивность процесса минимизации риска, чтобы подчеркнуть направленность на эффективность управления рисками (выделение необходимых ресурсов, назначение ответственных лиц, наделение их необходимыми полномочиями), тем не менее ограниченная методика понимания рисковей терминологии не позволит предприятиям (в частности, в жилищном фонде) полностью реализовать коммуникативную суть данного стандарта. Причина недоработки заключается в том, что неопределенность относится как к событию, так и к последствиям его возникновения (что зафиксировано в ISO 31000:2018, но не упомянуто в ГОСТ Р 14.09–2005).

Таким образом, можно сделать вывод, что исследование подтвердило исходную гипотезу о преимуществе международного стандарта ISO 31000:2018 и непроработанности ряда российских национальных стандартов по безопасности (ГОСТ Р 51898–2002, ГОСТ Р 14.09–2005). Проведенный анализ позволяет выявить основные их недостатки, а именно:

- главная цель риск-менеджмента, провозглашенная в ISO 31000:2018, т. е. создание, развитие и защита ценностей организации (фирмы), не может быть полностью реализована в российских ГОСТах;
- в действующем ГОСТ Р 51898–2002 нет конкретных ответов об обеспечении надлежащей и адекватной количественной оценке рисков, выявлении их допустимого уровня и возможного ущерба;
- концептуальный подход к безопасности, прописанный в ГОСТ Р 14.09–2005, излишне абстрактен и неадекватен, чтобы рационально оценить экологические риски, в ряде случаев несопоставимые линейно (отчего остается непонятным, какой риск считается допустимым);
- бессмысленно считать риск приемлемым, если не принять во внимание его сочетание с сопутствующими затратами и выгодами. Процедурой измерения неопределенности, или вычислением приемлемого риска, предполагается сценарный подход, который не упоминается в представленных стандартах;
- стандарт ISO 14001 является документом устойчивой направленности с целью поддержать долгосрочную жизнеспособность бизнеса. С позиций поддержания безопасности окружающей среды он не направлен на достижение конечного результата и ориентируется на концепцию непрерывного улучшения. Обычные оперативные природоохранные мероприятия, прописанные в российских стандартах, не могут привести к снижению производственных затрат и выходу компаний на международный уровень экономии средств и ресурсов;

- согласно ISO 14001, показателями эффективности выступают лишь промежуточные значения, достигнув которых работодатели смогут планировать и совершенствовать поставленные цели, обеспечивая тем самым устойчивость и безопасность природно-техногенных систем жизнеобеспечения. Российские стандарты через систему предельных показателей не могут регулировать разные по энергоэффективности и условиям экологической безопасности предприятия для достижения устойчивого состояния окружающей среды.

Преимущества международных стандартов ISO 31000:2018 и ISO 14001:2015:

- разработка единой стратегии ресурсосберегающего производства и принципов принятия эффективных и экологически безопасных решений;
- максимальная терминологическая корректность, представленность в действующих российских стандартах (например, ГОСТ Р ИСО 31000–2019, ГОСТ Р ИСО 14001–2016);
- данные стандарты имеют универсальный диапазон применения по идентификации рисков;
- они применимы для оценки любого типа рисков как с положительными, так и отрицательными последствиями. Все это обеспечивает максимальный эколого-экономический эффект.

3.2. Оценка экологической безопасности в жилищном строительстве с помощью метода Монте-Карло

Что касается данного метода, то он служит для понимания воздействия или ранжирования важности неопределенностей, тем самым мотивируя любые дополнительные измерения, моделирование, исследования и разработки [361]. Имитационное моделирование с помощью метода Монте-Карло (МС) – одно из современных средств с целью получить достоверные результаты исследования в области экологической безопасности [362, 363]. Это моделирование используется, особенно когда решение задачи аналитически слишком сложно. Найденное распределение вероятностей демонстрирует для каждого возможного события вероятность того, что это событие произойдет. United States Environmental Protection Agency (EPA) считает МС надежным статистическим инструментом, способным анализировать неопределенность

в оценках риска. ЕРА (1997) выпустило руководство, включающее правила применения этого метода для анализа и оценки неопределенности [364, 365].

Техника оценки риска с помощью метода МС соответствует целям устойчивого развития жилищного строительства, так как множественный анализ влияния неопределенности на цели производства помогает обеспечить экологическую безопасность окружающей среды. Наряду с ужесточением природоохранного законодательства, модернизированными методами хозяйствования и более эффективными технологиями численные методы, включая метод Монте-Карло, и техники стохастического исчисления в целом служат целям создания и сохранения гуманной, экологически устойчивой среды для благоприятной жизнедеятельности. В связи с вышесказанным имитационное моделирование с помощью метода Монте-Карло является одним из эффективных инструментов множественных дескрипторов риска. Оно опирается на расчет математических ожиданий, к чему сводится решение любой сложной задачи оценки вероятного результата.

Методика исследования базируется на понятии риска стандарта ЕРА (1997) и руководстве, включающем правила применения метода МС для анализа и оценки неопределенности и получения *защитных*, а не *наилучших* оценок риска. Как правило, политика регулирования, связанная с оценкой риска, имеет в виду негативный аспект неопределенного события (набора факторов), приход которого может обернуться ущербом и/или выгодой. Обычно риск представляют в виде одного числа или одноточечной оценки, сопровождаемой качественным анализом неопределенности, часто игнорируя ее многоуровневую структуру. Последующая идентификация риска дает информацию о его порогах (уровнях воздействия, приемлемом или неприемлемом). Если риск близок к максимально допустимому уровню, то может быть ситуация, когда разные допущения приведут к разным оценкам риска и тем самым разным решениям. Пример распределения вероятности риска, иллюстрирующий 95-й перцентиль и два различных уровня риска (А и В), подтверждает проблематичность в принятии решений. Предполагая, что 95-й перцентиль соответствует разумно-максимальному уровню вредного воздействия RME на здоровье людей, необходимость корректирующих действий зависит от того, насколько риск RME соотносится с величиной, вызывающей озабоченность. Для случая А (с большей тяжестью последствий) корректирующие действия вполне обоснованны, для случая В (с меньшей тяжестью) они, скорее всего, не нужны (рис. 64).

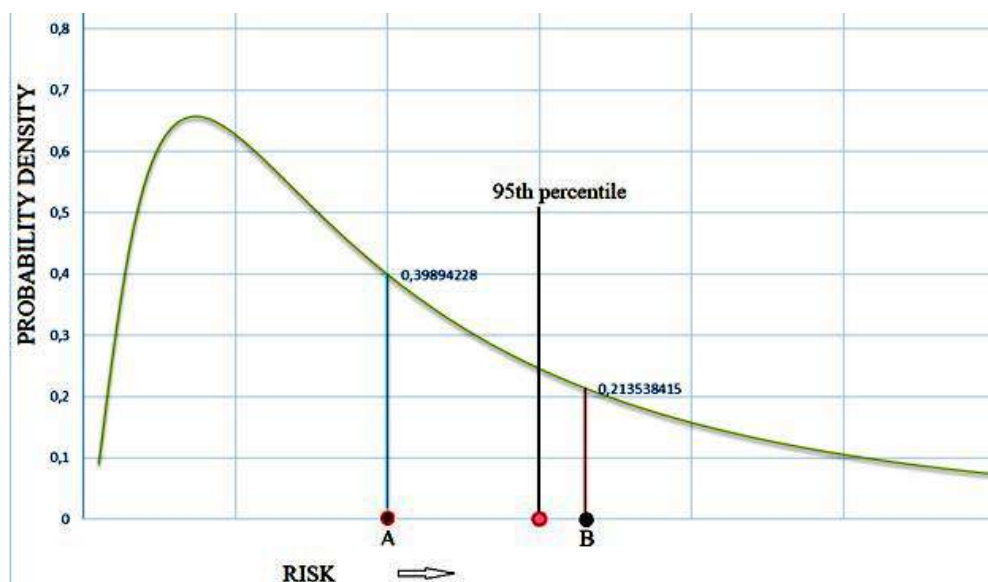


Рис. 64. Анализ риска с максимально допустимыми уровнями

Таким образом, одноточечные (ограниченные по количеству параметров) методы оценки затрудняют управление рисками. В данном случае представлен следующий алгоритм методики исследования: защитные одноточечные оценки дополнены применением множественных дескрипторов риска, к которым относится метод Монте-Карло. Более полная информация о вероятности различных уровней риска улучшает управление рисками на альтернативной основе.

Так, например, для прогнозирования экологического риска на этапе проектирования методом корреляционно-регрессионного анализа Н. Мензелинцевой и др. [366] была получена математическая зависимость концентрации пыли в атмосферном воздухе города, учитывающая влияние температуры воздуха T , влажности W , скорости ветра V , коэффициента плотности застройки рассматриваемой «квазиоднородной зоны» K_d и удельной нагрузки пылевого загрязнения на атмосферу рассматриваемой «квазиоднородной зоны» P . Авторы опирались на метод районирования, предполагающий представление *неоднородной* (курсив – Е. Э.) городской территории в виде совокупности «квазиоднородных зон», обладающих определенными характеристиками. Это равные значения коэффициента плотности застройки. В противном случае без партикуляции данных по зонам дать прогноз не представляется возмож-

ным. На территории города авторами выделены четыре «квазиоднородные зоны» с коэффициентом плотности застройки: $K_d = 0,5$ (зона застройки с малоэтажной многоквартирной жилой застройкой от четырех этажей и ниже); $K_d = 0,8$ (зона жилищной застройки с малоэтажной многоквартирной жилой застройкой от четырех этажей и ниже на территориях, предназначенных для переустройства); $K_d = 1,0$ (зона застройки с малоэтажной многоквартирной жилой застройкой, здания от пяти этажей и выше); $K_d = 1,4$ (зона смешанной застройки с жилыми домами). Отбор проб проводился в восьми точках каждой зоны один раз в неделю в течение 6 мес. Всего было проведено 14 серий испытаний. Заданное количество измерений было выбрано таким образом, чтобы обеспечить доверительный уровень выборки 95 %. В качестве проверки равенства (однородности) дисперсий выборок авторы применили критерий Фишера с последующим выводом: наибольшему риску подвержена жилищная застройка с коэффициентом плотности $K = 1,2–1,4$, величина риска лежит в пределах 0,05–0,4, что оценивается как умеренный риск.

Данному прогнозу с помощью детерминированных методов на основе одноточечных оценок риска присущи следующие недостатки:

- ограниченность выборки – исследование проводилось только в восьми точках каждой квазиоднородной зоны, что недостаточно точно отражает всю картину риска в данной неоднородной среде;
- неточность выборки приводит к экстраполяции результатов за пределы выборки;
- использованы всего пять дескрипторов, что не позволяет охватить все факторы, влияющие на риск, и правильно определить их важность;
- не учитывается изменчивость погодных условий во времени, что понижает точность прогноза в долгосрочной перспективе;
- не принимаются во внимание возможные изменения коэффициента плотности застройки на исследуемой территории, что также влияет на прогнозные риски;
- метод авторов не передает чрезвычайно малые или чрезвычайно большие переменные в характеристиках зон;
- не анализируются все факторы, влияющие на риск в разных зонах (например, тротуары посыпали гравием или песком);
- недооценивается важность одних факторов (объекты могут отличаться по многим показателям, в том числе и по степени риска. Скажем, значения коэффициентов опасности HQ по взвешенным веществам и частицам PM_{10} и $PM_{2,5}$, как и суммарный индекс опасности HI от загрязнителей

атмосферного воздуха, могут значительно превышать допустимый (приемлемый) уровень риска и оказывать негативно воздействие, неприемлемое для населения) и переоценивается важность других;

- авторы не учитывают реальные динамические изменения на территории, не существующие в момент времени составления оценки;
- неопределенность переменных или событий, которые не учтены в модели прогноза риска.

Метод Монте-Карло, как множественный дескриптор риска, позволяет решать задачи, в условиях которых присутствует элемент неопределенности. Он мог бы дополнить прогноз авторов, так как в нем нет строго заданной зависимости между рассматриваемыми признаками и он не приводит к однозначным прогнозным выводам.

Моделирование Монте-Карло опирается на закон больших чисел, согласно которому при многократном выполнении одного и того же испытания случайная величина получает значение среднего математического ожидания и служит для оценки вероятности больших отклонений. Иначе говоря, при большом множестве случайных величин достоверно известно, что их среднее арифметическое как случайная величина бесконечно мало отличается от неслучайной нормальной величины (среднего математического ожидания). Таким образом, действие совокупности случайных факторов дает результат, который почти не зависит от случая. Здесь имеет место известное приближение расчетов вероятных величин к константе. Отсюда можно сделать важный вывод о том, что увеличение количества испытаний повысит точность результата. Причем для увеличения точности вычислений в 10 раз объем выборки N нужно увеличить в 100 раз. Моделирование по методу Монте-Карло дает возможность изучить свойства случайной величины (Mean, Variance, Standard Deviation, Skewness и т. д.), моделируя ее во многих испытаниях.

Хотя процесс моделирования внутренне сложен, современное программное обеспечение может выполнять расчеты как единую операцию, представляя результаты в виде простых и интуитивно понятных графиков и таблиц. Весь диапазон возможных исходов и вероятность каждого из них аппроксимируются в результатах. Когда моделирование Монте-Карло применяется для оценки данных, риск появляется в виде графика частотного распределения, похожего на знакомую «гауссианскую» колоколообразную кривую, т. е. кривую нормального распределения. Наиболее вероятное значение находится в середине кривой, а это означает, что существует равная вероятность того, что фактический показатель будет выше или ниже.

Следует отметить, что подход к точечной оценке, требуемый большинством регулирующих органов, почти всегда будет преувеличивать риск для человека до 95-го перцентиля или даже до 99,9. Вот почему хорошо изученные в моделировании Монте-Карло распределения данных для различных переменных могут быть адекватно использованы, чтобы оценить негативные воздействия на здоровье человека. При этом надо понимать, что необходимо учитывать всю соответствующую информацию и каждое регулирующее решение должно приниматься в каждом конкретном случае с использованием всей доступной информации о потенциальном риске, включая воздействие, опасность, величину и тяжесть потенциальных последствий, а также качество данных и уверенность (confidence).

Стремление использовать вероятностные методы и затем попытка выбрать единый перцентиль, по которому можно регулировать вредное воздействие, противоречат использованию наилучших имеющихся научных данных и методов оценки риска, поскольку они ненадлежащим образом смешивают науку об оценке (т. е. вероятностный анализ) с решением по управлению рисками.

Подготовка к моделированию включает:

- определение входных данных, анализ посредством распространения (propagation) неопределенности на входные переменные;
- генерация входных данных случайным образом, получение вероятностного распределения интересующих выходных данных, анализ функции плотности вероятности для характеристики неопределенности каждой входной переменной;
- расчет на входах, запуск имитационного моделирования большое количество раз с входными значениями, взятыми случайным образом из их probability distribution function (PDF);
- представление выходной неопределенности в виде распределения вероятностей и ключевых показателей (рис. 65).

Современное программное обеспечение может различать неопределенность (неизвестное значение, например такое, как концентрация загрязняющих веществ в воде) и изменчивость (вариации в совокупности значений, таких как объем воды в день), что позволяет избежать вводящих в заблуждение результатов. Разделение данных параметров в моделировании позволяет более точно обнаруживать отклонения в прогнозе из-за недостатка знаний и отклонения, вызванные естественной изменчивостью измерения или генеральной совокупности.

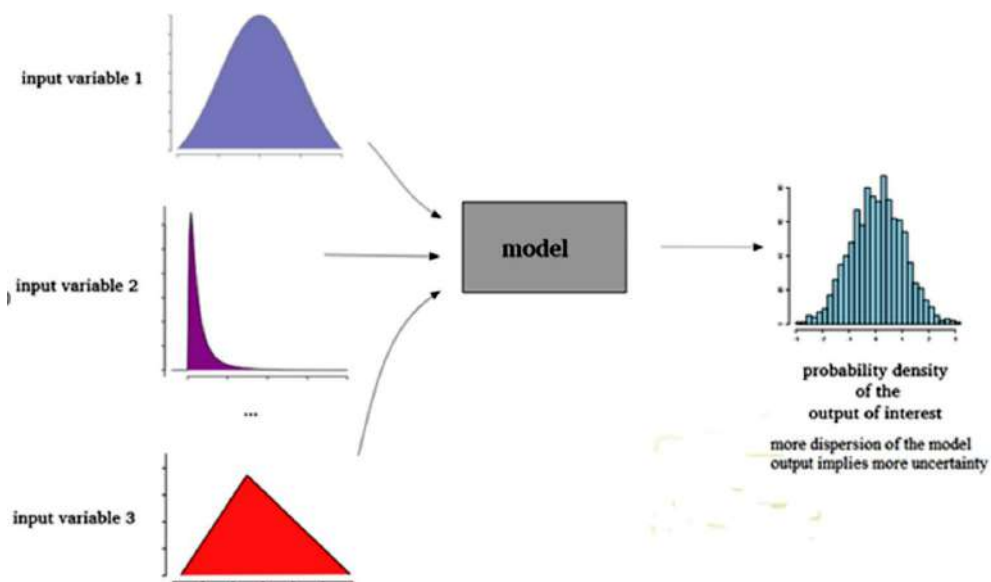


Рис. 65. Анализ неопределенности с помощью метода Монте-Карло в программной среде @Risk

Обычный подход к интеграции неопределенности в моделирование – это автономный выбор известных распределений вероятностей для неоднозначных входных переменных, т. е. используются:

- 1) выборка распределений;
- 2) запуск модели с выборочными значениями;
- 3) повторение этого несколько раз для создания выходного распределения.

Если неопределенность представлена более точно, итоговое решение будет более эффективным. П. Куто и др. (2013) отмечают проблему влияния неопределенности переменных на неопределенность основанной на них функции [367]. Они объясняют преимущества метода Монте-Карло следующим образом – см. рис. 66.

Рис. 66, а иллюстрирует распространение неопределенностей. В этом случае представлены три входные величины x_1 , x_2 и x_3 вместе с соответствующими неопределенностями $u(x_1)$, $u(x_2)$ и $u(x_3)$, а y с $u(y)$ являются измеряемой величиной и ее неопределенностью. Очевидно, что распространение зависит исключительно от важных аспектов (таких как математическое ожидание и стандартное отклонение) входных параметров, и, таким образом, определенный объем информации теряется. Однако при распространении

распределений (рис. 66, б), где $g(x_1)$, $g(x_2)$ и $g(x_3)$ – функции распределения входных величин, а $g(y)$ – функция распределения измеренной величины, никаких приближений не делается, и вся информация, содержащаяся во входных распределениях, распространяется на выходы.

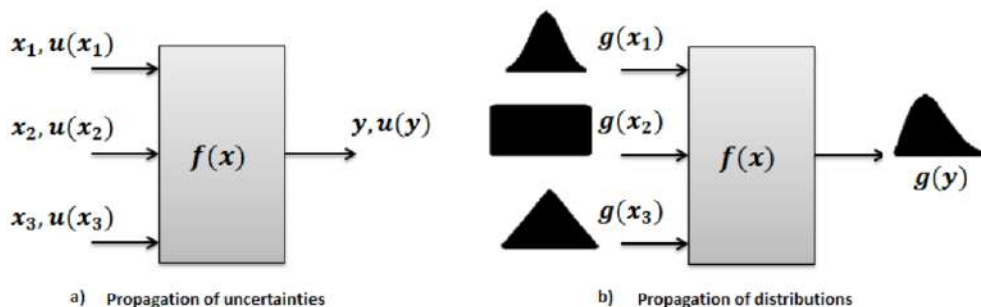


Рис. 66. Иллюстрации методологий: а – распространения неопределенностей; б – распространения распределений.

(Источник: <https://www.intechopen.com/chapters/43533>)

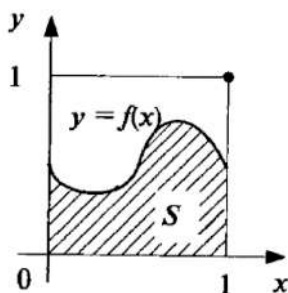


Рис. 67. Обычный алгоритм интегрирования Монте-Карло

По мнению большинства авторов, использование моделирования Монте-Карло состоит из пяти этапов:

- 1) передача данных в интервалах классов для создания частотной гистограммы;
- 2) определение распределения для функции плотности вероятности, являющейся случайной величиной, которая наилучшим образом представляет выборку;
- 3) реализация моделирования с числом повторений N ;
- 4) оценка того, подходит ли количество симуляций;

5) после выполнения моделирования создание кумулятивной функции плотности вероятности для анализа результатов.

Тот факт, что сама модель неизвестна или неопределена, является серьезной и широко распространенной трудностью при анализе рисков [368]. Стратегия состоит в том, чтобы определить распределение с наивысшей энтропией в соответствии с существующими знаниями, которые формируют ограничения на возможную фигуру. Этот подход, без каких-либо предположений о количестве, позволяет оптимальным образом выбирать входное распределение, используя только ограниченную информацию о переменных.

Согласно своему определению, стохастическая имитационная модель должна содержать хотя бы одну случайную величину. Случайная величина, которая представляет собой численное представление результата случайного эксперимента, является ключевым термином в статистическом анализе и существенным элементом любого стохастического моделирования [363].

Методика оценки сценариев с использованием методов моделирования включает в себя следующее: оценка интервалов вероятных изменений основных переменных, определение типов вероятностных распределений в пределах указанных интервалов, определение коэффициентов корреляции между зависимыми переменными и многократное вычисление результирующих показателей. Затем к результатам моделирования применяются математические статистические методы, такие как математическое ожидание, дисперсия, логнормальная функция распределения и плотность вероятности. Рассчитывается вероятность попадания результирующих показателей в конкретный интервал, а также вероятность превышения граничных значений и других необходимых параметров.

Моделирование Монте-Карло имеет ряд ограничений. Поскольку информация о возможных корреляциях доступна редко, это может привести к искажению расчетов методом Монте-Карло. «Хвосты» распределений рисков Монте-Карло, которые представляют наибольший интерес для регулирования, очень чувствительны к форме исходных распределений. Методика исследования строится на том, что понимание риска служит основой для обоснования принципов экологической безопасности строительной деятельности и создания модели для предотвращения рисков.

3.3. Моделирование случайных факторов и их распределение методом Монте-Карло

Чтобы уяснить метод Монте-Карло, рассмотрим задачу с вычислением интеграла $\int_a^b f(x)dx$, где $f(x)$ является элементарной непрерывной функцией на интервале $[0, 1]$ при $0 \leq f(x) \leq 1$. Заменим данный интеграл геометрическим: $\int_0^1 f(x)dx$. Иначе говоря, это площадь области S под кривой $y = f(x)$ (рис. 67, 68).

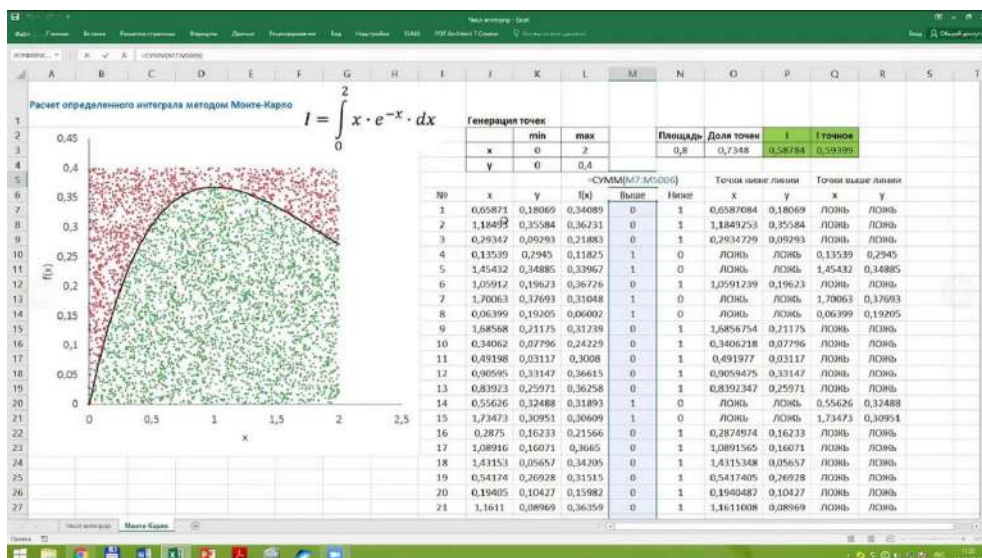


Рис. 68. Расчет определенного интеграла методом Монте-Карло в Excel

Используем определение вероятного события – попадания брошенной случайной точки A в область S : его вероятность есть отношение площади фигуры S к площади квадрата:

$$p(A) = \frac{S}{1^2} = \int_a^b f(x)dx. \quad (20)$$

Чем больше точек со случайными координатами (x, y) попадет в область фигуры S , тем точнее будет вычисление.

