

УДК 721:502.12

**Е. А. Сухина**

*Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина*

## **ВАЖНОСТЬ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТАХ ДЛЯ ЗДАНИЙ**

Рассматривается необходимость уделять больше внимания выбору экологических материалов для зданий с учетом всех стадий их жизненного цикла. В процессе исследования используются аналитический, сравнительный и математический методы анализа. Дается характеристика общего количества российских эконоормативов с выделением доли по строительным материалам. Рассматриваются критерии зарубежных и российских экологических стандартов. Предлагаются направления по увеличению в российских рейтинговых системах критериев относительно оценки жизненного цикла материалов и зданий.

**Ключевые слова:** экологические материалы, «зеленые» стандарты, экологические нормативы, оценка жизненного цикла, устойчивость, критерии, мероприятия, здание.

### **Введение**

На сегодняшний день в мире особенно остро стоит вопрос по уменьшению выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Европейская комиссия поставила цель снизить выбросы CO<sub>2</sub> в строительном секторе до 2050 г. на 90 % [1].

Правительство Соединенных Штатов Америки стремится к нулевому потреблению энергии в строительной индустрии, 50 % коммерческих зданий должны будут достичь данного показателя к 2040 г., а 100 % коммерческих зданий — к 2050 г. [2].

По данным на 2018 г., Россия входит в число стран-лидеров по выбросам парниковых газов и занимает 4-е место после Китая, США и Индии.

В сентябре 2019 г. наша страна присоединилась к Парижскому соглашению по климату, а 4 ноября 2020 г. Президент РФ В. В. Путин подписал указ № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов», основной целью которого является уменьшение количества парниковых газов к 2030 г. до 70 % по сравнению с уровнем выбросов в 1990 г.<sup>1</sup>

С экологической и энергетической точки зрения выбросы CO<sub>2</sub> должны сокращаться за счет снижения энергопотребления, изоляции ограждающих конструкций здания, использования возобновляемых источников энергии, увеличения зеленых насаждений в городском пространстве [3], улучшения качества воздуха [4]. Особенно важным становится анализ экологического воздействия при оценке жизненного цикла материалов и зданий.

*Оценка жизненного цикла (ОЖЦ)* — это метод изучения воздействия материала на окружающую среду от добычи, производства, строительства, использования, обработки отходов и окончания срока службы продукта [5].

*Цель метода* — оценить спектр экологического воздействия путем количественного анализа всех исходных данных. ОЖЦ материалов следует сравнивать на уровне здания, а не отдельных элементов, так как разные материалы в процессе эксплуатации могут потребовать больших затрат на уход или меньший срок годности по сравнению с другими материалами [6].

<sup>1</sup> Годовой отчет научно-исследовательского института устойчивого развития в строительстве 2020. СПб. : НИИУРС, 2020. 68 с.

ОЖЦ здания является одним из наиболее важных способов оценки воздействия здания на окружающую среду на разных этапах его жизненного цикла, включая подбор материалов, управление строительными отходами, разработку и контроль строительства, эксплуатацию и утилизацию.

*Объектом исследования* являются особенности ОЖЦ, российские экологические нормативы и критерии российских и зарубежных экостандартов.

*Предметом исследования* становится ОЖЦ с учетом требований систем экологической сертификации зданий.

*Цель исследования* заключается в определении важности оценки жизненного цикла материалов в российских экологических стандартах<sup>2</sup> для зданий.

В рамках изучаемой темы были определены следующие *задачи*:

- изучить особенности ОЖЦ материалов и зданий;
- проанализировать российские нормативы по экологическому строительству;
- сравнить количество требований по использованию материалов и ОЖЦ в зарубежных и российских рейтинговых систем;
- предложить направления по усовершенствованию формирующихся российских экологических стандартов в строительстве.

*Методика исследования.* В процессе исследования для анализа особенностей оценки жизненного цикла материалов и зданий используется аналитический метод. Производится систематизация изученного материала с выделением ключевых вопросов и направлений. Математический метод применяется для процентного соотношения количества экологических нормативов и требований «зеленых» стандартов.

#### **Основная часть**

*История развития.* В развитых странах системы экологической сертификации, модели оценки и анализа стоимости жизненного цикла в строительстве — LCC, LCI, LCA, LCCA, LCRA, PFI, DBFM — формировались на протяжении длительного исторического периода, более 20 лет [7] (рис. 1).

В табличной форме рассмотрим историю введения методов LCA tool в зарубежных государствах (табл. 1).

Считается, что первое исследование LCA было проведено в 1969 г. среднезападным научно-исследовательским институтом в США для компании Coca-Cola с целью анализа упаковки бутылок [8].

Оценка стоимости жизненного цикла (LCC) впервые была проведена Министерством обороны США в 1960 г. для закупки военной техники как дорогостоящего товара [9].

Первый международный стандарт ISO 15686-5 был опубликован в 2008 г. и был посвящен зданиям и сооружениям, в нем LCC определялся как инструмент, позволяющий проводить сравнительную оценку затрат (с точки зрения первоначальных затрат и будущих эксплуатационных затрат) в течение определенного периода времени.