По теореме Бернулли, чтобы оценить искомую вероятность $p(A)$ в случае достаточно большого числа испытаний n , необходимо взять соотношение m / n , т. е. по результатам случайных опытов следует ограничиться приближенным значением интеграла.

Метод Монте-Карло имеет довольно широкую область применения. Действительно, в традиционном случае нужно лишь, чтобы выполнялись следующие условия (21) и (22):

$$p(x) \neq 0 \text{ при } f(x) \neq 0 \quad (21)$$

и

$$\int_D \frac{f^2(x)}{p(x)} \lambda(dx) < \infty. \quad (22)$$

Эффективное моделирование случайной величины и ее распределения выражается равенством

$$P(dx) = p(x)\lambda(dx). \quad (23)$$

Важнейшая характеристика метода Монте-Карло – расчет математических ожиданий, к чему сводится решение любой сложной задачи (когда обычными детерминированными методами ее не решить и нужна небольшая точность в расчетах).

Допустим, что нам требуется вычислить интеграл с целью показать, что данная операция предполагает вычисление математических ожиданий некоторых случайных величин. При этом математические ожидания представляют собой обычные интегралы. Рассмотрим $z = f(\xi)$, неслучайную функцию от непрерывного случайного аргумента ξ на отрезке $[0, 1]$. Если случайная величина ξ распределена равномерно, то $p(\xi)$. Тогда ее математическое ожидание $M[z]$ есть обыкновенный интеграл

$$M[z] = 1 \int_0^1 f(\xi) p(\xi) d\xi, \quad (24)$$

где p является плотностью вероятности распределения случайной величины ξ на указанном отрезке.

Если ξ является дискретной равномерно распределенной случайной величиной, т. е. может принимать значения $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$, то в этом случае

$$M[z] = \bar{z}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\xi_i), \quad (25)$$

и тогда получаем приближенное равенство:

$$\int_0^1 f(\xi) d\xi \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\xi_i). \quad (26)$$

Согласно центральной предельной теореме, разность между левой и правой частями равенства стремится к нулю (по вероятности) при n , стремящемся к бесконечности.

Если дисперсия $D[z] = \sigma^2 = M[M[z] - z]^2$ является конечной, то в случае достаточно большого числа испытаний n имеет место правило трех сигм:

$$P(|1 - \bar{z}_n| < \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}) \approx 0,9973. \quad (27)$$

Если значение σ неизвестно, то при достаточно большом n ($n > 10$) оно приближенно оценивается по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z}_n)^2}. \quad (28)$$

Итак, если ξ является равномерно распределенной дискретной случайной величиной на отрезке $[0, 1]$, то она приближенно равна

$$\int_0^1 f(x) dx \approx \bar{z}_n \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\xi_i), \quad (29)$$

где ξ_i выражает независимые реализации случайной величины ξ .

Несмотря на вероятностный характер результата (низкую точность), метод Монте-Карло применяется при вычислении интегралов высокой кратности:

$$\int_0^1 \int_0^1 f(x, y) dx dy \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\eta_i, \mu_i), \quad (30)$$

где η_i и μ_i выражают независимые реализации случайных величин, равномерно распределенных на отрезке $[1, 0]$.

Таким образом, отличительной особенностью применения метода Монте-Карло служит указание на доверительную вероятность истинного значения вычисляемого интеграла. Границы истинного значения неизвестной величины указываются лишь примерно, а не точно [369].

Разумеется, реализация метода Монте-Карло не связана с проведением реальных опытов с попаданием случайной точки A под график функции

в квадрате. С этой целью пользуются специальными компьютерными программами или датчиками случайных чисел (вернее, «псевдослучайных» чисел, не в полной мере удовлетворяющих требованиям случайности) [370].

В ходе такого рода программного испытания реализуется каждый раз новая, не похожая на предыдущие реализация случайного «розыгрыша». Далее обычными методами математической статистики обрабатывается множество реализаций – искусственно полученного статистического материала – для получения приближенно любых характеристик [371, 372].

Стоит сказать несколько слов о разных определениях случайной величины. Некоторые ученые определяют случайную переменную как функцию, определенную на элементарном пространстве событий, которая присваивает действительное число с определенной вероятностью каждому элементарному событию. Так, А. Аксель (1995) утверждает, что случайная переменная – это переменная, оценочные значения которой зависят от конкретного случая. Следовательно, это значение нельзя предсказать заранее, так как оно зависит от случайного события [373]. По мнению Дж. Бенджамин и К. Корнелл (2018), случайная величина – это та величина, которая принимает числовые значения, результат которых нельзя предсказать с полной уверенностью [374]. С другой стороны, случайная величина – это та величина, которую в результате эксперимента можно с некоторой вероятностью принять как одно из значений определенного набора действительных чисел [375].

Генератор случайных чисел, распределенных равномерно (нормально), есть основа метода Монте-Карло [376]. В их генерации применяются специальные алгоритмы для расчета бесконечной последовательности чисел, при этом их значения всякий раз попадают в интервал от 0 до 1. Случайным числам присущи свойства равномерности, независимости и стохастичности.

Равномерность R_0 означает одинаковую частоту, с которой числа принимают значения от 0 до 1; независимость m – отсутствие зависимости случайных чисел от любых предыдущих; случайность a – отсутствие в них закономерного порядка.

Рассмотрим алгоритм Лемера (с параметрами R_0 , m и a), представляющий собой быстрый способ нахождения общего наибольшего делителя. Он подходит для исчисления больших случайных чисел. При отладке алгоритма требуется осуществить подбор значений [377].

На первом шаге процедуры получения случайных чисел необходимо найти произведение a и R_{n-1} , где n – номер искомого значения:

$$a \cdot R_{n-1}. \quad (31)$$

Далее следует рассчитать величину R_n как результат деления найденного произведения на m :

$$R_n = \text{mod}\left(\frac{a \cdot R_{n-1}}{m}\right), \quad (32)$$

где mod – остаток деления.

Затем находим случайное число в соответствии с формулой

$$R = \frac{R_n}{m}. \quad (33)$$

Следующий пример демонстрирует данную процедуру. При значениях $a = 6$, $m = 9$, $R_0 = 2$ вычисляем сначала произведение $a \cdot R_{n-1}$:

$$a \cdot R_{n-1} = a \cdot R_0 = 6 \cdot 2 = 12. \quad (34)$$

Находим величину R_n и R :

$$R_n = R_1 = \text{mod}\left(\frac{12}{9}\right) = 3; \quad (35)$$

$$R = \frac{R_n}{m} = \frac{3}{9} = 0,3333. \quad (36)$$

Зная R , вычисляем $R_1 = 0,2222$ ($2 / 9$), $R_2 = 0,3333$ ($3/9$) и т. д.

В процессе генерации вместо случайных чисел могут использовать псевдослучайные числа с характерным для них наличием некоторого периода. Большая часть алгоритмов для их получения представляет собой рекуррентные формулы первого порядка, как следующая формула:

$$\xi_{n+1} = F(\xi_n). \quad (37)$$

В стандартных генераторах случайных чисел (в большинстве языков программирования) период чаще всего не превосходит 2 в степени разрядности операционной системы или еще меньше.

Из-за несовершенных измерений и оборудования поток битов, генерируемый генератором квантовых случайных чисел, содержит смещение и корреляцию, два признака неслучайности. Смещение можно уменьшить: в методе Неймана используются методы нормализации.

Фон Нейман указывает на определенные трудности в реализации метода Монте-Карло [376]. Как он полагает, случайных чисел не существует – есть только методы получения случайных чисел. Любая физически существующая машина имеет определенный предел точности. Поскольку среднее значение $|f'(x)|$ при $(0, 1)$ равно 2, при каждом преобразовании от x_i до x_{i+1} любая ошибка будет увеличиваться в среднем на 2. Примерно за 33 шага первая ошибка округления вырастет примерно до 10^{10} . Процедура нормализации фон Неймана состоит из деления последовательности $\{x_i\}_{i=1}^n$ на пары, отбрасывая пары равных битов и замены каждых 10 пар на 0, каждой пары 01 на 1. Из n смещенных битов эта процедура извлекает примерно $n/4$ несмещенных битов. Нормализация фон Неймана без смещения может как увеличивать, так и уменьшать (алгоритмическую) случайность сгенерированных последовательностей.

Методика метода требует наличия источника равномерно распределенных псевдослучайных чисел. Обычно для генерации таких чисел используется алгоритм среднего квадрата фон Неймана. Здесь возведено в квадрат произвольное n -значное целое число. Новое целое число формируется путем извлечения средних n цифр из произведения. Этот процесс повторяется для формирования строки целых чисел. Ясно, что эта цепочка чисел в какой-то момент повторится [378, 379].

Х. Лемер предложил схему, основанную на теореме Кронекера – Вейля, которая генерирует все возможные числа из n цифр перед повторением [380]. Используя метод Монте-Карло, можно напрямую получить значения нескольких первых моментов распределения или первых нескольких коэффициентов: «...если вас интересует значение $U(f)$, где U – функционал, подобный приведенному выше, и f удовлетворяет некоторому операторному уравнению $\psi(f) = 0$, во многих случаях мы можем получить представление о значении $U(f)$ напрямую, не „зная“ f в каждой точке» [381].

В. Гардинер и др. (1956) решил проблему расширения кодовых процедур для компьютерного исчисления [382]. Существует бесконечное количество счастливых чисел, и они обладают многими свойствами, аналогичными простым числам: их асимптотическая плотность равна $1 / \ln n$; т. е. совпадает с асимптотической плотностью простых чисел. Они могут быть генератором случайных чисел. Примечательно, что если число является счастливым, то счастливыми являются и все члены его последовательности.

Начиная с любого положительного целого числа (например, 19) можно заменить это число суммой квадратов его цифр в десятичной системе счисления и повторять этот процесс до тех пор, пока число либо не станет 1 (где весь процесс останавливается), либо заканчивается бесконечным циклом, не содержащим 1 ($19 \Rightarrow 82 \Rightarrow 68 \Rightarrow 100 \Rightarrow 1$). О распределении счастливых чисел известно немного. Некоторые вопросы, на которые еще нет ответа: какова плотность счастливых чисел? Существуют ли произвольно длинные ряды последовательных счастливых чисел? В какой степени промежутки между ними могут быть значительными?

Данные методики получения случайных чисел позволяют заблаговременно оценить риски потенциального негативного воздействия антропогенеза на окружающую среду, максимально предотвратить ошибки, связанные с «человеческим фактором», и запланировать мероприятия по своевременной защите здоровья человека и окружающей среды [383].

Метод Монте-Карло позволяет анализировать распределение искомой величины в условиях практически неограниченного количества факторов, которые могут повлиять на оценку риска той или иной сценарной реализации проекта, а также посредством неограниченного количества возможных сценариев. При построении математической модели выбирают параметры (детерминированные значения) и переменные (случайные числа). После каждой новой имитации, в ходе которой значения переменных подбираются методом генерации случайных чисел из определенных диапазонов вероятностей, производится пересчет исходной математической модели. Можно создавать и анализировать тысячи альтернативных сценариев и количественно определять уровень риска для каждого конкретного сценария. Результаты имитации служат для последующего изучения распределения вероятностей по неопределенным переменным модели и расчета оптимальных показателей риска. Последующий анализ чувствительности посредством ранговой корреляции взаимосвязей между распределениями и прогнозом указывает на ключевые факторы, ответственные за изменение результатов. График чувствительности отображает эти взаимосвязи в виде коэффициентов корреляции или в виде процентных значений. Верхние перечисленные допущения оказывают наибольшее влияние на результирующий показатель, тогда как направление бара указывает на прямую или обратную зависимость [384]. Таким образом, итеративное стохастическое моделирование на основе заданных характеристик и анализ чувствительности помогают сосредоточиться

на наиболее важных факторах модели и учесть их при определении вероятности ущерба или выгоды [385, 386].

Поскольку при имитационном моделировании Монте-Карло происходит розыгрыш большого числа сценариев, то данный подход можно назвать развитием сценарного. Анализ значений выходных показателей модели и ясно сформулированные сценарии позволяют дать оценку возможному интервалу их изменения с учетом различных условий реализации того или иного проекта. Частоты различных результатов, генерируемых симуляцией Монте-Карло, образуют кривую нормального распределения. Наиболее вероятная оценка находится в середине кривой, а это означает, что существует равная вероятность того, что фактический результат будет выше или ниже. Вероятность того, что фактические показатели, например, вредного воздействия на организм человека будут в пределах одного стандартного отклонения от наиболее вероятного («ожидаемого») значения, составляет 68 %. Вероятность того, что они будут находиться в пределах двух стандартных отклонений, составляет 95 %, а в пределах трех стандартных отклонений – 99,7 %. Тем не менее нет никакой гарантии, что произойдет наиболее ожидаемый результат или что фактические оценки не превзойдут самые смелые прогнозы. Хотя моделирование Монте-Карло было создано, чтобы преодолеть недостатки других методов оценки вероятного результата, следует всегда помнить, что никакое моделирование не может точно определить неизбежный исход. Метод Монте-Карло направлен на более надежную оценку вероятности того, что результат будет отличаться от прогноза. Он проверяет ряд случайных величин, а затем усредняет их, чтобы получить оценку риска того, что модель будет нарушена в реальной жизни.

Следующий пример иллюстрирует преимущества моделирования методом Монте-Карло при оценке вероятности разумно-максимального воздействия RME (Reasonable Maximum Exposure) ракового заболевания на организм человека.

Модель позволяет предсказать риск рака для населения в результате свалки строительных и токсичных отходов. Загрязнитель на свалке и ближайшее население являются источниками неопределенности, что усложняет расчет значения оценки риска. Переоценка риска для населения может означать растрату ресурсов на ненужные профилактические и восстановительные работы, а недооценка риска может представлять реальную опасность для местных жителей.

Предположим, что на некотором участке летучие органические соединения мигрировали в жилой квартал. Одноточечная оценка RME риска рака в течение жизни для подвергшихся воздействию жителей, основанная на употреблении двух литров водопроводной воды в день, составила $1,14E-3$. В то время как тщательное измерение характеристик площади и населения может помочь уточнить оценку. Большое количество неопределенностей и изменчивости этих параметров по-прежнему затрудняет задачу моделирования риска.

Допустим, что есть четыре основных фактора для определения значения риска:

- масса тела человека;
- объем воды, выпиваемой человеком в день;
- концентрация загрязнителя в воде;
- рак как следствие активности загрязнителя.

Каждый из этих исходных данных может варьироваться, поэтому использование средних значений может привести к вводящим в заблуждение расчетам оценки риска. Например, при употреблении двух литров воды в день риск составляет $8,57E-05$, или менее одного случая на 10 000 пострадавших (точнее, 0,857 на 10 тыс. чел.). Однако, если объем воды составляет три литра, уровень риска возрастает до 1,29 на 10 000. Трудность определения таких оценок риска без моделирования заключается в том, что нет возможности определить вероятность (например, выше или ниже 95-го перцентиля) того, что население будет подвергаться риску. Насколько вероятно, что более одного из 10 тыс. чел. будут подвержены риску?

Ответить на этот вопрос может помочь компьютерная программа @Oracle Crystal Ball Release 11.1.2.4.850. При запуске симуляции Crystal Ball генерирует случайное число для каждого входного параметра-предположения (в зависимости от того, как оно было определено) и помещает это новое значение в ячейку. Затем Excel пересчитывает модель. После завершения имитации программа создает прогнозную диаграмму для анализа результатов. В ней предлагается статистика результатов и перцентили, доступна также опция изменения внешнего вида диаграммы прогноза на кумулятивный или обратный кумулятивный вид (рис. 69).

Среднее значение прогноза – $9,37E-05$ (0,937 на 10 тыс. чел.) – немного выше базового значения риска $8,57E-05$ (при употреблении двух литров воды в день). Если посмотреть на значение 95-го перцентиля $2,05E-04$ (2,05 на 10 тыс.), то оно на порядок меньше одноточечной оценки $1,14E-03$ (11,4 на 10 тыс.). Вероятность того, что более одного из 10 тыс. человек

будут подвержены риску при употреблении двух литров воды в день, довольно большая. С уверенностью на 95 % можно сказать, что два человека рискуют получить раковые заболевания. После 95-го перцентиля имеют место максимальные значения (почти 6 чел.).

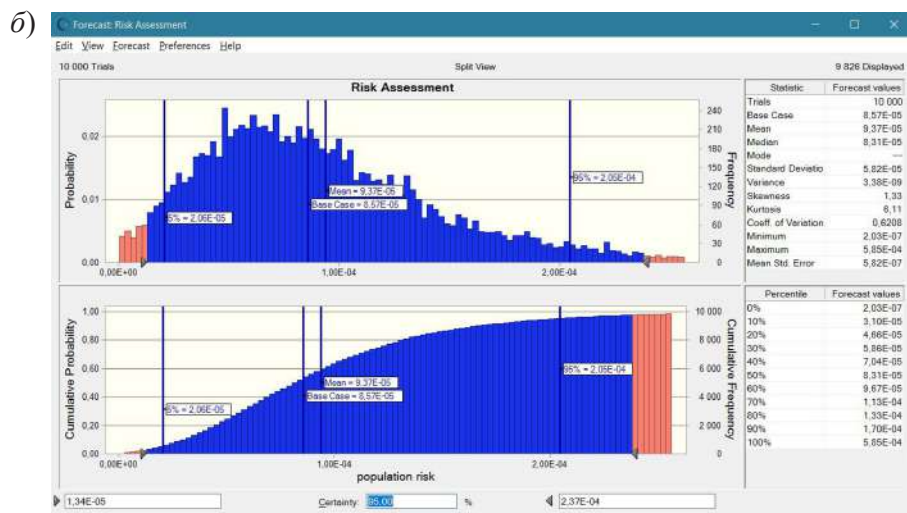
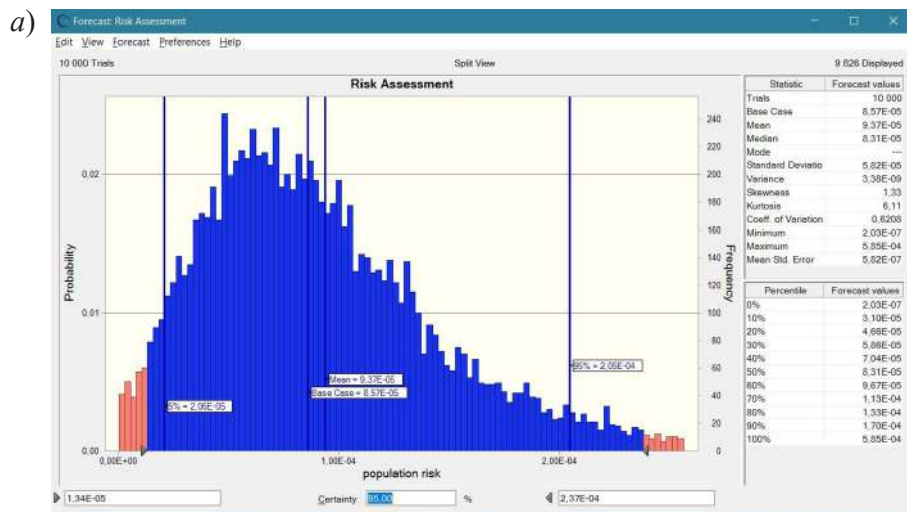


Рис. 69. Прогнозная диаграмма Excel: а – статистика результатов и перцентиля имитационного моделирования в программной среде @Oracle Crystal Ball; б – внешний вид диаграммы прогноза изменен на кумулятивный или обратный кумулятивный

Диаграмма чувствительности показывает, какая из четырех входных переменных влияет на прогноз риска. Определим ключевые факторы в этой модели, чтобы понять, на чем следует сосредоточить дальнейшее исследование (рис. 70).

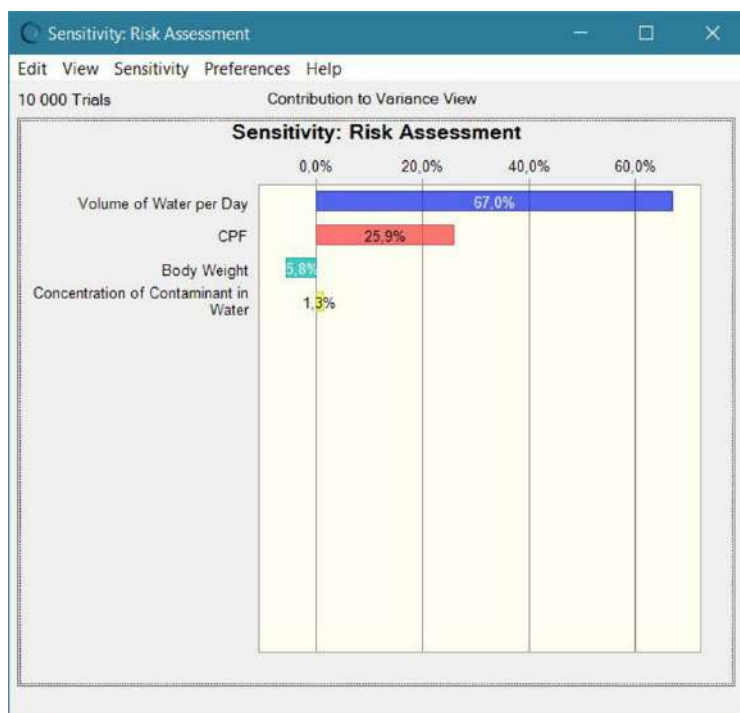


Рис. 70. Внешний вид диаграммы чувствительности.
Вклад в дисперсию (распределение) случайной величины

Как видно, вклад параметра «концентрация загрязнителя в воде» в общий риск, создаваемый загрязнением, совсем невелик (1,2 %), тогда как факторы «употребление воды в сутки» и «рак как следствие активности загрязнителя» представляют главную опасность здоровью населения.

На следующем рисунке оценка корреляции между анализируемыми параметрами показывает, что вес тела не оказывает никакого влияния на загрязнение окружающей среды и ничего не решает в сфере профилактики риска раковых заболеваний. Эту переменную, как и параметр «концентрация загрязнителя в воде», можно игнорировать или вообще исключить из модели (рис. 71).

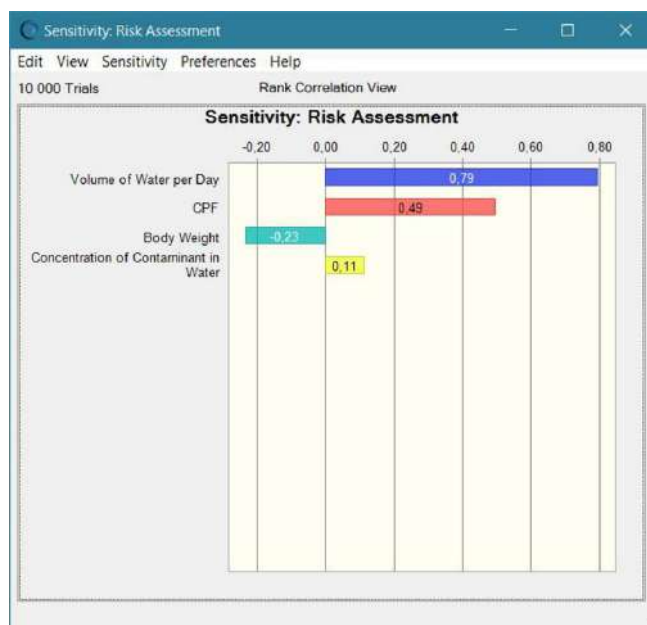


Рис. 71. Внешний вид диаграммы чувствительности.
Представление ранговой корреляции

Во многих сценариях оценки рисков четкое различие между неопределенностью и изменчивостью имеет большое значение. Разделение этих понятий в моделировании позволяет более верно обнаруживать отклонения в прогнозах, вызванные недостатком знаний, и отклонения из-за естественной неустойчивости измерения или генеральной совокупности. Точно так же для демонстрации истинной вероятности риска одномерное моделирование, позволяющее учесть различные варианты развития событий и изменение входных параметров, обычно лучше одноточечных методов с их недооценкой ошибки. Важно отметить, что, в отличие от детерминированных подходов, метод МС не предусматривает строгого порога в оценке ошибки, поскольку случайная выборка может не раскрыть всех важных особенностей подынтегральной функции. Исследование системы экологической безопасности с помощью метода МС помогает выявить некоторые возможные сценарии, но подвержено риску недостаточного учета всех факторов. Чтобы учесть все необходимые параметры и особенности системы и прийти к наименьшим потерям, следует дополнительно провести тщательную оценку экологических рисков.