---

<sup>2</sup> Экологический стандарт — это документ для экологической оценки зданий, внедрения экологических решений и «зеленых» технологий, включающий такие аспекты, как прилегающая территория, водоэффективность, энергосбережение, материалы и отходы, микроклимат и социальное благополучие, с присуждением соответствующего рейтинга объекту сертифицирования в зависимости от набранных баллов.

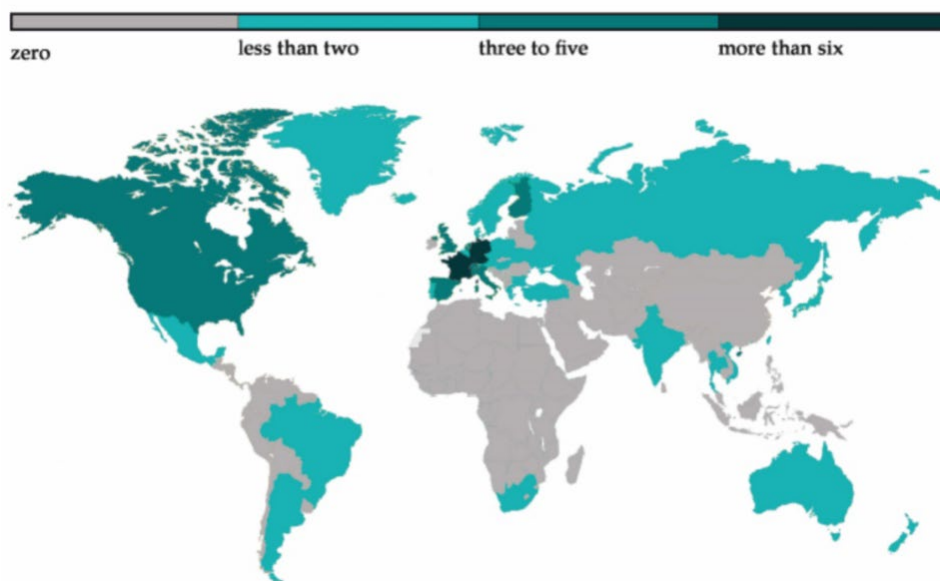


Рис. 1. Количество рейтинговых систем оценки воздействия зданий на окружающую среду к 2019 г. [5]

Таблица 1

*История введения методов LCA tool в зарубежных странах*

Страна	Экологический стандарт	Организация	Год введения	Версия
США	—	Министерство обороны США	1960	LCC
США	—	—	1969	LCA
Нидерланды	SIMAPRO	Pre Consultants	1990	LCA
Германия	GABI	IKP University of Stuttgart, PE Product Engineering GmbH	1990	LCA
Япония	NIRE-LCA	National Institute for Resource and Environment	1996	LCA
США	BEES 4.0	NIST	1998	LCA
Великобритания	Envest 2	BRE	2003	LCA
Италия	eVerdEE	ENEA	2004	LCA
Финляндия	BeCost	VTT	—	LCA
Франция	ELODIE	CSTB's Environment division	2006	LCA
Швейцария	Eco-Bat	University of Applied Science of Western Switzerland	2008	LCA
Канада	Environmental Impact Estimator	ATHENA Sustainable Material	2008	LCA

Чтобы сделать результаты LCA более значимыми по различным видам воздействия на окружающую среду, их следует контекстуализировать. В LCA такая контекстуализация называется нормализацией<sup>3</sup>. Исторически сложилось так, что наборы нормализации обычно основывались на общих уровнях выбросов для страны, региона, временного периода и населения.

Одним из ключевых преимуществ LCA является его многокритериальный характер, что позволяет одновременно учитывать риски и возможности по ряду актуальных проблем. На сегодняшний день LCA в основном используется для измерения и повышения ресурсной и экологической эффективности взаимосвязанных систем промышленного производства.

Согласно приведенному графику (рис. 2), изначально происходила корреляция «графической кривой» по принятию экологических стандартов в строительстве и метода LCA tool.



Рис. 2. График возникновения LCA tool и экологических стандартов в строительстве

Активное внедрение LCA tool началось с 1990 г., более равномерное использование происходило в 1995 г., после 2008 г. показатели несколько снизились.

Сравнительным анализом методов экологической оценки занимались многие исследователи. В 2018 г. шведскими учеными оценивались характеристики BREEAM, LEED, Miljöbyggnad и Green Buildings относительно воздействия на человека и окружающей среды путем интеграции анализа жизненного цикла [10].

В 2021 г. рассматривались LCA и «зеленые» стандарты как два подхода, используемых для целостного анализа показателей [11].

Сегодня в зарубежных странах принят ряд документов относительно устойчивого развития и оценки экологических показателей (EN 15804; EN 15978; EN ISO 14044; ISO 15392; ISO 15686-1; ISO 15686-2; ISO 15686-7; ISO 15686-8 и др.). При использовании LCA необходимо соблюдать международные стандарты серии ISO 14 040, касающиеся количественных методов оценки на всех этапах [5].