3.4. Разработка модели управления рисками в стандартах безопасности и вопросы экологического менеджмента в жилищном строительстве

Исследование экологического риска и путей его предупреждения является задачей исключительно важной. Как уже отмечалось, согласно руководящим техническим нормам как российским, так и зарубежным – ГОСТ Р 51901.1–2002 [387], Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (2016) [388], ASTM E2590–2015 [389], SAE/TP 2008-01-2228–2008 [390], в риске необходимо выделять частоту и последствия определенной опасности. Под процедурой изучения риска надо понимать вероятностный анализ риска. В законе «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ (с изм. на 27.12.2019) экологический риск есть не что иное, как вероятность неблагоприятного события с последствиями, негативно воздействующими на природную среду, причем само событие имеет как природный, так и техногенный характер в виде чрезвычайной ситуации, аварии и т. д. Согласно ГОСТ Р 58771–2019 [391], технологии оценки риска служат для совершенствования понимания неопределенности и риска, когда есть необходимость понять неопределенность и ее последствия. Следует учитывать многоаспектный характер оценки риска: понимать, какие риски существуют; отдавать приоритет углубленному пониманию конкретного риска при необходимости выбора, сравнения и оптимизации альтернативных решений с учетом риска, а также в рамках процесса управления рисками, для выбора оптимальных методов обработки риска.

Термин «неопределенность» охватывает много разных аспектов понимания. Один из подходов к типизации предполагает два основных типа неопределенности:

- та, которая не может быть уменьшена путем дальнейших исследований, например бросание кости (ее называют алеаторной, или неопределенностью случайного события);
- та, которая обычно возникает из-за отсутствия знаний и поэтому может быть уменьшена путем сбора большего количества данных, уточнения моделей, совершенствования методов выборки и т. д. (ее называют эпистемической, или неопределенностью, зависящей от уровня знания).

Во многих ситуациях встречаются оба типа неопределенности. Другие общепризнанные типы неопределенности включают:

- лингвистическую (с которой связаны нечеткость и двусмысленность в разговорных языках);
- неопределенность в решении (имеет отношение к стратегиям менеджмента риска и показывает неясность, связанную с системами ценностей, профессиональным суждением, ценностями компаний и социальными нормами).

Таким образом, неопределенность в более широком смысле может охватывать:

- неопределенность относительно достоверности допущений;
- изменчивость условий, на которых должно основываться решение;
- неопределенность в отношении точности прогнозных моделей;
- события (включая изменения обстоятельств), появление или характер которых являются неопределенными;
- неопределенность, связанную с разрушительными событиями;
- неопределенность в отношении результатов системных вопросов, таких как нехватка компетентного персонала, что может иметь широкомасштабные последствия, не поддающиеся четкому определению;
- отсутствие знаний о чем-либо;
- отсутствие знания (которое возникает, когда неопределенность признается, но не полностью понята);
- непредсказуемость;
- неспособность человеческого разума распознавать сложные данные, ситуации с долгосрочными последствиями и судить без предвзятости.

Признание того факта, что неопределенность существует в конкретной области, позволяет внедрять системы раннего предупреждения для выявления изменений и механизмы, которые необходимо использовать для повышения устойчивости к непредвиденным обстоятельствам.

В общем случае риск включает в себя последствия любой из указанных форм неопределенности. Поэтому возможность распознавать, понимать и оценивать риск в соответствии с установленными критериями обусловлена необходимостью принять решение с учетом некоторой неопределенности и тем самым обеспечить принятие обоснованных решений и действий (допустим, в рамках решения, в котором необходимо сравнить и оптимизировать ряд прогнозных вариантов; или когда требуется большее понимание существующих рисков).

Ведь неопределенность в широком смысле может охватывать как типизацию своих проявлений, так и отсутствие всякого знания о ней, непредсказуемость как таковую, перед которой любые человеческие знания бессильны и которую разум воспринимает как нечто угрожающее его благополучию. Вот почему так актуальна технология оценки риска с целью обеспечить его приемлемый уровень в сфере строительной индустрии.

ГОСТ Р 51898–2002 [315] обязывает риск считать допустимым, если речь идет об оптимальном балансе безопасности и требований, и в качестве средства его достижения следовать итеративному процессу оценки и уменьшению ожидаемого ущерба.

Анализ понятия «экологического риска» основан на идентификации системных процессов. Для создания концептуальной модели применен функциональный подход, обеспечивающий основу синтеза системных компонентов. Он дает возможность моделировать каждый узловой компонент системы «строительство – человек – природная среда» и интегрировать их в единый комплекс согласно структуре концептуальной модели.

Если совокупность методов позволяет, оценив риск, выявить опасности, составить рекомендации для управления и снижения угрозы опасных для жизни человека и экосистемы в целом последствий чрезвычайных процессов и явлений, то она может быть использована как инструментальный риск-анализа. Технология оценки риска помогает принять решение с учетом неопределенности, выбрать наилучший вариант реализации строительного проекта.

Обычно для строительства следует учитывать многоаспектный характер воздействия на компоненты окружающей среды. При этом один и тот же фактор может оказывать как отрицательное (усилить риск), так и положительное (снижать риск) воздействие на экосистему.

Оценивать любой риск в сравнении с некоторым допустимым можно лишь при учете регламентированных границ техногенных изменений. В этом случае сохранение равновесного состояния экосистемы, подверженной вредному воздействию, является целью оценки риска. С точки зрения экологической безопасности метод Монте-Карло представляется наиболее важным и эффективным для адекватной количественной оценки неопределенности.

Для оценки экологического риска в строительстве важное значение имеет понятие климатической комфортности территорий, так как вопрос об экстремальности или комфортности окружающей среды оказывается ключевым в свете обеспечения экологической безопасности промышленных, гражданских и других объектов строительства для жизнедеятельности населения,

учитывая детерминирующую роль природной среды. Поскольку территории строительства значительно различаются по ряду параметров, появляется необходимость, помимо прочего, прежде всего оценить экономическую целесообразность затрат с целью их минимизации. С одной стороны, природно-климатические условия обуславливают деятельность населения и уровень ресурсного потенциала, задействованного в строительстве, с другой – экономическая составляющая той или иной территории определяет уровень жизни людей, отраслевую структуру хозяйства с занятостью населения, его доходы и расходы, дифференциацию заработной платы и др.

Стоит подчеркнуть, что в настоящее время речь идет о приоритете экономического вектора развития над природно-ресурсным потенциалом территорий. Их комфортность или экстремальность во многом обусловлены культурным, инновационным, интеллектуальным уровнем, мультимногообразием потребностей для всестороннего развития личности, продвинутыми формами социальной дифференциации населения и др. Таким образом, степень качества и комфортности среды обитания людей служит важным фактором принятия решения о строительстве. В экстремальных для проживания регионах экологический риск будет незначительным, так как в таких районах возможности адаптации переселенцев будут ниже и устойчивость природной среды к техногенному воздействию будет еще не исчерпана. Напротив, в комфортных зонах обитания населения затраты на строительство будут изначально выше и экологический риск будет выше из-за высоких обязательных санитарно-природоохранных мероприятий. В комфортных местах все более актуальными становятся методы искусственного восстановления окружающей среды из-за возросшей антропогенной нагрузки. В условиях учета регламентированных границ техногенных изменений становится возможным оценивать риск строительства в сравнении с некоторым уже допустимым и практикующимся уровнем при учете регламентированных границ техногенных изменений. В этом случае сохранение равновесного состояния экосистемы, подверженной вредному воздействию, является целью оценки риска, и, соответственно, она будет достаточно высокой. Математизация данного положения выражается в следующей системе:

$$\left. \begin{aligned} S_{\min} &= f[(Q_{\text{исп}})_{\min}; (Q_{\text{ост}})_{\max}; t;] \\ Q_{\text{полн}}(t) &= \text{const}; \\ Q_{\text{допуск}}(t < t_i) &= [Q_{\text{допуск}}], \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

где $S_{\min}$ – величина потенциального смещения равновесия экосистемы; $Q_{\text{исп}}$ – использованное количество естественных источников; $Q_{\text{ост}}$ – остаточный природный резерв; $Q_{\text{полн}}$ – полный запас экосистемы; $Q_{\text{допуск}}$ – допустимый (приемлемый) уровень техногенного изменения природной среды; t – временной интервал, в рамках которого абсолютные потери окружающей среды не превышают регламентированную величину антропогенного вмешательства; t_j – время регламентированного, допустимого уровня антропогенного изменения экосистемы.

Далее можно построить модель внезапных и постепенных экологических отказов. Если экстремальные условия затрагивают только единичный показатель e_i в пределах отдельного объекта природы (например, $e_{\text{атм}}$, $e_{\text{лит}}$ и т. п.), то экологический отказ по отношению ко всей природно-технической системе будет частичным. Если экстремальная ситуация захватывает объект в целом или группу природных объектов, то такой отказ будет полным. Количественная величина как частичного, так и полного отказа приведет к тому, что значение антропогенного изменения конкретного вида превысит предел экологического допуска, т. е. для частичного отказа верно:

$$\Delta e_i \leq \Delta_{e_i} \begin{cases} e_i > e_{\text{верх}_i}; \\ e_i < e_{\text{ниж}_i}, \end{cases} \quad (39)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$.

Для полного:

$$\Delta e_j \leq \Delta_{e_j} \begin{cases} e_j > e_{\text{верх}_j}; \\ e_j < e_{\text{ниж}_j}, \end{cases} \quad (40)$$

где $j = 1, 2, \dots, 6$.

В формулах (39) и (40) i и j – индексы единичных параметров отдельного природного объекта ($i = 1, 2, \dots, n$) и природы в целом ($j = 1, 2, \dots, 6$).

Используя двоичную матрицу, строим стандартную модель распределений экологически экстремальных состояний в природе (табл. 87).

Таблица 87

Матрица распределений экологически экстремальных состояний

Наименование объекта природы	Обозначение экологически экстремальных ситуаций по объектам природы					
	A	G	L	Fl	Fn	H
Атмосфера A	$\Delta e_A > [\Delta e]_I$	$e_G A$	$e_L A$	$e_{Fl} A$	$e_{Fn} A$	$e_H A$
Гидро-фера G	$e_A G$	$\Delta e_G > [\Delta e]_{II}$	$e_L G$	$e_{Fl} G$	$e_{Fn} G$	$e_H G$
Литосфера L	$e_A L$	$e_G L$	$\Delta e_L > [\Delta e]_{III}$	$e_{Fl} L$	$e_{Fn} L$	$e_H L$
Флора Fl	$e_A Fl$	$e_G Fl$	$e_L Fl$	$\Delta e_{Fl} > [\Delta e]_{IV}$	$e_{Fn} Fl$	$e_H Fl$
Фауна Fn	$e_A Fn$	$e_G Fn$	$e_L Fn$	$e_{Fl} Fn$	$\Delta e_{Fn} > [\Delta e]_V$	$e_H Fn$
Человек H	$e_A H$	$e_G H$	$e_L H$	$e_{Fl} H$	$e_{Fn} H$	$\Delta e_H > [\Delta e]_{VI}$

Как видно из таблицы, экспертиза безопасности природно-технических систем включает процедуру оценки риска. Основная цель оценки экологического риска связана с идентификацией опасностей, анализом интенсивности возникновения рискованных ситуаций, расчетом возможного ущерба. Превышение регламентированного экологического допуска $[\Delta e]$ под воздействием антропогенных изменений затрагивает в целом всю экосистему. Суммарный эффект экологического «отказа» зависит от вектора взаимосвязи антропогенных изменений: при их накоплении в экосистеме вероятность внезапных и постепенных «отказов» и экстремальных ситуаций возрастает. Направление вектора (затемненные ячейки) указывает на неприемлемый риск и необходимость принятия мер для его снижения.

Большинство современных методик оценки рисков основано на понятии приемлемого риска. Это говорит о том, что риск – это понятие относительное, т. е. рассматривается в сравнении с определенным (допустимым) риском. Аксиологический (оценочный) аспект риска в случае с воздействием на экосистему служит необходимой аналитической основой для определения общественной ценности человеческой жизни в экосистеме. Понятно, что по сравнению с финансовым или профессиональным риском экологический относится к ценности человеческой жизни совершенно по-другому, как бы говоря: если потери окружающей среды приобрели необратимый

и негативный характер, то сам этот сдвиг экологического равновесия грозит не только опасностями локального масштаба, но повсеместной угрозой жизни человека. Например, сернистый ангидрид, поступающий в атмосферу путем сжигания газа и нефти, при плавлении меди на заводах, в результате широкого распространения сульфатных аэрозолей указывает на однозначную угрозу для здоровья людей.

Здесь имеет смысл сказать несколько слов об ответной реакции окружающей среды на техногенный вызов. Любое промышленное воздействие вызывает ответную реакцию экосистемы в трех формах: адаптивной, характеризующейся локальной диспропорцией и смещением экологического равновесия; самовосстанавливающейся, т. е. возвращающейся к исходному равновесному состоянию; и отчасти восстанавливающейся (или невосстанавливающейся из-за необратимого сдвига системы «промышленный объект – природа» в сторону неустойчивости и неопределенности).

Абсолютные потери, образовавшиеся в процессе строительства объекта посредством причинения негативного воздействия окружающей среде, с необходимостью служат отправной точкой для расчета последующих рисков экологического ущерба. Специфика строительства такова, что только жестко регламентированный и безаварийный режим работы промышленных объектов может обеспечить соблюдение экологического равновесия.

В рамках экологических норм уровень воздействия техногенных факторов (например, взрывоопасных заводов) на экосистему соответствует адаптивным возможностям конкретного природного комплекса региона. И чем выше резервы естественного восстановления и чем эффективнее методы искусственной реанимации биоценозов, тем быстрее система «промышленный объект – природа» принимает исходное равновесное состояние.

Важно иметь в виду двойственный характер экологического эффекта при возникновении технических и природных катастроф в комфортных для проживания районах. Понятно, что техногенез на этих территориях стремятся подчинить управлению посредством совершенствования систем нормирования, сертификации, лицензирования и требованиям экологической безопасности. С другой стороны, повышенная концентрация строительства приводит к тому, что самый безобидный объект может стать причиной вывода экосистемы из состояния равновесия. Вопрос не стоит об идеальном равновесном состоянии, но о том, сможет ли природа после возможного монотонного или скачкообразного нарушения экосистемного баланса вернуться на исходный уровень безопасности, достаточно ли экологических резервов, чтобы противостоять возрастанию общего техногенеза [392]. Степень риска

загрязнения поллютантами зависит от уязвимости природной среды (чем уязвимее экосистема, тем выше риск негативного воздействия) [393].

Значение риска является функцией, связанной с серьезностью риска r и уязвимостью v реципиента. Эта зависимость отражена в следующей матрице, для которой:

- вероятность опасного события имеет вид

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}, \quad (41)$$

где p_1 – практически исключено; p_2 – маловероятно; p_3 – вероятно; p_4 – возможно; p_5 – неизбежно;

- значения риска имеют вид:

$$R = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}, \quad (42)$$

где r_1 – приемлемый незначительный риск (речь идет о высоком уровне устойчивости, оценка: 1–3); r_2 – приемлемый малый риск (мероприятий не требуется, но ситуацию надо держать под контролем, чтобы риск был управляемым, оценка: 4–6); r_3 – приемлемый средний риск (требуется мероприятия по снижению риска, актуальны более точные расчеты вероятности опасного события, оценка: 7–9); r_4 – высокий риск (риск имеет серьезные последствия, необходимо срочное вмешательство в индустриальное развитие с целью обеспечения мер безопасности, оценка: 10–16); r_5 – катастрофический риск (риск слишком высок, необходимо его снижение посредством устранения источников опасностей или путем контроля соотношения количества опасностей и объектов риска, оценка: 17–25) (табл. 88). Зонирование экологического риска может быть описано как последовательность уровней экологического риска между регионами и доменами каждого региона. Исходя из математического выражения регионального экологического риска, степень риска, вызванного загрязнением окружающей среды, зависит от следующих факторов:

- интенсивности, или коэффициента опасности HQ (hazard quotient), экологического риска ERF (environmental risk field);
- уязвимости экологической среды в зоне бедствия V (vulnerability).

Внезапные инциденты загрязнения окружающей среды стали более частыми. Риск повышается в случае, когда экологическая среда становится более уязвимой. Совместное действие этих двух аспектов (HQ и V) определяет уровень и приоритетность риска загрязнения окружающей среды среди многочисленных опасностей, что позволяет зонировать экологический риск.

Таблица 88

Матрица распределений экологических состояний

p_5	r_3	r_4	r_4	r_5	r_5
p_4	r_2	r_3	r_4	r_4	r_5
p_3	r_1	r_2	r_3	r_4	r_4
p_2	r_1	r_1	r_2	r_3	r_4
p_1	r_1	r_1	r_1	r_2	r_3
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5

Коэффициент опасности HQ – это отношение потенциального воздействия вещества к уровню, при котором не ожидается неблагоприятных последствий. В основном он используется, чтобы оценить риск, связанный с токсичностью окружающей среды. $HQ \leq 1$ означает, что негативные последствия маловероятны, поэтому риск может считаться малым. Значения же $HQ > 1$ выражают оценку того, превышает ли (и насколько) концентрация воздействия референтную ПДК-концентрацию. Е. Т. Токбергенов и др. (2022) отмечают важность данного коэффициента для своевременного и достоверного выявления экологических рисков. Высокие значения HQ некоторых веществ при остром воздействии выше допустимого (приемлемого) уровня указывают на высокие риски смертности от сердечно-легочных заболеваний. Например, в г. Усть-Каменогорске в результате загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами $PM_{2,5}$ смертность от сердечных и легочных заболеваний за два года (2018–2020 гг.) возрасла с 1281 до 1636 человек [394].

Коэффициент опасности HQ можно рассчитать для каждой части экологического риска ERF посредством сложения произведений вероятностей различных загрязняющих веществ (подсчитывается число случаев загрязнений) и конкретных интенсивностей риска для данного вида загрязнения. Конкретная интенсивность риска определяется как отношение прогнозируемой концентрации к заранее известной стандартной и вычисляется по формуле

$$HQ = PEC / BMC, \quad (43)$$

где *PEC* – прогнозируемая (средняя суточная) концентрация в окружающей среде (predicted environmental concentration, ПЭК); *BMC* – предельно допустимая концентрация, которая за определенное время воздействия не влияет на компоненты экосистемы (benchmark or maximum permissible concentration, ПДК).

Метод коэффициента *HQ*, как правило, применяется на предварительных этапах оценки риска. Например, ряд сложных эфиров фталатов (DBP, DiBP, BBP, DEHP, DPP и DiNP) может вызвать целый спектр неблагоприятных последствий для здоровья и действует, несмотря на то что они отличаются по своим характеристикам, по одному и тому же механизму. Поэтому при оценке совокупного риска для этих компонентов целесообразно использовать модель коэффициента *HQ*. Модель предполагает вычисление коэффициента опасности для каждого вещества (DBP – дибутилфталат; DiBP – диизобутилфталат; BBP – бутилбензилфталат; DEHP – диэтилгексилфталат; DPP – дипентилфталат; DiNP – диизононилфталат), а затем расчет индекса опасности как суммы отдельных коэффициентов опасности. Данный метод позволяет получить индекс опасности *HQ* для среднего и максимального воздействия и исключить вещества, которые действительно не представляют опасности.

Другим очень важным понятием, связанным с *HQ*, является индекс опасности *HI* (hazard index). Он представляет собой сумму коэффициентов опасности для веществ с негативным воздействием. Как и в случае с коэффициентом опасности *HQ*, суммарное воздействие с значением ниже *HI* = 1,0, скорее всего, не приведет к неблагоприятным последствиям для окружающей среды. Но при значениях *HI* > 1,0 значения коэффициентов опасности *HQ* также высоки, что указывает на неприемлемый уровень рисков для здоровья населения, например при воздействии загрязнителей атмосферного воздуха: взвешенных частиц, диоксида серы, серной кислоты, хлора, формальдегида, бензапирена, мышьяка, тяжелых металлов, производимых промышленными предприятиями. Таким образом, индекс опасности *HI* является показателем потенциальной токсичности экосистем в пределах регламентированных изменений.

При оценке риска загрязнения окружающей среды важную роль играет не только коэффициент опасности *HQ*, но и коэффициент риска *RQ* (risk quotient). Вместе они используются регулирующими органами для описа-

ния категории риска загрязняющего вещества с целью предотвращения нарушений экосистемного баланса.

RQ можно рассматривать как меру серьезности риска. Чем выше значение RQ , тем выше вероятность экологического риска. Когда $RQ > 1$, можно ожидать неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

В понятии риска всегда заключены два момента: частота опасного события и его последствия. Отсюда определяем риск по формуле

$$R = P \cdot H, \quad (44)$$

где P – вероятность события; H – степень опасности последствий.

Учитывая неопределенность H в региональном экологическом риске, находим H как произведение RQ и V :

$$R = P(RQ \cdot V). \quad (45)$$

Зная величину коэффициента риска и значение уязвимости объекта риска (используются целочисленные условные единицы от 0 до 10), перемножив их, также можно подсчитать уровень неблагоприятности. Произведение степени неблагоприятности и вероятности неблагоприятного события позволяет количественно охарактеризовать риск. Риск R может быть выражен формулой

$$R = P(C > C_{\text{стандарт}}) = \int_{C_{\text{стандарт}}}^{\infty} f_c(C) dC, \quad (46)$$

где C – концентрация загрязнителя; $C_{\text{стандарт}}$ – стандартная, нормативная концентрация загрязнителя.

Экологическое состояние объектов классифицируется в зависимости от полученных результатов (табл. 89).

Таблица 89

Критерии экологического состояния природных объектов

Экологическое состояние	Показатель	Критерии оценки
Удовлетворительное	1	$C < \text{ПДК}$
Напряженное	2	$1 \text{ ПДК} < C < 10 \text{ ПДК}$
Критическое	3	$10 \text{ ПДК} < C < 30 \text{ ПДК}$
Кризисное	4	$30 \text{ ПДК} < C < 50 \text{ ПДК}$
Катастрофическое	5	$C > 50 \text{ ПДК}$

Таким образом, смысл экологического риска связан не только с определением степени опасного или катастрофического воздействия промышленных источников на природу в пределах допустимых показателей и материального ущерба в виде налогов, сборов, тарифов, различных возмещающих платежей и штрафов (плату за природные ресурсы можно рассчитывать как дополнительный доход от использования природного ресурса повышенной продуктивности, так и на основе издержек замещения данного ресурса). Он также предполагает анализ и оценку:

- уязвимости самой природной среды (чем уязвимее экосистема, тем выше риск негативного воздействия, тем более рискованным и скачкообразным может быть смещение природного равновесия);

- величины экологического резерва;
- порога экологической безопасности.

Характеристика природных уязвимостей является условием сохранения равновесного состояния экосистемы и, следовательно, природного баланса, включая среду обитания человека.

Если с 2008 по 2017 г. ежегодно выбрасывалось в атмосферу около 40 гигатонн парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива и изменений в землепользовании, то такого рода интенсивный процесс негативного воздействия стал причиной накопления огромных потерь окружающей среды: по массе выбросы заместили обитание на планете 252 млн голубых китов на многие сотни лет вперед в рамках сбалансированной сукцессии (последовательной смены биоценозов, протекающих под влиянием как внешних, так и внутренних факторов). Необратимое катастрофическое смещение природного баланса, например стабильность биосферы окажется подорванной при потере 20–30 % видов, приведет к переоценке критериев экологического состояния природных объектов и тем самым к отказу от исходных значений антропогенных факторов окружающей среды, столь важных для надежного использования строительных объектов и промышленных технологий.

По мнению ученых, в частности А. Л. Большеротова, от того, в каком месте находится объект строительства, зависит степень его влияния на экосистему. В этой связи надо учитывать состояние экологического фона в месте строительства объекта, величину экологического резерва и порога экологической безопасности. Здесь имеет смысл привести таблицу расчета экологической безопасности строительного объекта для естественных и искусственных экосистем (табл. 90) [395].

Таблица 90

**Характеристика данных экологической безопасности строительства
(экологические издержки) для разных экосистем**

Вид данных	Ед. изм. Данные, необходимые для расчетов	Тип экосистемы	
		Естественная	Искусственная
Экосистема	Конфигурация	Да	Да
	Площадь, км ²	—»—	—»—
	Географическое положение	—»—	—»—
	Окружающие экосистемы	—»—	—»—
Биотоп	Конфигурация	—»—	Нет
	Площадь, км ²	—»—	—»—
	Географическое положение	—»—	—»—
	Окружающие биотопы	—»—	—»—
Биоценоз	Основные виды обитающих животных, птиц	—»—	—»—
	Виды основной флоры	—»—	—»—
Местоположение объекта строительства	Местоположение в экосистеме	Нет	Да
	Местоположение в биотопе	Да	Нет
	Площадь застройки, км ²	—»—	Да
	Зона отчуждения объекта	—»—	—»—
	Вектор влияния объекта	—»—	—»—
Внешний вид объекта	Высота	Нет	—»—
	Силуэт	—»—	—»—
	Архитектурный тип, ценность (культурная, историческая)	—»—	—»—
Загрязняющие факторы	Атмосфера	Да	—»—
	Гидросфера	—»—	—»—
	Литосфера	—»—	—»—

Окончание табл. 90

Вид данных	Ед. изм. Данные, необходимые для расчетов	Тип экосистемы	
		Естественная	Искусственная
Загрязняющие факторы	Валиосфера (здоровье человека)	Нет	—»—
	Шум	Да	—»—
	Тепло	—»—	—»—
	Свет	—»—	—»—
	Видеозагрязнение	—»—	—»—
Воздействующие факторы	Качество жизни	Нет	—»—
	Здоровье соматическое	—»—	—»—
	Здоровье психосоматическое	—»—	—»—
	Биотоп	Да	Нет
	Биоценоз	—»—	—»—

Таблица показывает, что экологические издержки по своей структуре для разных типов экосистем являются принципиально разными. Так, ценность биотопа как «живого вещества» имеет ключевое значение для естественной экосистемы, тогда как для искусственной экосистемы лишь человек обладает значением, обеспечивающим равновесное состояние окружающей среды в рамках регламентированного экологического допуска.

Следует отметить, что основной целью оценки экологического риска служат идентификация опасностей, анализ интенсивности возникновения рискованных ситуаций, расчет возможного ущерба. Рассматриваемую таблицу ряд авторов дополняют следующими важными данными освоения природной среды:

- продолжительностью периодов с разной температурой воздуха;
- астрономической продолжительностью дня и ночи;
- особенностями климата (континентального и пр.);
- скоростью ветра;
- увлажненностью территории (вегетационным индексом);
- состоянием атмосферного давления;
- количеством дней отопления;

- потенциалом почвы и воды к самоочищению;
- характером биоты;
- параметрами сейсмичности, вечной мерзлоты;
- вероятностью наводнений, селей, лавин, условий для проявления болезней;
- выявлением патологии у разных групп населения;
- факторами, препятствующими или способствующими выздоровлению людей;
- влиянием дискомфорта климата на здоровье населения в корреляции с показателями смертности и заболеваемости и т. д.

Так, согласно В. Г. Логинову и др., для выявления комфортности региона должны рассматриваться зональные (речь идет об индексе суровости климата – индексе Бодмана, среднегодовой температуре воздуха, средней температуре самого холодного месяца и др.) и а зональные (о заболоченности территории, влажности воздуха и др.) факторы [396].

Далее, чтобы получить интегральный показатель для классификации различных территорий по комфортности проживания населения, прибегают к помощи пятибалльной шкалы оценки. Выделяют:

- благоприятные (Краснодарский, Ставропольский край и др.);
- относительно комфортные (Западная и Центральная Россия, Поволжье и др.);
- малоблагоприятные (север Европейской части страны, юг Западной и Восточной Сибири, Хабаровского края, а также Приморский край и др.);
- дискомфортные (Красноярский край, Республика Коми и др.);
- экстремальные, т. е. крайне неблагоприятные (17 северных краев, областей и республик, а также 6 автономных округов, например Чукотский).

Очевидно, что основную часть территории страны в зоне вечной мерзлоты (79,5 %), без сомнения, можно охарактеризовать как некомфортную для проживания. Вспомним, что 65 % территории страны – это области Крайнего Севера и приравненные к ним; 60 % земель лежит севернее 60-й параллели, причем 20 % из них находится за полярным кругом; 53 % планетарной зоны Севера и 80 % ее населения относится к России. Как уже отмечалось, строительная отрасль на Севере нуждается в больших инвестициях для создания социально-экономической инфраструктуры, поэтому затраты на создание соответствующих строительных объектов существенно будут превышать (в 10–12 раз) расходы в комфортных для жизни регионах.

В силу того что в дискомфортных и экстремальных зонах нет нормальных условий жизнедеятельности, специализированных систем жизнеобеспечения и высокого уровня здравоохранения, создание искусственной среды обитания и обеспечение высокого уровня жизни будет связано с повышенным экологическим риском, хотя на первый взгляд экологическая опасность строительства на данных территориях должна быть на несколько порядков ниже. Однако это не так. В малоблагоприятных районах (с оценкой 3 балла по пятибалльной шкале) удорожание строительства составит 15–20 %; в дискомфортных (4 балла) – уже 100–120 %; а в экстремальных (5 баллов) – 120–250 %. Здесь экологический ущерб от строительства является высоким из-за того, что ряд факторов среды достигает критической для здоровья и жизни величины.

Так, по мнению М. Ф. Графкиной и др., высокий уровень плотности искусственной застройки создает острый дискомфорт, связанный с негативными факторами автотранспорта (сверхнормативным шумовым и электромагнитным загрязнением, воздействием инфразвука), и приводит к опасным заболеваниям высокого экологического риска [397, 398]. К тому же искусственную среду необходимо надежно изолировать от естественной, что, скорее всего, потребует значительных финансовых дотаций и бюджетных вливаний. Следует помнить, что и здесь концентрация объектов строительства выступает одной из главных причин негативного воздействия на окружающую среду, окрашивая рассматриваемую модель оценки риска дополнительными аспектами распределения (рис. 72).

Все же оценка экологического риска является проблематичной, так как в своем исчислении опирается на оценку преимущественно экономического эквивалента ущерба. Так, согласно «Методическим основам по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (2016) [388], экологический ущерб оценивается суммой потерь от каждого вида загрязнения окружающей природной среды по формуле

$$C = EC_A + EC_G + EC_L + EC_B + EC_W, \quad (47)$$

где EC_A – компенсация за ущерб от загрязнения атмосферного воздуха; EC_G – за ущерб от загрязнения водных объектов (гидросферы); EC_L – за урон от загрязнения почвы (литосферы); EC_B – за урон от загрязнения биосферы; EC_W – за вред, нанесенный территории строительным мусором.

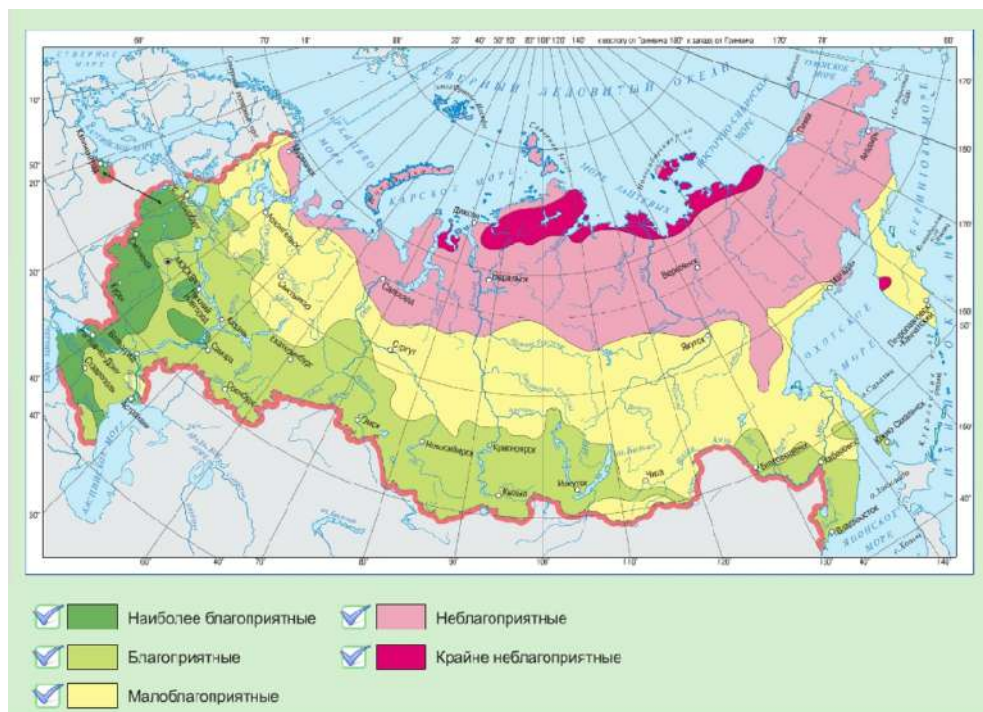


Рис. 72. Интегральный показатель для классификации различных территорий по комфортности проживания населения [399]

Анализ же «чистого» экологического риска предполагает несколько иные основания. Именно классификация различных территорий по комфортности проживания населения могла бы одновременно послужить в качестве матрицы для выявления зон экологического риска *ERF*. Зонирование групп территорий, соотносимых с рисками различных видов, вполне согласуется с определением природного риска как результата совокупного воздействия техногенеза на экосистему. Оно также отвечает современным тенденциям разработки ресурсосберегающих технологий и «зеленых» рецептов строительства для создания экологического безопасного «контура» [400].

Еще раз подчеркнем, что при выборе модели экологического риска с целью спрогнозировать уровень взаимодействия объекта строительства с окружающей средой нельзя игнорировать особенности природных ландшафтов. Не во всех технических стандартах учитывается зональный принцип для нормирования требований, в которых ясно были бы сформулированы критерии

техногенного воздействия на экосистему в рамках «зеленой» стратегии развития [401]. Наличие такой количественно обусловленной классификации показателей техногенного воздействия на природные ландшафты помогло бы установить основные ограничения на условия строительства в природных местах, особенно уязвимых для техногенеза. Чтобы выделить экологические группы для конкретной зоны строительного и вообще промышленного освоения территории с определенным уровнем техногенного воздействия, попробуем сформулировать критерии балльной оценки природного рельефа.

Анализ степени техногенного воздействия на экосистему подразумевает следующие типы районирования:

- ландшафт преимущественно искусственный, содержащий в своих недрах природные скопления полезных ископаемых и находящийся под постоянным воздействием техногенеза L_1 , должен быть обеспечен надежными сооружениями и конструкциями с повышенными требованиями к их использованию, рекультивацией техногенных рельефов, нарушенных земель и восстановлением полноценных биоценозов;

- ландшафт частично искусственный (включая земли лесного и водного фонда), который служит для получения сельскохозяйственной и прочей продукции L_2 , должен отвечать критериям рационального, технологически и экономически грамотного использования, стратегии развития с обязательной экологической реставрацией нарушенных зон освоения;

- ландшафт полностью естественный и в то же время малопригодный или вовсе не пригодный для ведения сельского хозяйства или создания рекреационной зоны, не содержащий полезных ископаемых L_3 , должен рассматриваться как оптимальный для промышленной и гражданской застройки, только если уровень воздействия техногенных факторов, скажем новых взрывоопасных заводов, на экосистему соответствует адаптивным возможностям конкретного природного комплекса; и чем выше резервы естественного восстановления и эффективнее методы искусственного сохранения природной среды, тем быстрее уже измененная и частично искусственная экосистема достигнет исходного равновесного состояния;

- ландшафт частично естественный с высоким рекреационным потенциалом L_4 , сохранность которого должна быть обустроена инженерными средствами, биологической мелиорацией, поддержанием растительных сообществ, пониженной нагрузкой на почвенно-растительный комплекс, регулярным уходом за садово-парковыми насаждениями;

- ландшафт полностью естественный, ненарушенный и не включенный в сферу какого-либо техногенного воздействия и застройки L_5 , должен

быть сохранен как значительная по охвату особо охраняемая природная территория для поддержания экологического равновесия и стабильности климатических условий в регионе и стране в целом [401, 402].

Данные типы ландшафтных ограничений для строительства предполагают следующую градацию использования территорий (она должна «снять» сугубо экономическое районирование страны на 12 зон, выдвинув на первый план «горизонтальное» районирование на три зоны, основанное на принципах пониженного экологического риска (хотя опасность и ущерб, как считают Дж. Аронсон и др. [403], заложены в любое отношение к природной среде, потенциально присутствуя в неопределенной степени):

- районы Крайнего Севера и приравненные к ним R_1 ;
- центральные и южные районы Европейской части страны, юг Западной и Восточной Сибири, Хабаровского края, а также Приморский край R_2 ;
- горные районы R_3 .

На первый взгляд экологическая матрица соответствия зон строительства различным природным ландшафтам должна принять следующий вид, где p – вероятность риска; r – степень риска; v – уязвимость экосистемы (каждый промежуток в 2 балла маркируется отдельным цветом) (табл. 91).

Таблица 91

**Измененная матрица распределений зон строительства
и риска уязвимости природной среды**

Индекс района	Индекс экологических групп для природных ландшафтов				
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
$p_3 R_1$	$R_1 L_1$ r_3 3 балла	$R_1 L_2$ r_4 6	$R_1 L_3$ r_4 9	$R_1 L_4$ r_5 12	$R_1 L_5$ r_5 15
$p_2 R_2$	$R_2 L_1$ r_2 2 балла	$R_2 L_2$ r_3 4	$R_2 L_3$ r_4 6	$R_2 L_4$ r_4 8	$R_2 L_5$ r_5 10
$p_1 R_3$	$R_3 L_1$ r_1 1 балл	$R_3 L_2$ r_2 2	$R_3 L_3$ r_3 3	$R_3 L_4$ r_4 4	$R_3 L_5$ r_4 5
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5

При первом приближении кажется, что ненарушенные зоны L_5 двух регионов (R_1, R_2) в высшей степени уязвимы для техногенеза и характеризуются высоким риском преступить допустимый уровень техногенного воздействия и превратить их в антропогенно нарушенные территории с последующей деградацией ландшафтной устойчивости. Наибольшими вероятностью и степенью риска, а также уязвимостью характеризуются территории Крайнего Севера и регионы, к ним приравненные.

Для дальнейшей разработки матрицы распределения зон строительства и ее показателей была рассмотрена динамика изменения площади земельного фонда РФ. Земли промышленности, занимая всего лишь 1 % территории страны, обуславливают увеличение площади антропогенно трансформированных экосистем (до 45 %) и значительное сокращение площади естественных (55 %). Это важное обстоятельство должно быть увязано с пониманием и прогнозом антропогенного изменения естественных ландшафтов. Карта зонирования (см. рис. 72) отражает реальное распределение вероятности риска загрязнения окружающей среды при строительстве, тем не менее привязка матричных регионов R_1, R_2, R_3 к данным Росреестра позволяет узнать площадь земель, конкретизировать структуру зон внутри рассматриваемых регионов, понять, каковы факторы техногенного воздействия, установить их номенклатурный состав и степень воздействия (табл. 92).

Таблица 92

Изменения площади земельного фонда РФ

Категория земель	Площадь земель по годам, млн га / %			
	2010		2018	
Земли сельскохозяйственного назначения	393,4	23	382,5	22,4
Земли населенных пунктов	19,6	1,14	20,5	1,2
Земли промышленности, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, космического обеспечения, энергетики, обороны и иного специального назначения	16,8	0,98	17,5	1,0
Земли особо охраняемых территорий и объектов	34,9	2,04	49,6	2,9
Земли лесного фонда	1115,8	65,25	1125,8	65,7

Окончание табл. 92

Категория земель	Площадь земель по годам, млн га / %			
	2010		2018	
Земли водного фонда	28,1	1,6	28	1,63
Земли запаса	101,3	5,92	88,5	5,2
Итого земель*	1709,8	100	1712,5	100

* Источник: данные Росреестра.

Из таблицы видно, что площадь сельскохозяйственных и запасных земель сократилась. Напротив, площадь городов и промышленных объектов увеличилась. Данный факт говорит о том, что экологическое равновесие остается неустойчивым.

Необходима экологическая модель прогноза взаимодействия искусственных систем с окружающей средой, а введение критериев техногенного и антропогенного воздействий на экосистему помогло бы реально оценить изменения природного ландшафта и учесть зональность размещения строительных сооружений.

Заметный прирост площади земель особо охраняемых территорий не отменяет их включенности в экстенсивный промышленный оборот древесины наряду с землями лесного фонда (здесь требуется уйти от принципов одностороннего учета характеристик искусственных объектов и режимов их функционирования, иначе говоря, определить величину и направление техногенного воздействия на природный ландшафт).

Далее была определена весомость техногенных воздействий на природные компоненты A (атмосферный воздух), G (гидросферу), L (литосферу) и B (биосферу) относительно каждой из категорий земель и, соответственно, ландшафтных зон L_1-L_5 . С этой целью уточнялся уровень техногенного воздействия как характеристики искусственного или естественного объекта. Результаты изучения влияния техногенеза на свойства природной среды представлены в табл. 93 [404].

Коэффициент экологической уязвимости, показывающий вредность и небезопасность промышленного воздействия как на жизнедеятельность людей, так и природную экосистему, заметно отличается от значений, полученных в ненарушенных ландшафтах.

Таблица 93

Техногенное воздействие на компоненты природной среды

Вид и характер техногенного воздействия искусственного объекта		Характер воздей- ствия	Коэффициент экологи- ческой уязвимости (по В. Вернадскому)				Итого
			A	G	L	B	
L_1 – объекты произ- водства, транспор- та, связи, радиове- щания, телевидения, информатики, кос- мического обеспе- чения, энергети- ки, обороны и иного специального на- значения на землях промышленности	Механическое	Краткое	0,23	0,15	0,28	0,05	0,71
	Механическое	Долгое	0,34	0,2	0,34	0,18	1,06
	Тепловое	Краткое	0,18	0,25	0,14	0,08	0,65
	Тепловое	Долгое	0,37	0,4	0,21	0,22	1,2
	Биохимическое	Краткое	0,12	0,05	0,28	0,31	0,76
	Биохимическое	Долгое	0,19	0,35	0,39	0,46	1,39
	Электромагнитное	Краткое	9,1	0,15	0,17	0,2	9,62
	Электромагнитное	Долгое	0,12	0,2	0,26	0,23	0,81
Итого			10,65	1,75	2,07	1,73	16,2
L_2 – жилищно- гражданские объекты на малопригодных (селитебных) землях	Механическое	Краткое	0,15	0,1	0,21	0,03	0,49
	Механическое	Долгое	0,21	0,15	0,27	0,09	0,72
	Тепловое	Краткое	0,07	0,11	0,1	0,04	0,32
	Тепловое	Долгое	0,14	0,2	0,17	0,12	0,63
	Биохимическое	Краткое	0,08	0,04	0,21	0,23	0,56
	Биохимическое	Долгое	0,12	0,16	0,25	0,31	0,84
	Электромагнитное	Краткое	0,06	0,02	0,1	0,09	0,27
	Электромагнитное	Долгое	0,09	0,08	0,19	0,12	0,48
Итого			0,92	0,86	1,5	1,03	4,31
L_3 – ландшафты на землях сельскохозяйственного назначения, землях лесного и водно- го фондов							
Итого			0,41	0,33	0,9	0,6	2,24
L_4 – рекреационные ландшафты на землях особо охраняемых территорий и объектов, парков, садов, заповедников и т. д.							
Итого			0,22	0,2	0,51	0,37	1,3
L_5 – ненарушенные ландшафты на землях запаса для экологической стабильности							
Итого			0,1	0,15	0,28	0,18	0,71

Оценка уровня воздействия техногенеза позволяет сделать важный вывод: первоначальная матрица распределений зон строительства и риска уязвимости природной среды (см. табл. 87) нуждается в существенной коррекции. Согласно табл. 92, наибольший интегральный коэффициент экологической уязвимости присущ элементам природной среды в промышленных ландшафтах всех трех зон R_1, R_2, R_3 (итоговое значение – 16,2; в балльной системе – 30). В селитебных ландшафтах коэффициент уязвимости ниже на несколько порядков (итоговое значение – 4,31; в балльной системе – 24), а в сельскохозяйственных ландшафтах, землях ООПТ и в регионах с ненарушенными ландшафтами он еще ниже: чувствительность природных компонентов имеет минимальные значения порядков (общее итоговое значение – 4,25; в балльной системе – 36).

Балльная система показывает, что нельзя сбрасывать со счетов комплексные техногенное и антропогенное воздействия на природные объекты в соответствующих зонах пониженной уязвимости экосистемы (оценка ее истинного состояния должна быть увязана с номенклатурным составом техногенных факторов, показателями их потенциальной экологической опасности). При этом матрица распределений зон строительства и риска уязвимости природной среды приобретает следующий вид (табл. 94).

Таблица 94

**Скорректированная матрица распределений зон строительства
и риска уязвимости природной среды**

Индекс района	Индекс экологических групп для природных ландшафтов				
	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
$p_3 R_1$	$R_1 L_5$ r_3	$R_1 L_4$ r_4	$R_1 L_3$ r_4	$R_1 L_2$ r_5	$R_1 L_1$ r_5
$p_2 R_2$	$R_2 L_5$ r_2	$R_2 L_4$ r_3	$R_2 L_3$ r_4	$R_2 L_2$ r_4	$R_2 L_1$ r_5
$p_1 R_3$	$R_3 L_5$ r_1	$R_3 L_4$ r_2	$R_3 L_3$ r_3	$R_3 L_2$ r_4	$R_3 L_1$ r_4
–	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5

Согласно исправленной матрице, наибольшими вероятностью и степенью риска, а также уязвимостью характеризуются *промышленные территории Крайнего Севера и регионы, к ним приравненные*. Напротив, ненарушенные ландшафты как ценные объекты экологического равновесия в регионе и стране, конечно, уязвимы для антропогенного вмешательства, но их экологическая весомость предполагает бескомпромиссное и существенное снижение экологического риска прежде всего в промышленных и селитебных зонах. Каркас естественных ландшафтов невозможно сохранить при высоких и катастрофических рисках экологической опасности во всех трех регионах R_1-R_3 . Оценивать любой риск в сравнении с некоторым допустимым можно лишь при учете регламентированных границ техногенных изменений. Поэтому, проанализировав градацию строительных зон, можно выделить следующие четыре класса нормирования строительных работ (в условиях техногенного воздействия на экосистему):

I – зона приемлемого риска – $R_1L_5, R_2L_5, R_3L_5, R_3L_4, R_3L_3$ с малой уязвимостью природных компонентов и малым риском, оценка: 1–3;

II – зона предупреждения риска – $R_1L_4, R_1L_3, R_2L_4, R_2L_3, R_2L_2, R_3L_2, R_3L_1$ со средней уязвимостью и приемлемым риском, требующим держать ситуацию под контролем и более точно вести расчет вероятности опасного события, оценка: 4–9;

III – зона снижения риска – R_1L_2, R_2L_1 с высокой уязвимостью, риск высок, необходимо срочное вмешательство в индустриальное развитие с целью обеспечения мер безопасности, оценка: 10–14;

IV – зона неприемлемого риска – R_1L_1 с катастрофической уязвимостью, риск слишком высок, неотложные меры по устранению техногенной опасности, оценка: 15 и выше.

Предлагаемая классификация учитывает реальный экологический риск строительства как отдельного объекта, так и их комплексов.

Далее используется моделирование методом МС, генерирующим случайные процессы с заданными параметрами. Генерация выбранных случайно изменений производится путем многократного анализа входных данных: неопределенности одних показателей и изменчивости других [405].

Метод МС может считаться наиболее эффективным способом количественной оценки неопределенностей. После моделирования сценариев, используя данный стохастический подход, получаем несколько наиболее чувствительных сценариев техногенного воздействия на компоненты природной среды в промышленной и селитебной зонах (табл. 95).

Таблица 95

**Сценарии техногенного воздействия на компоненты природной среды
в промышленной и селитебной зонах**

Сценарии	Значение коэффициента экологической уязвимости для зон	
	Промышленная	Сельскохозяйственная
Лучший (минимальное значение)	17,45	4,42
Ожидаемый	17,89	4,46
Худший (максимальное значение)	19,82	4,60
Стандартное отклонение	0,43	0,03

После завершения моделирования строим графики трендов прогнозных значений техногенного воздействия в рамках промышленной и селитебной зон (рис. 73, 74).

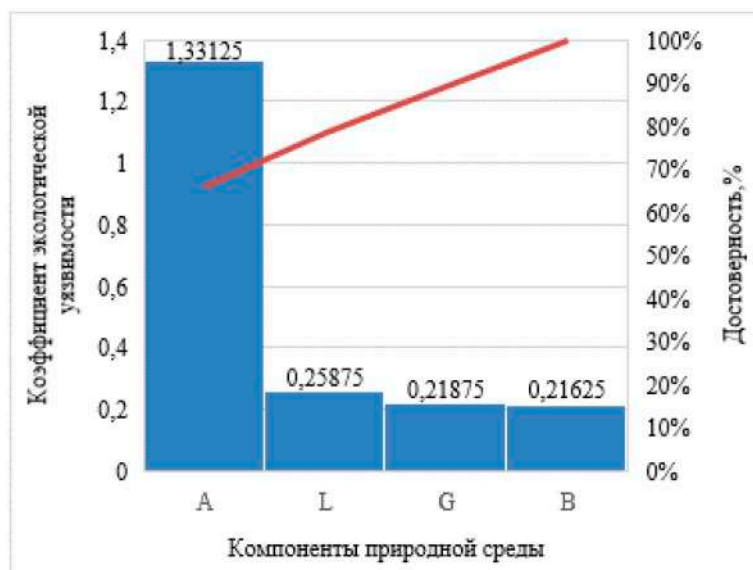


Рис. 73. График тренда роста техногенного воздействия
на компоненты экосистемы в промышленной зоне

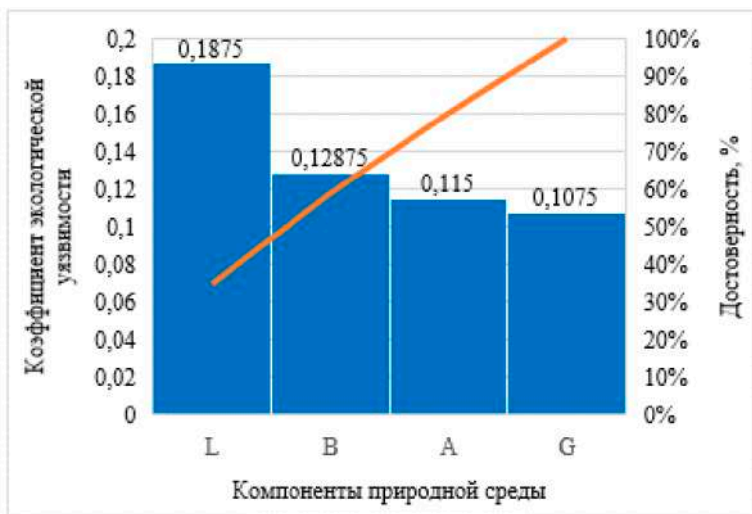


Рис. 74. График тренда роста техногенного воздействия на компоненты экосистемы в селитебной зоне

Как видно из данных, полученных с помощью метода МС, воздействие техногенеза на все четыре компонента окружающей среды в рассматриваемых зонах (промышленной и селитебной) сохранит тенденцию к росту. Худший сценарий можно определить как посткатастрофический (сверхвысокий риск, принятие неотложных мер в условиях ЧС, оценка: 16–30). Техногенная авария в Норильске, самая масштабная в Арктике, показывает достоверность смоделированного прогноза. Что касается техногенного воздействия на природу в ландшафтных зонах L_3 – L_5 (преимущественно естественные), оно будет только возрастать, поскольку при увеличении значений стандартного отклонения (до 0,05; 0,03; 0,02 соответственно) растет коэффициент уязвимости экосистемы как фактора риска.

Таким образом, понятие ландшафтного зонирования *ERF* имеет в виду взаимосвязь между территориями, включающими в себя определенное число природных компонентов и характеризующими их «рисковыми ситуациями». При выборе модели экологического риска с целью спрогнозировать уровень взаимодействия объекта строительства с окружающей средой необходимо учитывать особенности природных ландшафтов, что согласуется с политикой «зеленых» протоколов. Скорректированная матрица распределений зон строительства и риска уязвимости экосистемы на основе изучения параметров техногенного воздействия на компоненты природной сре-

ды позволила соотнести индекс районов (регионов) и индекс экологических групп для природных ландшафтов. Для конкретизации экологического зонирования были привлечены данные Росреестра. Моделирование с помощью метода МС позволяет в доверительном интервале спрогнозировать процесс техногенеза относительно природной среды. Наибольшими вероятностью и степенью риска, а также уязвимостью характеризуются промышленные территории Крайнего Севера и регионы, к ним приравненные. Воздействие техногенеза на все четыре компонента окружающей среды в рассматриваемых зонах сохранит тенденцию к росту.

Среди всех регионов планеты в силу своих особых физико-географических свойств Арктика испытывает наиболее сильное влияние климатических изменений. Потепление и последующее таяние льдов приведут к повышению уровня моря, выбросу метана и двуокиси углерода, захваченных вечной мерзлотой. При негативном сценарии развития событий «зеленые» здания могут стать потенциальной стратегией ограничения потребления и снижения энергоемкости. Фактически благодаря введению новых строительных норм и правил и принятию передовых сертификатов на высокие энергетические характеристики (здания с чистым и почти нулевым энергопотреблением, здания с нулевым выбросом углерода и углеродно-нейтральные здания) все участники цепочки создания стоимости вносят свой вклад в декарбонизацию строительных фондов и улучшение энергоэффективности сооружений.

В марте 2020 г. Правительством РФ были опубликованы «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.», актуализировав цели, которые необходимо достичь к концу 2035 г. [406]. К сожалению, в стратегии отсутствуют прямые или косвенные меры по сокращению углеродного следа зданий в Арктике. С другой стороны, соблюдение стандартов энергоэффективности превратилось в универсальный посыл эффективного экономического развития. Правительство ввело правила определения класса энергоэффективности многоквартирных домов [407], а также требования к энергоэффективности зданий, строений, сооружений [271].

В 2016 г. также была выпущена «Дорожная карта по энергоэффективности зданий и сооружений» [408], в которой подчеркнута необходимость рационального использования энергии в жилищном секторе. В дополнение к новым стандартам энергоэффективности в 2017 г. было установлено несколько обязательных технических требований, касающихся измерения

энергопотребления в новых домах и выполнения требований к ограждающим конструкциям. Самый последний план для строительного сектора направлен на модернизацию зданий и производства, а также на увеличение вклада технологического сектора в сокращение потребления энергии для валового национального продукта (ВВП) не менее чем на 1,5 % в год [409]. Он призван обеспечить масштабное повышение энергоэффективности экономики России за счет интенсификации производства энергии на основе возобновляемых источников и масштабной электрификации. Парижское соглашение предполагало, что Россия за счет регулирования темпов роста ВВП снизит углеродоемкость на 9 % к 2030 г. (относительно 2020 г.) и достигнет углеродной нейтральности к 2050 г.

Последние события 2022–2023 г. ставят под сомнение, что Россия может успешно реализовать «зеленые» планы. Видимо, стране не удастся достичь углеродной нейтральности даже к концу XXI в. К ней страна еще не готова. Для этого необходимо увеличить использование возобновляемых источников энергии, провести масштабную электрификацию и цифровизацию транспорта и технологических процессов во всех отраслях экономики, отказаться от вырубки лесов и защитить их от пожаров.

Л. В. Плотнокова приходит к выводу о том, что обострение экологической обстановки на урбанизированных городских территориях – это результат накопленных за многие десятилетия структурных деформаций народного хозяйства, приведших к доминированию развития ресурсоемких отраслей промышленности, использованию устаревших энергоемких технологий [410].

Вопрос о выборе пути стимулирования роста энергоэффективности и «зеленого» строительства в России остается открытым. В текущих условиях экономической стагнации в России энергоемкость ВВП только растет, а реализация госпрограмм в сфере энергоэффективности и энергосбережения, массированное использование наилучших доступных технологий, а также рост цен на энергию не дал явного эффекта. Вклад процесса снижения углеродоемкости потребляемой энергии, зависящий от топливной структуры, пока остается невостребованным и малозначимым [196].

Как отмечает И. Башмаков, дилемма, какой путь развития выбрать (ресурсозависимый или устойчивый), остается актуальной для всех современных индустриальных стран. При очень низкой доле затрат на энергию в большей части технотрутуры, как правило, преобладает удовлетворение тем, что есть; только самые энергоемкие отрасли (или те, которые подвержены ценовой конкуренции) имеют серьезные основания уделять внимание потребе-

нию энергии, а у чиновников нет стимула тратить политический капитал на устранение многочисленных структурных барьеров на пути эффективного использования. При высокой доле затрат на энергию гораздо большая часть промышленности обнаруживает, что ее прибыль снижается из-за расходов на энергопотребление, требуя внедрения инноваций, и все больше и больше потребителей сталкиваются с тем, что энергия сжимает их дискреционные бюджеты. Однако техноструктура и потребители – оба отреагируют напрямую и окажут давление на госструктуру, чтобы она приняла меры для ослабления этого давления до приемлемого диапазона [411, с. 26].

Заключение

В 2022 г. в России зафиксирован рекорд по объемам ввода жилья – еще никогда в стране не строили более 100 млн м². Строительство – это самый быстрорастущий сектор энергопотребления и выбросов. Только в США построено более 100 млн зданий. Ежегодно в этой стране сносятся около 1,75 млрд кв. футов зданий, 5 млрд кв. футов нового строительства и 5 млрд кв. футов реконструкции. Потенциал годового потребления энергии и сокращения выбросов СО, выделяемых в результате неполного сгорания топлива, огромен. Строительство потребляет примерно 48 % от всего производства энергии в США (!) и отвечает за 46 % всех ежегодных парниковых газов.

Если принять во внимание сточные воды, общее годовое количество отходов в американской промышленной системе составляет 250 трлн фунтов (почти 113 млрд т), при том что перерабатывается менее 2 % общего потока отходов – в основном это бумага, стекло, пластик, алюминий и сталь. В России и того меньше. Например, из ежегодных 1,3 млн т отходов электронного и электротехнического оборудования объем переработки не превышает 5 %. Нет мощностей по переработке свинецсодержащего стекла, по сжиганию хладонов. Вообще нет инфраструктуры по эффективному сбору (в том числе раздельному) отходов и направлению их на утилизацию. Вклад отрасли промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов в ВВП РФ к 2030 г. возрастет до 0,11 %, а уровень снижения отходов достигнет показателя –3,7 % (!). Если бы все жили как россияне, то потребовалось бы 3,4 земных планет.

Человечество превысило глобальную пропускную способность для ключевых категорий потребления, особенно для сельского хозяйства. Глобальные поглотители углеродных отходов переполнены. Совокупный метаболизм человеческой экономики превышает регенеративные возможности экосферы, и это соотношение только увеличивается.

Здания обычно используются в течение 50–100 лет, поэтому их инерция оказывает большое влияние на будущее потребление энергии и характер выбросов. Сегодняшняя архитектура городов останется с нами надолго. Проектировщики разрабатывают большинство зданий и указывают все материалы, используемые при их строительстве. Конструкция здания – его

форма, оконные проемы, конструкционные материалы и отделка – в значительной степени определяет характер энергопотребления и выбросов газов в течение всего срока службы сооружения.

Механические и электрические системы, встроенные в конструкцию здания, будут преобразовывать сегодняшнюю энергию ископаемого топлива, чтобы сделать эту конструкцию пригодной для жилья – для обогрева, охлаждения, освещения и вентиляции помещений, а также для питания оборудования. Здания могут быть спроектированы так, чтобы использовать большое или малое количество энергии, а в некоторых случаях, как показало исследование, вообще не использовать импортируемую энергию.

Сегодня массовое строительство отделилось и полностью оторвалось от природы. Большинство сооружений спроектировано так, чтобы быть изолированным от окружающей среды. Для их работы требуется бесперебойная подача энергии из ископаемого топлива. В противном случае, если их снабжение энергией прекратится, они становятся непригодными для жизни – слишком жарко, слишком холодно, нет света и т. д. Они как можно больше изолируют себя от окружающей среды, стремясь сохранить свои внутренние условия. Строительные стандарты и строительные нормы, действующие сегодня во многих странах (преимущественно развивающихся, включая Индию и Китай), полностью поддерживают эту стратегию проектирования.

В настоящее время большинство строительных норм и правил требует достаточной теплоизоляции для стен, крыш, фундаментов и стеклянных поверхностей в поддержку ресурсозатратной стратегии проектирования. Строительные коды находятся на том этапе, когда более строгие требования приносят очень маленькую отдачу. Во многих случаях энергия, необходимая для производства дополнительного материала, превышает любую потенциальную экономию. Фактически потребление энергии массовой застройкой продолжает расти. Это говорит о том, что в целом строительные нормы и правила не являются эффективными в стимулировании дальнейшего сокращения потребления ресурсов и выбросов.

«Зеленое» здание является действенной альтернативой обычному массовому. Оно спроектировано таким образом, чтобы взаимодействовать с окружающей средой, значительно сократив или устранив вообще потребность в ископаемом топливе. Сегодня многие здания и сооружения всех типов построены с годовым потреблением энергии и выбросами CO₂ на 50–75 % ниже среднего показателя таких стран, как США или Япония, что еще раз свидетельствует о возможности масштабного перехода строительства к «зеленой» перспективе.

У «зеленого» строительства есть еще одно преимущество: оно не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Поскольку скорость использования любого ресурса не должна превышать скорость его регенерации, разработка новых инструментов экологической безопасности происходит в тесной связи с решением таких глобальных проблем, как изменение климата, истощение запасов ископаемого топлива, уменьшение углеродного и экологического следа строительства. Анализ показал, что разработка планов будущего строительства должна полагаться на тщательное прогнозирование потребностей, на риск-ориентированное использование инновационных технологий и продуктов для снижения экологической и социальной нагрузки разного рода застройки.

Экологическое строительство необходимо не ради прогресса, но ради выживания. Строительные проекты косвенно влияют на общество, воздействуя на местную социальную ткань или изменяя ее. Поэтому важно оценить влияние введения новых социальных классов в окружающее сообщество (например, сообщество, в котором предлагается малообеспеченное жилье, может воспринимать новый социальный класс как угрозу, основанную на стереотипах и заблуждениях). Положение человека в социальной иерархии оказывает большое влияние на его здоровье, семейную жизнь, образование и другие жизненные привычки. Поэтому важно проанализировать влияние проекта на культурную и этническую идентичность местного сообщества. Проект повлияет на соседние объекты и их стоимость. Это социальное воздействие на сообщество должно эффективно контролироваться посредством оценки. Более того, сообщество должно быть защищено на этапах строительства или сноса проекта. В этом заключается важнейшая составляющая экологической безопасности строительства.

Новые версии «зеленых» инструментов ориентированы на интегративный подход и рациональный выбор места строительства. Так, в LEED появились две новые опции довольно высокого ранга в общем зачете баллов при оценке проектов. Традиционное проектирование и строительство, как известно, разрабатывалось поэтапно. Сначала на подготовительном этапе участниками проектной группы собиралась информация, определялись потребности заказчика, устанавливались цели строительства, выбиралось место застройки. Затем следовало проектирование, определение генподрядчика и, наконец, начинался этап строительства. И только в конце, когда здание было готово, приступали к своей работе инженеры механических, электрических и прочих сетей. Интегративный процесс все меняет самым решитель-

ным образом. В информационной среде BIM-объект, по сути дела, воссоздается во всех деталях с учетом минимального воздействия на окружающую среду. Архитекторы, конструкторы, инженеры по коммуникациям, заказчик, генподрядчик и т. д., образуя единую команду, достигают консенсуса по всем вопросам на предварительном этапе проектирования.

Рациональное размещение объектов также связано с минимизацией выбросов углерода в атмосферу и ресурсосбережением, а также социальным фактором устойчивого развития. LEED v.4 в большей степени ориентирован на поощрение подхода к проектированию, основанному на характеристиках производительности. Сертифицированные по новой версии стандарта здания достигли более высокой эффективности потребления энергии и воды. LEED v.4 касается не только обновления технических стандартов с учетом последних технологических инноваций, он также направлен на поддержку более гибких стратегий, соответствующих уникальным аспектам отдельных проектов.

Тем не менее охрана среды с технологическими и экономическими ограничениями имеет свои недостатки. Между LEED v.2 и LEED v.4 выявлен дисбаланс между уровнями соответствия основным критериям. Хотя влияние выбора строительных материалов на здоровье человека и окружающую среду привело к расширению внимания к критериям материалов в LEED v.4, показатели соответствия для кредитов, принадлежащих к этим двум группам критериев (IAQ и MR), значительно различаются: они ниже показателей, достигнутых проектами, прошедшими сертификацию. Как так получается? Вопрос остается риторическим.

В настоящее время в окружающую среду попадает все больше антропогенных веществ. Это не просто загрязняющие субстанции, но токсичные загрязнители, опасные для здоровья человека. Их канцерогенные характеристики способствуют развитию рака и других злокачественных образований, вызывают аллергию, приводят к мутациям наследственности. В «зеленом» строительстве появилось понимание того, что именно здоровье человека есть главное благо, определяющее возможности пользования всеми другими благами. В этом плане уникален опыт LBC. Ее стратегия в отношении выбора материалов для строительства (параметры IAQ и MR) является самой строгой и «зеленой» в мире. Учитывая, что люди проводят около 87 % своего времени в помещении, сооружение зданий, материалы, используемые для их строительства и обслуживания, не должны оказывать вредное влияние на здоровье и благополучие жителей, должны предупреждать

профессиональное выгорание от хозяйственной деятельности и служить безопасной средой обитания людей. Экологическая стратегия LBC – это охрана экосистемы без ограничений, потому что богатство любой страны не в количестве произведенных материальных благ, но в уровне здоровья населения.

Хотя во всех инструментах экологичного строительства пороговые значения для различных критериев, предназначенных для сокращения и оптимизации энергопотребления, теперь выше, все критерии, связанные с эксплуатационными расходами зданий, такие как водо- и энергоэффективность, имеют более высокие показатели в проектах, построенных в соответствии с новыми версиями стандартов. Это связано с тем, что доступные в настоящее время технологии обеспечивают более высокую эффективность использования электроэнергии и более низкое потребление воды или с растущим осознанием общественностью истощения этих ограниченных ресурсов.

Следует также принять во внимание следующее. Практика экологичного строительства показала, что трудность приспособления к оцениваемым местам выходит за рамки простого удаления или присоединения оцениваемых аспектов. Дело в том, что результаты приспособлений фактически обнаруживают себя как новые системы, сильно отличающиеся от первоначальных методов. LEED, BREEAM и другие подобные методологии пользуются большим успехом в своем первоначальном контексте, но не совсем подходят для применения в других странах, поскольку все они сосредоточены на экологической оценке, а оцениваемые экологические вопросы не обязательно отражают повестку дня той или иной страны. Того, что и как оценивают эти методы, явно недостаточно, ибо для представления результатов, согласующихся с контекстом оценки, необходимо локально определить весовой критерий; проанализировать национальный жизненный цикл строительного продукта и оценить воздействие региональных и местных материалов на строительство. Технологии и продукты, доступные на каждом рынке, методы строительства, действующие правила, которые точно так же определяют контрольные уровни и цели, меняются от одного контекста к другому. Поэтому важно разработать метод, основанный на национальных приоритетах и условиях, чтобы оценивать не только экологические характеристики зданий, но и их вклад в более устойчивую застроенную среду путем рассмотрения социально-экономических аспектов, которые могут быть связаны с масштабом здания, его производством и эксплуатацией. Клиенты и разработчики должны создавать спрос на более устойчивые разработки; инвесторы – оце-

нивать и создавать финансовые возможности; проектировщики – принимать стратегии, обеспечивающие более экологически устойчивые проекты с лучшими качествами жизни; а поставщики – инвестировать в более чистые технологии производства и более справедливые трудовые отношения. Поэтому поощряются дальнейшие подходы к постепенному расширению этих границ для охвата большего числа агентов и этапов корпоративного цикла.

Отсюда можно сделать некоторые выводы. Чтобы быть технически последовательным, метод оценки должен быть адаптирован к соответствующим национальным данным; контексту, рынку, практике строительства; для быстрого усвоения и распространения он должен быть разработан в партнерстве с основными заинтересованными сторонами: инвесторами, девелоперами, строителями и проектировщиками; элементы, оцениваемые в методе, должны быть взвешены, чтобы отразить национальные приоритеты и интересы.

Некоторые критерии, такие как региональный приоритет в LEED, обслуживание на основе подхода жизненного цикла и планирование жизненного цикла в BREEAM, не приняты в Green Star. Очевидно, что игнорирование соображений стоимости в инструментах оценки, а в некоторых случаях отсутствие кадастров жизненного цикла здания препятствует развитию экологичного строительства.

Приобретая капитальное оборудование и долгосрочную продукцию, требующую больших инвестиций, владельцами, как правило, не учитываются затраты на окончание жизненного цикла новой собственности (если говорить о полной стоимости жизненного цикла продукта – LCC). Если бы данным затратам можно было уделить внимание на начальных этапах, включая планирование «участников жизненного цикла» (таких, как производители, покупатели продукта или участники конца жизненного цикла), в программной среде, например SimaPro, развитие экологически чистых зданий продвигалось более быстрыми темпами и строительная отрасль могла найти подходы к снижению затрат.

Следует указать на отсутствие конкретных модулей для оценки финансовых выгод и возможностей для бизнеса, связанных с устойчивым строительством: у рынка либо нет данных для оценки большинства изначально предложенных показателей устойчивости, либо ему нужно время, чтобы подготовиться к оценке некоторых из них.

Таким образом, вопрос, какой из существующих основных типов инструментов «зеленого» строительства предпочесть, предполагает рассмотрение двух основных задач:

1) если речь идет об оценке производительности продуктов (их жизненного цикла и воздействия на окружающую среду), то требуется пересмотреть приоритеты развития организации, определив надлежащий вариант экологической сертификации (энергоэффективность, материалы и т. д.);

2) если необходимо разработать критерии проектирования зданий, то ориентиром для принятия соответствующих решений должны служить рейтинговые техники (LEED и др.).

При выборе модели экологического риска с целью спрогнозировать уровень взаимодействия объекта строительства с окружающей средой необходимо учитывать особенности природных ландшафтов, что согласуется с политикой «зеленых» протоколов. Скорректированная матрица распределений зон строительства и риска уязвимости экосистемы на основе изучения параметров техногенного воздействия на компоненты природной среды дает возможность соотнести индекс районов (регионов) и индекс экологических групп для природных ландшафтов. Моделирование с помощью метода Монте-Карло позволяет в доверительном интервале спрогнозировать процесс техногенеза относительно природной среды. Наибольшими вероятностью и степенью риска, а также уязвимостью характеризуются промышленные территории Крайнего Севера и регионы, к ним приравненные. Воздействие техногенеза на все четыре компонента окружающей среды в рассматриваемых зонах сохранит тенденцию к росту. Обострение экологической обстановки на урбанизированных городских территориях – не что иное, как результат накопленных за многие десятилетия структурных деформаций народного хозяйства, приведших к доминированию развития ресурсоемких отраслей промышленности, использованию устаревших энергоемких технологий.

Библиографический список

1. *Hamilton I., Rapf O.* Global Status Report for Buildings and Constructions. Paris: Global Alliance for Buildings and Constructions, 2021.
2. International Energy Agency. World Energy Outlook Report 2019. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf> (дата обращения: 01.10.2022).
3. Теличенко В. И., Слесарев М. Ю. «Зеленая» стандартизация будущего фактор экологической безопасности среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 90–97.
4. Теличенко В. И. От принципов устойчивого развития к «зеленым» технологиям // Вестник МГСУ. 2016. № 11. С. 5–6.
5. Теличенко В. И. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности: понятия, термины, стандарты // Вестник МГСУ. 2017. № 4. С. 364–372.
6. *Vierra S.* Green Building Standards and Certification Systems. Washington, DC: Steven Winter, 2011.
7. Слесарев М. Ю. Научные основы и инновационные методы формирования систем экологической безопасности строительства: дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.16 – экология, технические науки. М. : МГСУ, 2007.
8. *Repetto R., Austi D.* (2017). Estimating the financial effects of companies' environmental performance and exposure. In: J. J. Bouma, M. Jeucken, L. Klinkers (eds.). Sustainable Banking. The Greening of Finance (pp. 280–294). New York: Routledge. P. 282–283. DOI: 10.4324/9781351282406-26.
9. *Hawken P., Lovins A. B., Lovins L. H.* Natural capitalism: The next industrial revolution. London, Washington, DC : Routledge/Earthscan, 2010.
10. *Cameron P. D., Stanley M. C.* Oil, Gas, and Mining: A Sourcebook for Understanding the Extractive Industries. Washington, DC : International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2017. P. 19–54.
11. *Tangtinthai N., Heidrich O., Manning D. A. C.* Role of policy in managing mined resources for construction in Europe and emerging economies. Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 236. P. 613–621.
12. *Vogl V., Åhman M., Nilsson L. J.* The making of green steel in the EU: A policy evaluation for the early commercialization phase. Climate Policy. 2020. Vol. 21. P. 78–92.
13. *Muslemani H., Liang X., Kaesehage K., Ascui F., Wilson J.* Opportunities and challenges for decarbonizing steel production by creating markets for “green steel” products. Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 315. P. 128127.
14. *Gerst M. D., Graedel T. E.* In-use stocks of metals: Status and implications. Environmental Science & Technology. 2008. T. 42. P. 7038–7045.
15. *Lèbre É., Stringer M., Svobodova K., Owen R., Kemp D., Côte C., Arratia-Solar A., Valenta R.* The social and environmental complexities of extracting energy transition metals. Nature Communications. 2020. Vol. 11. P. 1–8.
16. *Tinto R.* Sustainability Fact Book 2020. URL: <https://www.riotinto.com/en/invest/reports/sustainability-report> (дата обращения: 03.03.2023).

17. *Saevarsdottir G., Kvande H., Welch B. J.* Correction to: aluminum production in the times of climate change: The global challenge to reduce the carbon footprint and prevent carbon leakage. JOM (The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS)). 2020. Vol. 72. P. 1422–1422 (2020).
18. *Månberger A., Stenqvist B.* Global metal flows in the renewable energy transition: Exploring the effects of substitutes, technological mix and development. Energy Policy. 2018. Vol. 119. P. 226–241.
19. *LePan N.* All of the World's Metals and Minerals in One Infographic. 2020. URL: <https://www.visualcapitalist.com/all-the-worlds-metals-and-minerals-in-one-visualization/> (дата обращения: 03.03.2023).
20. *Cox B., Innis S., Kunz N. C., Steen J.* The mining industry as a net beneficiary of a global tax on carbon emissions. Communications Earth and Environment. Vol. 3(1). P. 17.
21. *Smirnova E.* Control capability of environmental safety in the context of green construction paradigm. Espacios. 2018. T. 39. No. 22. P. 40.
22. *Smirnova E., Larionova Y.* Problem of environmental safety during construction (analysis of construction impact on environment). E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 164. P. 07006.
23. *Smirnova E., Larionov A.* Justification of environmental safety criteria in the context of sustainable development of the construction sector. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 157. P. 06011.
24. *Smirnova E.* Environmental risk analysis in construction under uncertainty. In: Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage. S. Sementsov, A. Leontyev, S. Huerta, I. Menéndez Pidal de Nava (eds.). London : CRC Press, 2020. P. 222–227.
25. *Soladay J. J.* Measurement of income and product in the oil and gas mining industries. In: D. Usher (ed.). The Measurement of Capital. Chicago : University of Chicago Press, 1980. С. 347–376.
26. Подсчеты Forbes: сколько Россия тратит в день на войну... URL: <https://rupor.md/podschety-forbes-skolko-rossiya-tratit-v-den-na-voynu-v-ukraine/?ysclid=l8xjx6vilg185236932> (дата обращения: 03.03.2023).
27. *Smirnova E.* Problems of ecology and ensuring environmental safety in relation to toxic Krasny Bor dump site. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. P. 14015.
28. *Смирнова Е. Э.* Анализ и управление рисками в российских и международных стандартах безопасности // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 2(45). С. 336–347.
29. *Смирнова Е. Э.* Оценка рисков в российских и международных стандартах безопасности и устойчивого развития // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1(46). С. 57–71.
30. *Meadows D. H., Randers J., Meadows D. L.* Limits to Growth. The 30-Year Update. London : Earthscan, 2006.
31. *Тетуор А. Н.* Антропогенный антибиоз (экологический паразитизм, хищничество, подавление) = Anthropogenic antibiosis (ecological parasitism, predatoriness, suppression). М. : РЭФИА, 2000.
32. *Реймерс Н. Ф.* Экология: Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М. : Россия молодая, 1994.

33. *Commoner B.* The Closing Circle: Nature, Man, and Technology. New York : Knopf, 1971.
34. *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера. М. : Айрис, 2012.
35. *Тетиор А. Н.* Архитектурно-строительная экология = (Architectural-Constructive Ecology). М. : РЭФИА, 2000.
36. *Mesarovic M. D., Takahara Y.* General Systems Theory: Mathematical Foundations. New York: Academic Press, 1975.
37. *Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J.* Beyond the Limits: Global Collapse or a Sustainable Future. London : Earthscan, 1995.
38. *Реймерс Н. Ф.* Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. М. : Россия молодая, 1992.
39. *Слесарев М. Ю.* Формирование систем экологической безопасности строительства. М. : МГСУ, 2012.
40. *Реймерс Н. Ф.* Методология научной (эколого-социально-экономической) экспертизы проектов и хозяйственных начинаний (общ. принципы). – М., 1990.
41. *Womack J. P., Jones D. T.* Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 2nd ed. New York : Free Press, Riverside, 2010.
42. *Леонтьев В.* Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика: Пер. с англ. М. : Политиздат, 1990.
43. *Wackernagel M., Rees W.* Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, BC; Philadelphia, PA: New Society Publishers.
44. *Rees W. E., Wackernagel M.* The shoe fits, but the footprint is larger than Earth. PLOS Biology. 2013. Vol. 11(11). P. e1001701.
45. Earth Overshoot Day. How many Earths? How many countries? URL: <https://www.overshootday.org/how-many-earths-or-countries-do-we-need/> (дата обращения: 03.03.2023).
46. *Rees W. E.* Ecological footprint, concept of. In: S. A. Levin (ed.), Encyclopedia of Biodiversity, 2nd ed. Waltham, MA: Academic Press, 2013. Vol. 2. P. 701–713.
47. *Wackernagel M., Lin D., Hanscom L., Galli A., Iha K.* Ecological footprint. In: B. Fath (ed.), Encyclopedia of Ecology, 2nd ed. Oxford: Elsevier, 2019. Vol. 4. P. 270–282.
48. *Blomqvist L., Brook B. W., Ellis E. C., Kareiva P. M., Nordhaus T., et al.* Does the shoe fit? Real versus imagined ecological footprints. PLOS Biology. 2013. Vol. 11(11). P. e1001700.
49. *Kissinger M., Rees W. E.* Footprints on the prairies: Degradation and sustainability of Canadian agricultural land in a globalizing world. Ecological Economics. 2009. Vol. 68(8–9). P. 2309–2315.
50. *Rees W. E.* Ecological economics for humanity's plague phase. Ecological Economics. 2020. Vol. 169. P. 106519.
51. *Smirnova E., Solomatin I.* Modeling professional risk based on the analysis of Workplace Conditions Assessment (WCA) to improve the safety of production activities. E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 371. P. 05041.
52. *Larionov A., Smirnova E.* Risks of project financing for housing construction. AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2559(1). P. 060006.
53. *Nezhnikova E., Larionov A., Smirnova E.* Ecological risk assessment to substantiate the efficiency of the economy and the organization of construction. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2021. Vol. 27(8). P. 2069–2079.

54. Total ecological footprint. Global Footprint Network, Advancing the Science of Sustainability. URL: https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.5451440.2069373638.1667318105-1465536352.1663440999#/ (дата обращения: 03.03.2023).
55. *Hyde R., Watson S., Cheshire W., Thompson M.* The Environmental Brief: Pathways for Green Design. London: Taylor and Francis, 2007.
56. SO 21929-1:2011. Sustainability in building construction – Sustainability indicators. Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings. Geneva, Switzerland: ISO, 2011. URL: <https://www.iso.org/standard/46599.html> (дата обращения: 03.03.2023).
57. *Cordero A. S., Melgar S. G., Márquez J. M. A.* Green building rating systems and the new framework level(s): A critical review of sustainability certification within Europe. *Energies*. 2020. Vol. 13. P. 66.
58. *De Paula N., Arditi D., Melhado S.* Managing sustainability efforts in building design, construction, consulting, and facility management firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2017. Vol. 24. P. 1040–1050.
59. *Mateus R., Bragança L.* Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT–H. *Building and Environment*. 2011. Vol. 46. P. 1962–1971.
60. *Shurrab J., Hussain M., Khan M.* Green and sustainable practices in the construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2019. Vol. 26. P. 1063–1086.
61. *Horvath E. P.* Building-related illness and sick building syndrome: Review. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. Vol. 64. No. 6. P. 303–309.
62. *Azuma K., Ikeda K., Kagi N., Yanagi U., Osawa H.* Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in Japan: Relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress. *Indoor Air*. 2014. Vol. 25. Iss. 5. P. 499–511.
63. *Terr A. I.* Sick Building Syndrome: Is mould the cause? *Medical Mycology*. Vol. 47. P. S217–S222.
64. *Berardi U.* Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society*. 2013. Vol. 8. P. 72–78.
65. *Alyami S. H., Rezgui Y.* Sustainable building assessment tool development approach. *Sustainable Cities and Society*. 2012. Vol. 5. P. 52–62.
66. *Baumann H., Boons F., Bragd A.* Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*. 2002. Vol. 10. Iss. 5. P. 409–425.
67. ISO 15686 5:2017. Здания и сооружения. Планирование срока службы. Ч. 5. Расчет стоимости жизненного цикла (Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing). URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-5:ed-2:v1:en> (дата обращения: 03.03.2023).
68. *Fenner R. A., Ryce T.* A comparative analysis of two building rating systems. Part 1: Evaluation. *Engineering Sustainability*. 2008. Vol. 161. Iss. 1. P. 55–63.
69. *Awadh O.* Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. *Journal of Building Engineering*. 2017. Vol. 11. P. 25–29.

70. *Asdrubali F., Baldinelli G., Bianchi F., Sambuco S.* A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings. *Building and Environment*. 2015. Vol. 86. P. 98–108.
71. *Haapio A., Viitanieni P.* A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*. 2008. Vol. 28. Iss. 7. P. 469–482.
72. *Crookes D., de Wit M.* Environmental economic valuation and its application in environmental assessment: an evaluation of the status quo with reference to South Africa. *Impact Assessment and Project Appraisal*. 2002. Vol. 20. Iss. 2. P. 127–134.
73. *Ding G. K. C.* Sustainable construction – The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*. 2008. Vol. 86. Iss. 3. P. 451–464.
74. *Miguez J. L., Porteiro J., Lopez-Gonzalez L. M., Vicuna J. E., Murillo S., Moran J. C., et al.* Review of the energy rating of dwellings in the European Union as a mechanism for sustainable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2006. Vol. 10. Iss. 1. P. 24–45.
75. *Larsen T. S., Jensen R. L., Daniels O.* The comfort houses: Measurements and analysis of the indoor environment and energy consumption in 8 passive houses 2008–2011. DCE Technical reports. No. 145. Aalborg : Department of Civil Engineering, Aalborg University.
76. *Kordjamshidi M.* Development of a new framework for a House Rating Scheme (HRS). Thesis (PhD Doctorate) – The University of New South Wales Sydney, Australia: UNSW, 2007.
77. 2015-Guide to Singapore Government funding and incentives for the environment. URL: <http://www.greenfuture.sg/2015/02/16/2015-guide-to-singapore-government-funding-and-incentives-for-the-environment/#8230> (дата обращения: 03.03.2023).
78. United States Green Building Council (2015). International rankings of top 10 countries for LEED green building. URL: <https://www.usgbc.org/articles/us-green-building-council-announces-top-10-countries-and-regions-leed-green-building> (дата обращения: 03.03.2023).
79. *Silva V. G.* Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios Brasileiros: diretrizes e base metodológica. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo [Sustainability assessment of Brazilian office buildings: guidelines and methodological basis. Thesis (PhD Doctorate) – Polytechnic School of the University of São Paulo]. São Paulo : Universidade de São Paulo. 2003.
80. *Assefa S., Lee H.-Y., Shiue F.-J.* Sustainability Performance of Green Building Rating Systems (GBRSs) in an integration model. *Buildings*. 2022. Vol. 12. P. 208.
81. *Ametepey S. O., Ansah S. K.* Impacts of construction activities on the environment: The case of Ghana. *Journal of Environment and Earth Science*. 2015. Vol. 5. No. 3. P. 18–26.
82. Green Building Council of Australia (GBCA). About GBCA. URL: <http://www.gbca.org.au/about/> (дата обращения: 01.01.2022).
83. Green Building Council of Australia. Green Star – Design and As Built version 1.1. URL: <https://www.gbca.org.au/green-star/green-star-design-as-built/the-rating-tool/> (дата обращения: 01.01.2022).
84. *Illankoon I. M. C. S., Tam V. W., Le K. N., Tran C. N. N., Ma M.* Review on green building rating tools worldwide: Recommendations for Australia. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2019. Vol. 25. Iss. 8. P. 831–847.
85. *Illankoon I. M. C. S., Tam V. W., Le K. N., Shen L.* Key credit criteria among international green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 164. P. 209–220.

86. *Gomes V., Silva M., Lamberts R., Takaoka M. V., Ilha M.* Sustainable building in Brazil. In: G. Foliente, T. Lützkendorf, P. Newtron, P. Paevere (eds.), *Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference: World SB08 Melbourne*, Melbourne Convention Centre 21–25 September 2008. Melbourne : Citeseer, 2008. P. 1–29.
87. *Masara V. M.* The green certification adapted to Brazil: In search of efficiency and sustainability in buildings. *MOJ Civil Engineering*. 2019. Vol. 5. Iss. 2. P. 69–72.
88. Fundação Vanzolini – FCAV. Technical reference for certification “Residential buildings – Process AQUA”. Brasil: FCAV, 2013.
89. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – Procel, 2019. URL: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp> (дата обращения: 01.01.2022).
90. Odebrecht Realizações Imobiliárias. Hangar Business Park – The project. Salvador: Odebrecht, 2014.
91. *Moktar A. E.* Comparative Study of Building Environmental Assessment Systems: Pearl Rating System, LEED and BREEAM: A Case Study Building in Abu Dhabi, United Arab Emirates. Thesis (PhD Doctorate) – The British University in Dubai (BUiD). Abu Dhabi : BUiD, 2012.
92. *Eichholtz P., Kok N., Quigley J. M.* The economics of green building. *Review of Economics and Statistics*. 2010. Vol. 95. Iss. 1. P. 50–63.
93. BREEAM International New Construction 2021. Technical manual SD 250 6.0. BRE Global Ltd, 2021.
94. BREEAM is the world’s leading science-based suite of validation and certification systems for sustainable built environment. BREEAM, 2023. URL: <https://bregroup.com/products/breeam/> (дата обращения: 01.03.2023).
95. *Lee W. L., Burnett J.* Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED. *Building and Environment*. 2008. Vol. 43. Iss. 11. P. 1882–1891.
96. *Lee W. L.* Benchmarking energy use of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 45. P. 326–334.
97. *Reith A., Orova M.* Do green neighbourhood ratings cover sustainability? *Ecological Indicators*. 2014. Vol. 48. P. 660–672.
98. *Schwartz Y., Raslan R.* Variations in results of building energy simulation tools, and their impact on BREEAM and LEED ratings: A case study. *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 62. Iss. 4. P. 350–359.
99. *Bungau C., Bungau T., Prada I. F., Prada M. F.* Green buildings as a necessity for sustainable environment development: dilemmas and challenges. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 13121.
100. Challenger – Bouygues Construction Head Office Saint-Quentin-en-Yvelines, France. URL: <https://karmar.com.pl/en/realizacje/bycn/challenger-bycn-head-office/> (дата обращения: 01.03.2023).
101. ISO 21929-1:2011. Sustainability in building construction – Sustainability indicators. Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings; ISO: Geneva, Switzerland, 2011. 42 p.
102. *Wen B., Musa N., Onn C.C., Ramesh S., Liang L., Wang W.* Evolution of sustainability in global green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 259. P. 17.

103. *Mattoni B., Guattari C., Evangelisti L., Bisegna F., Gori P., Asdrubali F.* Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82. P. 950–960.
104. *Liang L., Wen B., Musa S. N., Onn C. C., Ramesh S., Yan J., Wang W.* Rectify the performance of Green Building Rating Tool (GBRT) in sustainability: Evidence from ISO 21929-1. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 278. P. 2.
105. ISO 12911:2023 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Framework for specification of BIM implementation. URL: <https://www.iso.org/standard/79692.html> (дата обращения: 01.12.2022).
106. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles. URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (дата обращения: 01.12.2022).
107. DGNB system. Planning, building and operating buildings sustainably. The DGNB certification system for urban districts, buildings and interiors. URL: https://www.dgnb.de/de/verein/publikationen/bestellung/downloads/DGNB_Flyer_System_EN.pdf (дата обращения: 03.03.2023).
108. DGNB System. Overview of the criteria. URL: <https://www.dgnb-system.de/en/buildings/new-construction/criteria> (дата обращения: 01.03.2023).
109. VERDE. Plataforma de Materiales. URL: <http://materiales.gbce.es/plataforma-de-materiales/> (дата обращения: 03.03.2023).
110. L'Italia Boccia la Direttiva Case Green, Lega “Chiaro attacco all’economia e al patrimonio italiano”. URL: <https://www.rinnovabili.it/greenbuilding/direttiva-case-green-bocciata-da-italia/> (дата обращения: 01.03.2023).
111. Protocollo Scala Urbana SINTETICO. Metodologia e strumento di verifica. Versione 2.02. ITACA, 2020. URL: https://www.itaca.org/archivio_documenti/area_sostenibilita/Protocollo%20Scala%20Urbana_SINTETICO%20141220.pdf (дата обращения: 01.03.2023).
112. *Asdrubali F., Baldinelli G., Sambuco S., Bianchi F.* A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings. *Building and Environment*. 2015. Vol. 86. P. 98–108.
113. RT-33 rev.01 – Prescrizioni per l’Accreditamento degli Organismi di Ispezione di tipo A, B e C ai sensi della NORMA UNI CEI EN ISO/IEC 17020 in conformità al protocollo ITACA. Accredia è l’Ente Unico nazionale di accreditamento 2015. URL: <https://www.accredia.it/documento/rt-33-rev-01-prescrizioni-per-laccreditaento6> (дата обращения: 01.03.2023).
114. *Schiavoni S., Bianchi F., Asdrubali F.* Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 62. P. 988–1011.
115. *Mattoni B., Guattari C., Evangelisti L., Bisegna F., Gori P., Asdrubali F.* Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82. P. 950–960.

116. *Principi P., Catalino S., Fioretti R.* The contribution of the ITACA Protocol in the control of the environmental quality in residential buildings and the subsequent contribution to the adaptation to climatic change. *Energy Procedia*. 2015. Vol. 78. P. 1823–1828.
117. *Direttiva Tecnica Nuovi edifici settembre 2017 Vers. 1.0.* Agenzia per l'Energia Alto Adige: CasaClima, 2017.
118. CAGBC. Canada Green Building Council. Technical Resources. URL: <https://www.cagbc.org/news-insights/technical-resources/> (дата обращения: 01.03.2023).
119. EC3 User Guide. Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3) Tool URL: <https://www.buildingtransparency.org/ec3-resources/ec3-user-guide/> (дата обращения: 01.03.2023).
120. Zero Carbon Building. Performance Standard Version 2. Ottawa: Canada CAGBC, 2020.
121. Zero Carbon Building v2 Life Cycle Cost Calculator. URL: https://portal.cagbc.org/cagbcdocs/zerocarbon/v2/ZCB_v2_Life-Cycle_Cost_Calculator.xlsx (дата обращения: 01.03.2023).
122. Updating BOMA BEST Multi-Unit Residential Buildings Questionnaire. URL: <https://www.bestsustainablebuildings.org/wp-content/uploads/2021/08/2021.08.26-Updating-BOMA-BEST-MURB.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
123. Green Building Initiative Acquires Global Rights to Green Globes. URL: <https://www.sbcmag.info/news/2018/jan/green-building-initiative-acquires-global-rights-green-globes> (дата обращения: 01.03.2023).
124. *Smith T. M., Fischlein M., Suh S., Huelman P.* Green building rating systems: A comparison of the LEED and Green Globes systems in the US. Minneapolis : University of Minnesota, 2006. 61 p.
125. *Yan R., Xiang X., Cai W., Ma M.* Decarbonizing residential buildings in the developing world: Historical cases from China. *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 847. P. 157679.
126. *Abdallah M., El-Rayes K., Liu L. Y.* Optimizing the selection of sustainability measures to minimize life-cycle cost of existing buildings. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2016. Vol. 43. P. 151–163.
127. GOBAS-Group. Green Olympic Building Assessment System. Beijing: Architecture and Building Press, 2003.
128. China Green Building and Energy Saving (Macau) Association. URL: <http://www.chinagbc-macau.org/press17.html> (дата обращения: 01.03.2023).
129. *Beitler D.* Corporate bits. MGM Cotai awarded energy management certification. *Macau Daily Times*. 2020. March 23. URL: <https://macaudailytimes.com.mo/corporate-bits-mgm-cotai-awarded-energy-management-certification.html> (дата обращения: 04.03.2023).
130. MGM China Holdings Limited. Environmental sustainability. URL: <https://en.mgmchinaholdings.com/sustainability-environmental-sustainability> (дата обращения: 04.03.2023).
131. *Geng Y., Dong H., Xue B., Fu J.* An overview of Chinese green building standards. *Sustainable Development*. 2012. Vol. 20. P. 211–221.

132. *Zou Y.* Certifying green buildings in China: LEED vs. 3-star. *Journal of Cleaner Production.* 2019. Vol. 208. P. 880–888.
133. ISO 14040:2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. URL: <https://www.iso.org/standard/37456.html> (дата обращения: 01.03.2023).
134. ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures. URL: <https://www.iso.org/standard/38131.html> (дата обращения: 01.03.2023).
135. *Song J.* The green building development and assessment method – energy and cost analysis in China // *Highlights in Science, Engineering and Technology.* 2023. Vol. 29. P. 149–154.
136. *Geng Y., Sarkis J., Wang X., Zhao H., Zhong Y.* Regional application of ground source heat pump in China: A case of Shenyang // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2013. Vol. 18. P. 95–102.
137. *Xi F., Geng Y., Chen X., Zhang Y., Wang X., Xue B., Dong H., Liu Z., Ren W., Fuiita T., Zhu O.* Contributing to local policy making on GHG emission reduction through inventorying and attribution: A case study of Shenyang, China // *Energy Policy.* 2011. Vol. 39. Iss. 10. P. 5999– 6010.
138. China Green Building Label. 2019. URL: <https://teraoasia.com/2019/08/27/china-green-building-label-2019> (дата обращения: 01.03.2023).
139. *Florez L.* Sustainability and green building rating systems: A critical analysis to advance sustainable performance. In: S. Hashmi and I.A. Choudhury (eds.). *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials.* Oxford : Elsevier, 2020. Vol. 4. P. 211–220.
140. *Su C., Madani H., Palm B.* Spatial data assisted ground source heat pump potential analysis in China: A case of Qingdao City // *Energy Procedia.* 2019. Vol. 158. P. 6099–6104.
141. *Zhao C., Liu M., Wang K.* Monetary valuation of the environmental benefits of green building: A case study of China // *Journal of Cleaner Production.* 2022. Vol. 365. Iss. 2–3. P. 132704.
142. *Хейфец Е. Е.* Жилищные реформы и реновация жилого фонда в Китае. Опыт для России // *Имущественные отношения в Российской Федерации.* 2019. Т. 209. № 2. С. 18–28.
143. *Cao Y., Xu C., Kamaruzzaman S. N., Aziz N. M.* A systematic review of green building development in China: Advantages, challenges and future directions. *Sustainability.* 2022. Vol. 14. P. 12293.
144. United States Green Building Council. Making the business case for high performance green buildings. 2007. URL: http://courseresources.mit.usf.edu/sgs/geb6930/module_4/read/making_the_business_case.pdf (дата обращения: 01.03.2023).
145. *Gan X., Zuo J., Ye K., Skitmore M., Xiong B.* Why sustainable construction? Why not? An owner’s perspective. *Habitat International.* 2015. Vol. 47. P. 61–68.
146. *Matisoff D. C., Noonan D. S., Flowers M. E.* Green buildings: Economics and policies. *Review of Environmental Economics and Policy.* 2016. Vol. 10. Iss. 2. P. 329–346.
147. Leadership in Energy and Environmental Design. LEED credit library. URL: <https://www.usgbc.org/credits?Version=%22v4.1%22&Rating+System=%22New+Construction%22> (дата обращения: 01.01.2023).

148. Leadership in Energy and Environmental Design. LEED v4.1. URL: <http://www.usgbc.org/leed> (дата обращения: 01.01.2023).
149. Сухинина Е. А. Сравнение методов экологической оценки «зеленых» стандартов в строительстве // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2022. № 2(59). С. 294–316.
150. Poveda C. A., Lipsett M. G. A review of sustainability assessment and sustainability/environmental rating systems and credit weighting tools. *Journal of Sustainable Development*. 2011. Vol. 4. No. 6. P. 36–55.
151. The Union of Concerned Scientists. CO₂ and Ocean Acidification: Causes, Impacts, Solutions. Jan 30, 2019. URL: <https://www.ucsusa.org/resources/co2-and-ocean-acidification> (дата обращения: 08.04.2023).
152. Rasha A. M., Alshimaa A. F. The applicability of LEED of New Construction (LEED-NC) in the Middle East. *Procedia Environmental Sciences*. 2017. Vol. 37. P. 572–583.
153. Wu P., Song Y., Shou W., Chi H., Chong H.-Y., Sutrisna M. A comprehensive analysis of the credits obtained by LEED 2009 certified green buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 68. P. 370–379.
154. Ma J., Cheng J. C. P. Data-driven study on the achievement of LEED credits using percentage of average score and association rule analysis. *Building and Environment*. 2016. Vol. 98. P. 121–122.
155. Da Silva L., Ruwanpura J. Y. A review of the LEED points obtained in Canadian building projects to lower costs and optimize benefits. *Journal of Architectural Engineering*. 2009. Vol. 15. Iss. 2. P. 38–54.
156. Choi J., Bhatla A., Stoppel C. M., Shane J. S. LEED credit review system and optimization model for pursuing LEED certification. *Sustainability*. 2015. Vol. 7. P. 13351–13377.
157. An investigation of the selection of LEED Version 4 credits for sustainable building projects. URL: https://www.researchgate.net/publication/346207318_An_Investigation_of_the_Selection_of_LEED_Version_4_Credits_for_Sustainable_Building_Projects (дата обращения: 01.01.2023).
158. Karakhan A. LEED-certified projects: green or sustainable // *Journal of Management in Engineering*. 2016. Vol. 32. Iss.5. P. 02516001.
159. Pham D. H., Kim B., Lee J., Ahn Y. An investigation of the selection of LEED version 4 credits for sustainable building projects // *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10. P. 7081.
160. Environmental Project Alliance. LEED certification fails to increase energy efficiency says Environmental Policy Alliance. 2014. URL: <http://www.prnews-wire.com/news-releases/leed-certification-fails-to-increase-energy-efficiency-says-environmental-policy-alliance-247899251.html> (дата обращения: 01.03.2023).
161. Wu P., Low S. P. Project management and green buildings: Lessons from the rating systems. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 2010. Vol. 136. Iss. 2. P. 64–70.
162. LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System, Approved November 2008 (Updated July 2012). URL: https://energy.nv.gov/uploadedFiles/energynvgov/content/2009_NewConstruction.pdf (дата обращения: 01.03.2023).
163. Owen D. *Green Metropolis*. New York : Arrowhead, 2009.

164. *Schendler A., Udall R.* LEED is broken. Let's fix it. *Grist Environmental News & Commentary*, 2005. URL: <https://web.archive.org/web/20130118124312/http://www01.aspensnowmass.com/environment/images/LEEDisBroken.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
165. *Kats G., Alevantis L., Berman A., Mills E., Perlman J.* The costs and benefits of green buildings. A Report to California's sustainable building task force. Massachusetts: Massachusetts Technology Collaborative, 2003.
166. Green Building Initiative. Green Globes for New Construction (NC). URL: <https://thegbi.org/green-globes-new-construction/> (дата обращения: 01.03.2023).
167. GSA Selects Both Green Globes and LEED for Federal Buildings. 28 October 2013. URL: <https://www.greenbuildinglawupdate.com/2013/10/articles/leed/gsa-selects-both-green-globes-and-leed-for-federal-buildings/> (дата обращения: 01.03.2023).
168. Green Building Rating Certification for New Construction and Tenant Interiors: LEED and Green Globes. URL: https://www.gsa.gov/cdnstatic/LA-FY17-03_LEED-Green_Globes_Leasing_Alert.pdf (дата обращения: 01.03.2023).
169. *Kibert C. J.* Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. 2nd ed. Hoboken: Wiley & Sons, 2008.
170. EPA Office of Air and Radiation, Climate Protection Partnerships Division. (2020). National Awareness of ENERGY STAR® for 2019: Analysis of 2019 CEE Household Survey. URL: <http://energystar.gov/awareness> (дата обращения: 01.03.2023).
171. *Horowitz M. J.* Purchased energy and policy impacts in the U.S. manufacturing sector. *Energy Efficiency*. 2014. Vol. 7. Iss. 1. P. 65–77.
172. Federal Income Tax Credits and Other Incentives for Energy Efficiency. URL: https://web.archive.org/web/20200218163604/https://www.energystar.gov/about/federal_tax_credits (дата обращения: 01.03.2023).
173. Policy Record. ENERGY STAR. URL: https://www.energystar.gov/partner_resources/residential_new/program_reqs/policy_record (дата обращения: 01.03.2023).
174. Coming in 2023: ENERGY STAR NextGen Certified Homes and Apartments. ENERGY STAR. July 16, 2022. URL: https://www.energystar.gov/newhomeshomes_prog_reqs/energy_star_nextgen (дата обращения: 01.03.2023).
175. ENERGY STAR Impacts. URL: https://www.energystar.gov/about/origins_mission/impacts (дата обращения: 01.03.2023).
176. *McLennan J. F.* Transformational Thought: Radical Ideas to Remake the Built Environment. Portland, OR : Ecotone Publishing, 2012.
177. Taking the Living Building Challenge to the next level. URL: <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/living-building-challenge-2022/> (дата обращения: 01.03.2023).
178. *Thomas M. A.* The Living Building Challenge: Roots and Rise of the World's Greenest Standard. Portland, OR: Ecotone Publishing, 2016.
179. International Living Future Institute. Living Building ChallengeSM 4.0. A Visionary Path to a Regenerative Future. Seattle, WA: ILFI, 2019.
180. International Living Future Institute. Declare Resources. URL: <https://living-future.org/declare/basics/> (дата обращения: 01.03.2023).
181. *Barbiero G.* Affective ecology for sustainability. *Visions for Sustainability*. 2014. Vol. 1. P. 20–30.

182. *Berto R.* The role of nature in coping with psycho-physiological stress. A literature review of restorativeness. *Behavioral Science*. 2014. Vol. 4. No. 4. P. 394–409.
183. *Berto R., Barbiero G., Pasini M., Unema P.* Biophilic design triggers fascination and enhances psychological restoration in the urban environment. *Journal of Biourbanism*. 2015. Vol. 1. P. 26–35.
184. Noatum Logistics Completes Acquisition of the Multinational MIQ Logistics. URL: <https://www.miq.com/resources/news/article/noatum-logistics-completes-acquisition-multinational-miq-logistics/> (дата обращения: 01.03.2023).
185. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Headquarters Renovation. URL: <https://www.usgbc.org/projects/ashrae-headquarters-renovation?view=overview> (дата обращения: 01.03.2023).
186. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Preview ASHRAE Standards and Guidelines. URL: <https://www.ashrae.org/standards-research--technology/standards--guidelines> (дата обращения: 01.03.2023).
187. *Neibauer M.* Changing spaces: Reagan Building interiors have ‘reached the anticipated end of life // *Washington Business Journal*. 2015. February 5. URL: https://www.biz-journals.com/washington/breaking_ground/2015/02/changing-spaces-reagan-building-interiors-have.html (дата обращения: 01.03.2023).
188. Leadership in Energy and Environmental Design. LEED Certified Projects. URL: <https://web.archive.org/web/20130224023407/http://www.gsa.gov/portal/category/26002> (дата обращения: 01.03.2023).
189. U.S. General Services Administration. Potomac Yards 1 and 2 / EPA. URL: <https://web.archive.org/web/20130312004835/http://www.gsa.gov/portal/content/102309> (дата обращения: 01.03.2023).
190. U.S. General Services Administration. Green Roof Examples. URL: <https://web.archive.org/web/20121017122957/http://www.gsa.gov/portal/category/26005> (дата обращения: 01.03.2023).
191. Whole Building Design Guide. WBDG. One and Two Potomac Yard. URL: <https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/one-and-two-potomac-yard> (дата обращения: 01.03.2023).
192. Authenticated U.S. Government information. Public Law 110–140–Dec. 19, 2007. Energy Independence and Security Act of 2007. URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
193. Scientific Certification Systems. SCS global services. Setting the standard for sustainability. URL: <https://ru.scsglobalservices.com/?sescertified=1> (дата обращения: 01.03.2023).
194. *Knight F.* The Intelligence Lab Global property market insight. Active Capital. The Report – 2023. Real estate strategies for volatile times. URL: <https://content.knight-frank.com/research/1801/documents/en/active-capital-the-report-2023-9909.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
195. *Nelson A. J.* Globalization and Global Trends in Green Real Estate Investment. RREEF Research. 2008. No. 64. P. 1–31.
196. *Колтаков А. Ю.* Энергоэффективность: роль в сдерживании выбросов углекислого газа // *Проблемы прогнозирования*. 2020. № 6. С. 141–153.

197. Larionov A., Smirnova E., Larionova Y. Building energy modeling as a mandatory requirement of cooperative housing projects. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1614. P. 012030.
198. Larionov A., Smirnova E. Energy efficiency in residential construction: risk assessment. *AIP Conference Proceedings*. 2022. T. 2657. C. 020030.
199. U. S. Environmental Protection Agency (EPA). Comparison of Green Building Standards. URL: <https://www.epa.gov/smartgrowth/comparison-green-building-standards> (дата обращения: 01.03.2023).
200. Sariola L., Säteri J., Rintala T. A Finnish environmental classification for building projects: Experiences and new developments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 297. P. 012007.
201. Sariola L., Säteri J., Rintala T. Classification of indoor environment 2018 and updated criteria of RTS Environmental Classification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 297. P. 012045.
202. RTS – Environmental Classification v1.1. Classification Criteria for new construction and overhaul of Office and Service Buildings 2018. Rakennustietosäätiö Oy. Rakennustieto. The Building Information Foundation RTS sr. URL: <https://cer.rts.fi/en/rts-environmental-classification/what-is-rts-environmental-classification/classification-criteria-2018/> (дата обращения: 01.03.2023).
203. Rakennusten elinkaarimittarit – kahdeksan mittaria kestävään kiinteistöjohtamiseen. Rakennusten elinkaarimittarit huomioivat rakennusten ympäristö- ja energiatehokkuuden, elinkaaritalouden sekä käyttäjien hyvinvoinnin. Green Building Council Finland. URL: <https://figbc.fi/elinkaarimittarit/> (дата обращения: 01.03.2023).
204. Jokinen J., Poikajärvi M., Sirkka A. Rakennuksen ympäristövaikutukset ja energiatehokkuus. In: Kohti ympäristöystävällistä rakentamista. Tapaus DAS Kelo. M. Poikajärvi (toim.) (Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 3/2018). Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu, 2018. P. 43–60.
205. Mikä on E-luku? Tilasto Architects'. Asetus 1010/2017. URL: <https://tilasto.info/e-luku/> (дата обращения: 01.03.2023).
206. Sariola L., Ilomäki A. RTS EPD's – reliable source of environmental information of building products in Finland. *Energy Procedia*. 2016. Vol. 96. P. 77–81.
207. Häkkinen T., Kuittinen M., Suomela M. Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy, 2020.
208. Uudella RTS-ilmastoselosteella voit kertoa tuotteesi tiedot rakentamislain edellyttämällä tavalla. 27.11.2022. Rakennustieto. RTS. URL: <https://uutiset.rakennustieto.fi/yleinen/uudella-rts-ilmastoselosteella-voit-kertoa-tuotteesi-tiedot-rakentamislain-edellyttamalla-tavalla/> (дата обращения: 01.03.2023).
209. Jokinen J. Kestävän rakentamisen laadullinen arviointi. In: Kohti ympäristöystävällistä rakentamista. Tapaus DAS KELOP. M. Poikajärvi (toim.). Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 3/2018. Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu, 2018. P. 13–15.
210. Dongotou T. Repenser le développement durable au XXIe siècle. Paris: L'Harmattan, 2010.
211. Plan urbanisme construction architecture. Rapport final. Institut Méditerranéen du Batiment et de l'Environnement. Toulouse, 2002. URL: [http://www.assohqe.org/docs/Les %20centres %20de %20ressources %20HQE.pdf](http://www.assohqe.org/docs/Les%20centres%20de%20ressources%20HQE.pdf) (дата обращения: 01.03.2023).

212. Certification HQE. Marchés & réglementations. Isover Saint-Gobain. URL: <https://www.isover.fr/mon-projet/logements-collectifs/reglementation-en-vigueur/certification-hqe> (дата обращения: 01.03.2023).
213. Trois familles de certifications HQE. Certivéa. URL: <https://certivea.fr/solutions/six-familles-de-solutions/> (дата обращения: 01.03.2023).
214. Resilience and Adaptation to Climate Change for a built environment which meets the issues of today and tomorrow. Alliance HQE-GBC France. Janvier 2023. URL: <https://www.hqegbc.org/ressources/resilience-and-adaptation-to-climate-change/> (дата обращения: 01.03.2023).
215. Cadre de définition de l'économie circulaire dans le bâtiment. Alliance HQE-GBC France. Janvier 2018. URL: <https://www.hqegbc.org/ressources/cadre-de-definition-de-leconomie-circulaire-dans-le-batiment/> (дата обращения: 01.03.2023).
216. Constructions publiques architecture et "HQE". Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques. URL: <http://www.miqcp.gouv.fr/images/Guides/documentPDF/g8texte.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
217. Oury N., Nibel S. Rapport français de l'expérimentation Level(s). Alliance HQE-GBC France. Janvier 2022. URL: <https://www.hqegbc.org/ressources/rapport-francais-de-lexpérimentation-levels/> (дата обращения: 01.03.2023).
218. Cherqui F. Methodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier. Méthode ADEQUA. Doctorat thèse pour obtenir le grade de docteur Spécialité "Génie Civil". La Rochelle: Université de La Rochelle, 2005.
219. Brink T., Hosper S. H., Colijn F. A quantitative method for description and assessment of ecosystems: The AMOEBA-approach. Marine Pollution Bulletin. 1991. Vol. 23. P. 265–270.
220. Dufrasnes E., Achard G. Note d'étape ADEQUA N1: Constitution d'un jeu d'indicateurs d'aménagement durable. 2004. 55 p.
221. Charlot-Valdieu C., Outrequin P. La démarche HQE2R: des outils d'analyse pour des projets de quartiers durables. Urbia. Les Cahiers du développement urbain durable. 2007. No. 4. P. 196–209.
222. The hidden treasures of renovation. Results of the HQE performance LCA renovation test. Alliance HQE-GBC France. Novembre 2020. URL: <http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2020/10/201026-The-Hidden-Treasures-of-Renovation-HQE-Performance-Test-LCA-in-renovation.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
223. EQUER: Outil d'aide à l'éco-conception des bâtiments et des quartiers. C.E.S. Centre Efficacité énergétique des Systèmes. URL: <https://www.ces.minesparis.psl.eu/Logiciels/EQUER/> (дата обращения: 01.03.2023).
224. Lasvaux S. Étude d'un modèle simplifié pour l'analyse de cycle de vie des bâtiments. Génie des procédés. Doctorat thèse pour obtenir le grade de docteur. Spécialité "Énergétique". NNT: 2010ENMP0077. Paris: École Nationale Supérieure des Mines, 2010.
225. Gowri K. Green building rating systems: An overview. ASHRAE Journal. 2004. Vol. 46. Iss. 11. P. 56.
226. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, (CASBEE). CASBEE Family and tools. Tools for building scale. URL: https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/toolsE_building.htm (дата обращения: 01.03.2023).

227. City of Nagoya. Introduction of buildings rated S rank (excellent). Narumi Ekimae collaborative project. URL: <https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/page/0000061393.html?hl=ru> (дата обращения: 01.03.2023).
228. *Murakami S., Iwamura K., Cole R. J.* CASBEE: A decade of development and application of an environmental assessment system for the built environment. Tokyo: IBEC, 2014.
229. *Ding G. K. C.* Developing a multicriteria approach for the measurement of sustainable performance. *Building Research & Information*. 2005. Vol. 33. P. 3–16.
230. *Shamseldin A. K. M.* Including the building environmental efficiency in the environmental building rating systems. *Ain Shams Engineering Journal*. 2018. Vol. 9. Iss. 4. P. 455–468.
231. Building Research Establishment (BRE). BRE Environmental & Sustainability Standard- BES 5064-BREEAM Multi-Residential 2008 Assessor Manual. BRE Global. Issue 1.0; 2008.
232. City of Nagoya. Overview of Building Environmental Accounting System (CASBEE Nagoya). URL: <https://www.city.nagoya.jp/jigyoku/category/39-6-3-10-5-0-0-0-0.html?hl=ru> (дата обращения: 01.03.2023).
233. *Захарова Н.* «Зеленое» строительство – за и против. *Архитектура Сочи* (30.08.2012). URL: <https://arch-sochi.ru/2012/08/zelenoe-stroitelstvo-za-i-protiv/> (дата обращения: 01.03.2023).
234. *Нефедов В. А.* Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб. : Полиграфист, 2002.
235. *Тимова Н. П.* Сады на крышах. М. : ОЛМА-ПРЕСС Гранд, 2003.
236. *Тетиор А. Н.* Экологическая инфраструктура и среда жизни. М. : РЭФИА, 2002.
237. *Лунц Л. Б.* Городское зеленое строительство. М. : Стройиздат, 1974.
238. *Теличенко В. И., Слесарев М. Ю.* Проблемы и перспективы экологической стандартизации и сертификации по экологическим требованиям в рамках технического регулирования в строительстве // *Экология урбанизированных территорий*. 2010. № 4. С. 7–14.
239. Российская гильдия управляющих и девелоперов (РГУД). Какой «зеленый» стандарт нужен России. URL: <https://www.radidomapro.ru> (дата обращения: 11.04.2023).
240. *Зеликсон Д.* Внедрение «зеленых» технологий в России носит декларативный характер. *Gazeta.ru* (31.07.2012). URL: https://web.archive.org/web/20121114092949/http://www.gazeta.ru/realty/2012/07/31_a_4704533.shtml (дата обращения: 01.03.2023).
241. A.S.D.C. (Agency for Strategic Development CENTER). Guy Eames talks on “green construction” in Russia. *Russia Architecture News. World Architecture News*. Apr 27, 2020. URL: <https://worldarchitecture.org/article-links/efhvm/guy-eames-talks-on-green-construction-in-russia.html> (дата обращения: 11.04.2023).
242. *Теличенко В. И., Бенуж А. А.* Совершенствование принципов устойчивого развития на основе опыта применения «зеленых» стандартов при строительстве олимпийских объектов в Сочи // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 10. С. 40–43.
243. Статистика по LEED, WELL и BREEAM объектам в России. HPBS. Центр исследований и экологического инжиниринга. URL: <https://hpb-s.com/news/statistika-po-leed-well-i-breeam-obektam-v-rossii/?ysclid=lgy4wogoo9541980737> (дата обращения: 23.04.2023).

244. Требецки Я. Ю., Нужина И. П., Каверзина Л. А. Experience in developing environmental construction in Poland and Russia // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития. Материалы Седьмой международной научно-практической онлайн-конф. Иркутск : Байкальский госуниверситет, 2021. С. 346–352.
245. Оконный рынок в России и в мире tybet.ru. По оценке экспертов, количество «зеленых» зданий в России к 2015 году многократно увеличится. URL: https://tybet.ru/content/news/index.php?SECTION_ID=611&ELEMENT_ID=47103 (дата обращения: 11.04.2023).
246. Кондрашов А. «Зеленые стандарты»: раньше смеялись, сейчас живо интересуются // Строительство. Отраслевой журнал. 2017. № 10. С. 15–17.
247. Теличенко В. И., Бенуж А. А., Мочалов И. В., Богачев А. В. Апробация требований к устройству «зеленых» крыш в городской застройке // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 9. С. 12–17.
248. ГОСТ Р 58875–2020. «Зеленые» стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200173462?ysclid=lgtn9ejh71981937699> (дата обращения: 11.04.2023).
249. Ежегодный отчет АНО «НИИУРС» за 2022 год. Устойчивое развитие в России. Итоги года. СПб. : АНО «НИИУРС». 2023.
250. Bernardi E., Carlucci S., Cornaro C., Bohne R. An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings. Sustainability. 2017. Vol. 9. Iss. 7. P. 1226.
251. Dunne L. Top 12 Green Building Rating Systems. Sustainable Investment Group (SIG). June 01, 2020. URL: <https://sigearth.com/top-12-green-building-rating-systems/> (дата обращения: 11.04.2023).
252. Дорого-зелено : Почему в России не прижилось экоустойчивое строительство. Московская перспектива. 27 Марта 2019. URL: <https://www.mperspektiva.ru/topics/ekoustoychivoe-stroitelstvo-v-rossii-poka-udel-inostrantsev-i-entuziastov/> (дата обращения: 11.04.2023).
253. АВОК. Экологическая безопасность жилых и общественных зданий // Здания высоких технологий. 2023. № 1. С. 140–142.
254. Сухинина Е. А. «Зеленые стандарты» и экотехнологии ландшафта мегаполиса // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 2. С. 102–103.
255. Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 № 372 «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации». URL: http://www.ecologicals.ru/load/ehkologicheskaja_ehkspertiza/prikaz_goskomehkologii_rf_ot_16_05_2000_372_ob_utverzhdenii_polozenija_ob_ocenke_vozdejstviya_namechajstvennoj_i/15-1-0-417 (дата обращения: 11.04.2023).
256. Приказ Минприроды России (Министерства природных ресурсов и экологии РФ) от 01.12.2020 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573339130?ysclid=lgtp6f3162346518&section=text> (дата обращения: 11.04.2023).
257. Ламихова М. В. Новое положение об ОВОС двадцать лет спустя // Справочник эколога. 2021. № 6(102). С. 10–20.

258. Основание для проведения ОВОС. ЭкоПромЦентр. 11.10.2022. URL: <https://ecopromcentr.ru/blog/osnovaniye-dlya-provedeniya-ovos/> (дата обращения: 11.04.2023).
259. Ламихова М. В. Государственные экспертизы ПМООС, ОВОС в 2022 году // Справочник эколога. 2021. № 9(117). С. 36–47.
260. Теличенко В. И., Бенуж А. А., Глотова Е. П. Экологическая безопасность строительства в России: Реальность и перспективы // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году. Сб. науч. трудов РААСН. М. : АСВ, 2022. Т. 2. С. 441–449.
261. Васильева А. А. «Зеленое» строительство как инновационный подход развития строительной индустрии России // Beneficium. 2015. Т. 18. №. 2. С. 7–11.
262. Гиря М. А., Гиря Л. В. Перспективы применения зеленых стандартов и технологий в жилищном строительстве // Инженерный вестник Дона. 2018. Т. 50. № 3. С. 137.
263. Кочеткова С. Корпоративный олимпийский «зеленый» стандарт разработал «Олимпстрой». Юга.ру. 14 мая 2010. URL: <https://www.yuga.ru/news/188774/> (дата обращения: 11.04.2023).
264. Федеральный закон от 01.07.2018 № 175-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон „Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации“ и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп.).
265. Федеральный закон от 30.12.2004 № 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп.).
266. Кубасова Т. И., Новикова Н. г., Суходолов А. П. Перспективы и проблемы развития жилищного строительства в России в контексте последних изменений законодательства // Baikal Research Journal. 2017. Т. 8. № 4. С. 23.
267. Светник Т. В., Вахнович В. С. Система долевого строительства и оценка механизмов ее замещения // Известия Байкальского государственного университета. 2016. Т. 26. № 6. С. 907–918.
268. Ларионов А. В., Салина Е. С. Развитие государственного регулирования использования денежных средств в рамках долевого строительства // Вопросы государственного и муниципального управления. 2021. № 1. С. 100–121.
269. Злобин А. Минстрой предупредил о риске потери городов России из-за отсутствия в них новостроек. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/487538-minstroj-predupredil-o-riske-poteri-gorodov-rossii-iz-za-otsutstvia-v-nih-novostroek?ysclid=lgh74qodt6867127499> (дата обращения: 01.03.2023).
270. «Тематические» дома в Гайд-парке [Амстердама]: Единство образа и цвета // Зеленые здания / Green buildings. 2019. Вып. 1. С. 36–41.
271. Приказ Минстроя РФ от 17.11.2017 № 1550/пр «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений». URL: <https://docs.cntd.ru/document/542612470?ysclid=lgjy60dprt268173005> (дата обращения: 06.04.2023).

272. Лысев В. И., Коцюлим Н. Н., Кучанский В. А. Оценка энергопотребления для отопления и охлаждения зданий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2018. № 1. С. 24–29.

273. Грибова Е. В., Чернецкова А. М., Борисова Н. И., Борисов А. В. Мировое и отечественное развитие «зеленых» технологий в современном градостроительстве // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2016. № 3. URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2016/03/11216> (дата обращения: 21.04.2023).

274. Цыбатов В. А. Экономический рост как важнейший фактор снижения энергоемкости валового регионального продукта // Экономика региона. 2020. Т. 16. № 3. С. 739–753.

275. Garcia J. F. Nearly Zero Energy Buildings (Nzeb): Definition and comparative analysis in selected EU countries. Wien: Technische Universität, 2018.

276. Указ Президента РФ от 04.06.2008 № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902104125?ysclid=lg176e28i1169676680&section=text> (дата обращения: 06.04.2023).

277. Минэкономразвития России. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Москва. Март, 2013. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/?ysclid=lg17b7by77952862414 (дата обращения: 06.04.2023).

278. Чернов С. С. Прогноз энергоемкости ВВП России на 2020 и 2030 годы // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. Т. 28. № 3. С. 93–98.

279. Ross J. Why the economic reform succeeded in China and will fail in Russia. Learning from China. 2008. URL: <https://www.learningfromchina.net/why-the-economic-reform-succeeded-in-china-will-fail-in-russia/> (дата обращения: 06.04.2023).

280. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности и экономический рост // Вопросы экономики. 2019. № 10. С. 32–63.

281. Государственный совет РФ. Доклад «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений». Москва. Кремль 2016. URL: <http://www.cenef.ru/file/Doklad.pdf/> (дата обращения: 06.04.2023).

282. Постановление Правительства РФ № 982 от 01.12.2009 (с изм. и доп.) «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии (с изменениями на 4 июля 2020 года)». URL: <https://base.garant.ru/402839344/> (дата обращения: 06.04.2023).

283. Теличенко В. И., Бенуж А. А., Сухина Е. А. Межгосударственные «зеленые» стандарты для формирования экологически безопасной среды жизнедеятельности // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 4. С. 438–462.

284. Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации» (с изм. и доп.). URL: <https://base.garant.ru/402839344/> (дата обращения: 06.04.2023).

285. ГОСТ Р 70346–2022 «Зеленые» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111?ysclid=lr94jk4ynq231286018> (дата обращения: 21.12.2023).
286. «Зеленый» ГОСТ Р для жилых многоквартирных зданий. Дом РФ. URL: <https://дом.рф/zelenyj-gost-dlya-mkd/> (дата обращения: 06.04.2023).
287. «Дом.РФ» запустит «зеленые» кредиты для застройщиков в 2022 году. РИА Новости. Недвижимость. 03.09.2021. URL: https://realty.ria.ru/20210903/kredity-1748493917.html?fbclid=IwAR1cObVtwTwwTUczUdK0lap3KOBj4Uo1XMoXsK27iHDPv8u_ОМКС73bWpWw (дата обращения: 06.04.2023).
288. Центробанк рассказал, как будет работать «зеленая» ипотека. Прайм. Агентство Экономической Информации. 18 Мая 2021, URL: https://1prime.ru/banks/20210518/833690154.html?fbclid=IwAR3BEDhN9IdugHhtTMVuQyGYOwqAvPfaiGTWdzKmx7xUEJGP0fS_YD89Lmo (дата обращения: 06.04.2023).
289. *Crispin G.* The essence of risk identification in project risk management: An overview. *International Journal of Science and Research.* 2020. Vol. 9. Iss. 2. P. 1553–1557.
290. *Gallop D., Willy C., Bischoff J.* How to catch a black swan: Measuring the benefits of the premortem technique for risk identification. *Journal of Enterprise Transformation.* 2016. Vol. 6. Iss. 2. P. 87–106.
291. *Emmer S., Kratz M., Tasche D.* What is the best risk measure in practice? A comparison of standard measures. *Journal of Risk.* 2015. Vol. 18. Iss. 2. P. 31–60.
292. ГОСТ Р 22.0.02–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий (с изм. № 1). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001517?ysclid=lr94ldnit3849296112> (дата обращения: 12.12.2023).
293. OHSAS 18001:2007. Системы менеджмента профессиональной безопасности и здоровья. Требования. (Occupational Health and Safety Management Systems. Specification: OHSAS 18001). London : British Standards Institute, 2007.
294. ГОСТ Р 54934–2012/OHSAS 18001:2007. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094433?ysclid=lr94mrt9w2624835337> (дата обращения: 12.12.2023).
295. OHSAS 18002:2008. Occupational Health and Safety Management Systems – Guidelines for the Implementation of OHSAS 18001:2007. London: British Standards Institute, 2008.
296. ГОСТ Р 50779.10–2000 (ИСО 3534-1–93). Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения (ред. от 01.04.2008).
297. ISO 9000:2005. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (Quality Management Systems – Fundamentals and Vocabulary).
298. ISO 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (Quality management systems – Fundamentals and vocabulary).
299. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (изд. с попр.) (ред. от 01.10.2019).
300. ISO 14001:2004. Системы экологического менеджмента (Environmental Management Systems. Requirements with Guidance for Use).

301. ISO 14001:2015. Системы экологического менеджмента (Environmental Management Systems. Requirements with Guidance for Use).
302. ГОСТ Р ИСО 14001–2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению (ред. от 01.08.2018).
303. ISO 31000:2009. Управление риском. Руководящие указания (Risk Management. Guidelines).
304. ISO 31000:2018. Управление риском. Руководящие указания (Risk management. Guidelines).
305. ГОСТ Р ИСО 31000–2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство (ред. от 01.04.2021).
306. Смирнова Е. Э., Слесарев М. Ю. Экологизация негативных факторов деятельности предприятий и организаций // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 3. С. 403–414.
307. COSO ERM:2017. Управление риском на предприятии (Enterprise Risk Management). URL: <https://www.coso.org/documents/2017-coso-erm-integrating-with-strategy-and-performance-executive-summary.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).
308. ISO/IEC ISO/IEC Guide 98–1:2009. Неопределенность измерения. Ч. 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения (Uncertainty of Measurement – Part 1: Introduction to the Expression of Uncertainty in Measurement).
309. ГОСТ Р 54500.1–2011 / Руководство ИСО/МЭК 98–1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения.
310. ГОСТ 34100.1–2017 / ISO/IEC Guide 98-1:2009. Неопределенность измерения. Ч. 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения (с попр.). (ред. 01.08.2023).
311. ISO/IEC Guide 98–3:2008. Неопределенность измерения. Ч. 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (Uncertainty of Measurement – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM:1995)).
312. ГОСТ Р 54500.3–2011 / Руководство ИСО/МЭК 98–3:2008. Неопределенность измерения. Ч. 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
313. ГОСТ 34100.3–2017 / ISO/IEC Guide 98-3:2008. Неопределенность измерения. Ч. 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (с попр.) (ред. 01.08.2023).
314. ГОСТ 4011–72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа (с изм. № 1, 2) (ред. 07.09.2010).
315. ГОСТ Р 51898–2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты (ред. от 01.08.2018).
316. ГОСТ Р 12.0.006–2002. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие требования к системе управления охраной труда в организации (с изм. № 1) (ред. от 26.06.2003).
317. ГОСТ Р 51897–2002. Менеджмент риска. Термины и определения.
318. Zagst R., Glau K., Scherer M. (Eds). Innovations in Quantitative Risk Management. Cham: Springer, 2015.
319. Levy H. Stochastic Dominance: Investment Decision Making under Uncertainty. Cham: Springer, 2016.

320. Mancino M., Sanfelici S. Nonparametric Malliavin – Monte-Carlo computation of hedging Greeks. *Risks*. 2020. Vol. 8. P. 120.
321. Burdorf T., Van Vuuren G. An evaluation and comparison of value at risk and expected shortfall. *Investment Management and Financial Innovations*. 2018. Vol. 15. Iss. 4. P. 17–34.
322. Haimes Y. Y. Risk Modeling, Assessment, and Management. Hoboken: Wiley, 2016.
323. Renn O. Perception of risks. *Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice*. 2004. Vol. 29. Iss. 1. P. 102–114.
324. Renn O. Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World. London, Sterling, VA: Taylor & Francis, 2017.
325. Kaplan S., Garrick B. J. On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*. 1981. Vol. 1. P. 11–27.
326. Namazian A., Yakhchali S. H., Yousefi V., Tamosaitiene J. Combining Monte Carlo simulation and Bayesian networks methods for assessing completion time of projects under risk. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16. Iss. 24. P. 545.
327. Ojha R., Ghadge A., Tiwari M. K., Bititci U. S. Bayesian network modelling for supply chain risk propagation // *International Journal of Production Research*. 2018. Vol. 56. Iss. 17. P. 5795–5819.
328. Runde J., Faulkner P., Feduzi A. Unknowns, Black Swans and the risk / uncertainty distinction // *Cambridge Journal of Economics*. 2017. Vol. 41. Iss. 5. P. 1279–1302.
329. Dester W. S., Blockley D. I. Managing the uncertainty of unknown risks. *Civil Engineering and Environmental Systems*. 2003. Vol. 20. Iss. 2. P. 83–103.
330. Voorhees J., Woellner R. A., Bell C. L. *International Environmental Risk Management: A Systems Approach*. Boca Raton: CRC Press, 2022.
331. Larionova Y., Smirnova E. Substantiation of ecological safety criteria in construction industry, and housing and communal services. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 543. P. 012002.
332. Rausand M., Haugen S. Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications. London: Wiley, 2020.
333. Matuszak-Flejszman A., Paliwoda B. Influence of the Implemented Management Systems on Risk-Based Thinking in Organizations – A Review. *Proceedings of the 36th International Business Information Management Association (IBIMA)*. Cordoba: IBIMA, 2022. P. 6644–6651.
334. Link S., Naveh E. Standardization and discretion does the environmental standard ISO 14001 lead to performance benefits? *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2016. Vol. 53. Iss. 4. P. 508–519.
335. Шпаков А. С., Бурдонов А. Е. Основные проблемы на пути внедрения экологического менеджмента в Российской Федерации // *Экономика и экологический менеджмент*. 2019. № 1. С. 154–162.
336. Кушин Б. А., Фурта С. Д., Лякин А. Ю., Голембиовская Д. С., Журавлев М. А. Сравнение версий национального стандарта Российской Федерации «Менеджмент риска. Принципы и руководство» (ГОСТ Р ИСО 31000:2019 и ГОСТ Р ИСО 31000:2010) с учетом первоисточников // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022. Т. 13. № 2. С. 134–150.

337. Смирнова О. П., Вавилова М. А. Особенности внедрения системы экологического менеджмента в промышленности // *Естественно-гуманитарные исследования*. 2022. Т. 39. № 1. С. 303–308.
338. Гаджиев Н. Г., Коноваленко С. А., Трофимов М. Н., Гаджиев А. Н. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства // *Юг России: экология, развитие*. 2021. Т. 16. № 3. С. 200–214.
339. Новикова Е. В. Эколого-правовое регулирование на этапе развития зеленой экономики в России // *Экологическое право*. 2020. № 4. С. 9–16.
340. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
341. Гаджиев Н. Г., Коноваленко С. А., Трофимов М. Н., Рожкова Н. В., Сайтуллаев А. М. Современный зеленый курс России: проблемы и перспективы реализации // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17. № 3. С. 197–207.
342. Гиззатуллин Р. Х. Проблемы правового регулирования экологического нормирования // *Правовое государство: теория и практика*. 2014. Т. 36. № 2. С. 62–66.
343. Петрова Т. В. Проблемы нормирования воздействия на окружающую среду в российском законодательстве // *Правоведение*. 2018. Т. 62. № 4. С. 640–650.
344. Федеральный закон от 01.07.2003 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (с изм. на 02.07.2021; ред., действующая с 23.12.2021).
345. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. на 14.07.2021; ред., действующая с 01.03.2023).
346. Приказ Росстандарта от 21.06.2021 № 1061 «Об определении Порядка и условий применения международных стандартов, региональных стандартов, межгосударственных стандартов и региональных сводов правил, а также стандартов иностранных государств». URL: <https://docs.cntd.ru/document/607215975?ysclid=len7gng51e587069886&section=text> (дата обращения: 15.03.2023).
347. Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» (с изм. на 30.12.2020).
348. ГОСТ Р 1.7–2014. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила оформления и обозначения при разработке на основе применения международных стандартов (с изм. № 1, с попр.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116040?ysclid=lf9y27m5yg619077855> (дата обращения: 27.02.2023).
349. ISO/IEC Guide 2:2004. Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности (Standardization and related activities – General vocabulary). URL: <https://sert-service.ru/rukovodstvo-iso-mek-2-2004-standartizatsiya/?ysclid=lenk3ka1si902884122> (дата обращения: 27.02.2023).
350. Smirnova E., Solomatin I. Modeling professional risk based on the analysis of Workplace Conditions Assessment (WCA) to improve the safety of production activities. E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 371. P. 05041.
351. Блинкин В. Л. Методы анализа экзогенных составляющих рисков // *Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. М. : ВИНТИ, 1997. Вып. 3. С. 18–36.
352. Сорокин А. В. Общая экономика или модель рыночной экономики: превращение прибыли в среднюю прибыль. «Голландская болезнь» как результат неравенства отраслевых норм прибыли. Конспект девятой лекции курса «Общая экономика» // *Проблемы современной экономики*. 2017. Т. 61. № 1. С. 190–196.

353. ГОСТ Р 22.0.01–2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения (ред. от 01.05.2019). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136692?ysclid=lpkfolwhsl470505062&section=text> (дата обращения: 27.02.2023).
354. Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций. URL: http://snipov.net/c_4654_snip_59538.htm (дата обращения: 01.02.2023).
355. *Andersen T. J., Young P. C.* Strategic Risk Leadership: Engaging a World of Risk, Uncertainty, and the Unknown. Routledge : Abingdon, 2020.
356. *Jones A.* Risk, Opportunity, Uncertainty and Other Random Models. Abingdon, Oxon: Routledge, 2019.
357. *Хохряков А. В., Рыбников П. А., Цейтлин Е. М., Коновалов И. В.* Использование интегрального показателя экологического риска для обоснования природоохранных решений в условиях неопределенности на примере накопителей жидких промышленных отходов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 11–1. С. 71–89.
358. *Garvey B., Humzah D., Le Roux S.* Uncertainty Deconstructed: A Guidebook for Decision Support Practitioners. Cham: Springer, 2022.
359. *Maurya S. P., Yadav A. K., Singh R. P. (Eds.).* Modeling and Simulation of Environmental Systems: A Computation Approach. Boca Raton : CRC Press, 2022.
360. ГОСТ Р 14.09–2005. Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента.
361. *Kalos M. H., Whitlock P. A.* Monte-Carlo Methods. Weinheim: Wiley-VCH, 2009.
362. *Pirsaheb M., Hadei M., Sharafi K.* Human health risk assessment by Monte Carlo simulation method for heavy metals of commonly consumed cereals in Iran: Uncertainty and sensitivity analysis. Journal of Food Composition and Analysis. 2021. Vol. 96. P. 103697.
363. *Bieda B.* Stochastic approach to municipal solid waste landfill life based on the contaminant transit time modeling using the Monte-Carlo (MC) simulation // Science of the Total Environment. 2013. Vol. 442. P. 489–496.
364. United States Environmental Protection Agency. Use of Monte Carlo Simulation in Risk Assessments. URL: <https://www.epa.gov/risk/use-monte-carlo-simulation-risk-assessments> (дата обращения: 01.01.2023).
365. United States Environmental Protection Agency. EPA Risk Assessment Principles and Practices. URL: <https://semsub.epa.gov/work/10/500006305.pdf> (дата обращения: 01.01.2023).
366. *Menzelintseva N., Karapuzova N., Laktyishin V., Bogomolov S.* Assessment of the risk of dust influence on human health in urban built-up areas. E3S Web of Conf. 2019. Vol. 138. P. 01026.
367. *Couto P., Damasceno J., de Oliveira S.* Monte Carlo simulations applied to uncertainty in measurement. In V. Chan (ed.). Theory and Applications of Monte Carlo Simulations. London: InTech, 2013. P. 27–51.
368. *Taleb N. N.* The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. New York: Random house. 2007.

369. *Larionov A., Nezhnikova E., Smirnova E.* Risk assessment models to improve environmental safety in the field of the economy and organization of construction: A case study of Russia. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. No. 24. P. 13539.
370. *Smirnova E.* The use of the Monte-Carlo method for predicting environmental risk in construction zones. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1614. P. 012083.
371. *Сморodinский С. С.* Оптимизация решений на основе компьютерных имитационных методов и моделей. Минск : БГУИР, 2004. Ч. 1.
372. *Савелова Т. И.* Метод Монте-Карло. М. : НИЯУ МИФИ, 2011.
373. *Aczel A. D.* Statistics: Concepts and Applications. Chicago : Irwin, 1995.
374. *Benjamin J. R., Cornell C. A.* Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. Mineola, New York : Dover Publ., 2018.
375. *Bieda B.* Stochastic Analysis in Production Process and Ecology under Uncertainty. Berlin, New York : Springer, 2012.
376. *Neumann von J.* Various techniques used in connection with random digits. National Bureau of Standards Applied Mathematics Series. 1951. Vol. 12. P. 36–38.
377. *Окунь Е. В., Гробер Т. А.* Применение численных методов Монте-Карло в имитационном моделировании // Молодой исследователь Дона. 2021. Т. 31. № 4. С. 8–11.
378. *Eckhardt R.* Stan Ulam, John von Neumann, and the Monte Carlo method. Los Alamos Science. 1987. Vol. 15. P. 131–136.
379. *Jain A.* Monte Carlo simulations. *Éclat Mathematics Journal*. 2015. Vol. 7. P. 7–13.
380. *Metropolis N.* The Beginning of the Monte Carlo method. Los Alamos Science. 1987. Vol. 15. Pp. 125–130.
381. *Metropolis N., Ulam S.* The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*. 1949. Vol. 44(247). P. 335–341.
382. *Gardiner V., Lazarus R., Metropolis N., Ulam S.* On certain sequences of integers defined by sieves. *Mathematics Magazine*. 1956. 29(3). P. 117–122.
383. *Smirnova S., Mamedov E., Shkarovskiy A.* Improving the environmental safety risk assessment in construction using statistical analysis methods. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2022. T. 24. P. 110–128.
384. *Borgonovo E., Plischke E.* Sensitivity analysis: A review of recent advances. *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 248. Iss. 3. P. 869–887.
385. *Guerrero H.* Excel Data Analysis. Modeling and Simulation. Heidelberg: Springer, 2010.
386. *Veres V., Mortan M.* Monte-Carlo simulation: Important management tool in evaluating decisions under risk. Case study: Launch a new product of shoes. *The Annals of the University of Oradea // Economic Sciences*. 2013. Vol. 22. Iss. 1. P. 1698–1709.
387. ГОСТ Р 51901.1–2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем (с попр.) (ред. от 01.08.2005).
388. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (2016). URL: <https://kubancentr.ru/images/docs/Prikaz-Rostekhnadzora-ot-03.11.2022-N-387.pdf?ysclid=lge2u0x6rq391942787> (дата обращения: 01.03.2023).

389. ASTM E2590–2015. Standard Guide for Conducting Hazard Analysis-Critical Control Point (HACCP) Evaluations. URL: <https://www.astm.org/e2590-15.html> (дата обращения: 01.03.2023).
390. SAE/TP 2008-01-2228–2008. The Art of Conducting a Safety Risk Analysis on In-Service Problems URL: <https://docs.cntd.ru/document/440208071?ysclid=lge2k4yls6766982023> (дата обращения: 01.03.2023).
391. ГОСТ Р 58771–2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска (ред. от 01.03.2022).
392. *Lundberg J., Johansson B. J. E.* Systemic resilience model. Reliability Engineering and System Safety. 2015. Vol. 141. P. 22–32.
393. *Smirnova E., Ataev A.* Ensuring environmental safety at Garabogaz by identifying environmental risks. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 918. Iss.1. P. 012142.
394. *Токбергенов Е. Т., Досмухаметов А. Т., Аскаров А. К., Амрин М. К., Аскаров Д. М., Бейсенбинова Ж. Б.* Оценка аэрогенного риска для здоровья населения, проживающего в регионе расположения Ульбинского металлургического завода // Анализ риска здоровью. 2022. № 4. С. 45–55.
395. *Большеротов А. Л.* Система оценки экологической безопасности строительства. М. : МГСУ, 2012.
396. *Логонов В. г., Игнатъева М. Н., Балащенко В. В.* Методический подход к оценке комфортности проживания населения в границах северных территорий // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 4. С. 1399–1410.
397. *Графкина М. В., Нюнин Б. Н.* Научно-практические рекомендации по снижению негативного воздействия автотранспортных потоков на селитебные территории // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 1. С. 58–64.
398. *Графкина М. В., Свиридова Е. Ю.* Риск-анализ электромагнитной безопасности урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 2. С. 11–17.
399. *Лопатина Э. Б., Назаревский О. Р.* Оценка природных условий жизни населения. М. : Наука, 1972.
400. *Slesarev M., Dinh Dap N.* “Green” standards will ensure safe living environment. MATEC Web of Conference. 2918. Vol. 196. P. 04022.
401. *Pastorok R. A., Preziosi D., Rudnick D.* Ecotoxicological model of populations, ecosystems, and landscapes. In S. E. Jørgensen, B. D. Fath (eds.), Encyclopedia of Ecology. Oxford : Elsevier, Academic Press, 2008. Vol. 2. P. 1165–1186.
402. *Mander Ü., Uuemaa E.* Landscape planning. In B.D. Fath (ed.), Encyclopedia of Ecology (2nd edn.). Oxford : Elsevier, 2015. Vol. 4. P. 532–544.
403. *Aronson J., Clewell A., Moreno-Mateos D.* Ecological restoration and ecological engineering: Complementary or indivisible? Ecological Engineering. 2016. Vol. 91. P. 392–395.
404. *Redlarski G., Lewczuk B., Zak A., Koncicki A., Krawczuk M., Piechocki J., Jakubiuk K. ... Gradolewski D.* The influence of electromagnetic pollution on living organisms: historical trends and forecasting changes // BioMed Research International. 2015. Vol. 1. P. 234098.

405. *Aven R.* Risk analysis and management: Basic concepts and principles // Reliability: Theory & Application. 2009. Vol. 1. P. 57–73.

406. Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202003050019?ysclid=lgdyn183bc270152796> (дата обращения: 01.03.2023).

407. Приказ Минстроя РФ от 06.06.2016 № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201608100003?ysclid=lgdy4gs4go425547962> (дата обращения: 01.03.2023).

408. Распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 № 1853-р «План мероприятий («дорожная карта») по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201609050004?ysclid=lgdytmprvh82249414> (дата обращения: 01.03.2023).

409. Постановление Правительства РФ от 07.12.2020 № 2035 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов». URL: <http://government.ru/docs/all/131367/> (дата обращения: 01.03.2023).

410. *Плотникова Л. В.* Экологическое управление качеством городской среды на высокоурбанизированных территориях: автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05. М. : Рос. эконом. акад. им. г. В. Плеханова, 2009.

411. *Bashmakov I., Grubb M., Drummond P., Lowe R., Myshak A., Hinder B.* “Minus 1” and energy costs constants: Empirical evidence, theory and policy implications. SSRN. 2023. С. 4401851. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4401851> (дата обращения: 25.04.2023).

Оглавление

Введение. Методологическая часть исследования	3
1. Основные понятия и базовые принципы концепции устойчивого развития и «зеленого» строительства	10
1.1. Траектории ресурсозависимой экономики: риски истощения и обесценивания природной среды	10
1.2. Причины продвижения стандартов «зеленого» строительства	14
1.3. Бережливое мышление как главный компонент непрерывного улучшения экосистемы	17
1.4. Об инвестировании в окружающую среду и экологическое строительство	19
1.5. «Экологический след» строительства	22
1.6. Устойчивое развитие как фактор обеспечения экологической безопасности «зеленого» строительства	28
1.7. Классификация инструментов рейтинга «зеленого» строительства	32
2. Национальная сертификация в сфере экологического менеджмента и «зеленого» строительства	71
2.1. Экологическая сертификация зданий в Австралии: Green Star ...	71
2.2. Бразильская система экологической сертификации зданий AQUA	82
2.3. Система экологической сертификации зданий в Великобритании	94
2.4. Система экологической сертификации зданий в Германии	111
2.5. Система экологической сертификации зданий в Испании	137
2.6. Система экологической сертификации зданий в Италии	141
2.7. Система экологической сертификации зданий в Канаде	156
2.8. Система экологической сертификации зданий в Китае	171

2.9. Система экологической сертификации зданий в Сингапуре	192
2.10. Система экологической сертификации зданий в США	199
2.11. Система экологической сертификации зданий в Финляндии	295
2.12. Система экологической сертификации зданий во Франции	314
2.13. Система экологической сертификации зданий в Японии	337
2.14. Система экологической сертификации зданий в России.	365
3. Аналитические оптимизационные и имитационные модели и методы прогнозирования для обеспечения экологической безопасности строительства	408
3.1. Системы оценки риска в экологических стандартах.	408
3.2. Оценка экологической безопасности в жилищном строительстве с помощью метода Монте-Карло	452
3.3. Моделирование случайных факторов и их распределение методом Монте-Карло	461
3.4. Разработка модели управления рисками в стандартах безопасности и вопросы экологического менеджмента в жилищном строительстве.	473
Заключение	502
Библиографический список	509

Научное издание

Смирнова Елена Эдуардовна

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Монография

Редактор *Т. В. Середова*

Корректор *Е. Н. Апринцева*

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 26.06.2024. Формат 70×100 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 43,7. Тираж 500 экз. Заказ 45. «С» 34.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