<sup>3</sup> Нормализация — это расчет относительной важности различных результатов LCA в справочном контексте.

Начальным этапом в расчете стоимости жизненного цикла в отечественной практике стал 2012 г. В этот период вышел национальный стандарт по ОЖЦ в технике [12]. Анализ данного документа показал соответствие его содержания международному стандарту IEC 60300-3-3 (2004) [13].

Важно отметить разработку ученого В. С. Казейкина по утверждению первой отечественной официальной методики расчета стоимости жизненного цикла жилых зданий [14].

В 2013 г. в кандидатской диссертации были рассмотрены вопросы «зеленой» сертификации в России с использованием новой эколого-экономической модели жизненного цикла зданий [15].

**Особенности методов экологической оценки.** Для ОЖЦ зданий используются два основных подхода — это оценка жизненного цикла элементов здания (LCA) и жизненный цикл энергии моделирования (LCEM), т. е. потребление энергии во время эксплуатации и определенного этапа использования, в некоторых экологических стандартах эти подходы комбинируются [16, 17].

Границы LCA здания могут быть трех типов: «от колыбели до колыбели», «от колыбели до ворот» и «от ворот до ворот».

Подход от «колыбели до ворот» — это оценка частичного жизненного цикла продукта, начиная с добычи ресурсов до ворот фабрики, прежде чем товар будет доставлен потребителю. Обычно используется как основа для экологической декларации продукции (EPD)<sup>4</sup>.

Подход «от ворот к воротам» — это частичный анализ, который рассматривает только один процесс во всей производственной цепочке. Информация о каждом модуле «от ворот к воротам» может быть связана, включая информацию о добыче сырья, транспортировке, утилизации и повторном использовании, чтобы обеспечить полную оценку.

Подход «От колыбели до колыбели» начинается с этапа подготовки к использованию, включая приобретение сырья, производство, транспортировку, и заканчивается на этапе эксплуатации, включая снос, утилизацию, захоронение и повторное применение [18].

Если в системах экологической сертификации в строительстве в основном производится балльная оценка по контрольному списку критериев, то в методе LCA анализ основывается на численных показателях с помощью специальных программных продуктов [19].

Результаты оценки зависят от типа LCA, есть три основных типа:

- расчет на основе входных и выходных потоков (IO-LCA);
- расчет на основе процессов (process-LCA);
- комбинированный тип.

Существует комплексная модель оценки жизненного цикла — FELICITA, которая объединяет оценку жизненного цикла (LCA), калькуляцию затрат жизненного цикла (LCC) и социальную модель (SLCA) [20].

Есть методы, называемые интегрированными моделями экономики и окружающей среды (EEIM), основанные на взаимосвязи инструментов формализованного экономического моделирования (IO, PE, CGE, ABM, SD models, FP, LCA, MFA).

<sup>4</sup> Декларация продукции (EPD) включает в себя документацию на продукт, его жизненный цикл, экологический след, а также результаты оценки выбросов.

При оценке устойчивости часто используются различные индикаторы, которые измеряются и сообщаются в единицах, относящихся к конкретной метрике [21]. К примеру, испанская интегрированная модель оценки устойчивости (MIVES) основана на концепции функциональной ценности [22].

Возросшая популярность информационного моделирования в строительстве экологически чистых «зеленых» зданий привела к появлению методов оценки, построенных с использованием функций BIM-моделирования, обеспечивающего высокоэффективное управление строительными материалами путем ввода данных и оценки влияния их на окружающую среду [23, 24].

**Анализ количества российских экологических нормативов и «зеленых» стандартов в строительстве.** Проведем математический анализ российского экологического законодательства<sup>5</sup> и выделим долю нормативов по использованию строительных материалов и оценки жизненного цикла продукта.

Для выявления процентного соотношения документов предложено деление законодательной базы РФ в области экологии и энергосбережения в соответствии с основными аспектами, рассматриваемыми в экологических стандартах (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

*Анализ законодательной базы РФ по экологическому строительству*

Аспекты экологического строительства	Форма документов	Период введения	Количество документов, %
1. Охрана природных ресурсов	Законы РФ, ФЗ, приказы, указы, постановления, СНиПы, СанПиНы, ГОСТы, ГОСТ Р ИСО, СП, П, ВСН, Р, ЭПП, ГН, МУ	1950—2021 гг.	31,0
2. Прилегающая территория			5,9
3. Водоэффективность			3,3
4. Энергосбережение			17,7
5. Материалы и ОЖЦ			4,8
6. Отходы			4,5
7. Микроклимат			24,0
8. Планировочные решения			8,8

Определено, что в РФ значительная часть эконоормативов посвящена составу, классификации и особенностям использования материалов без учета экологичности и оценки их жизненного цикла. Количество документов по использованию материалов в строительстве относительно других нормативов составляет всего лишь 4,8 %.

В нашей стране ключевым этапом развития ОЖЦ стало введение ФЗ № 44-ФЗ, который активизировал применение данной методологии. ГОСТ Р ИСО 14044-2007 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла» идентичен международному стандарту ISO 14044:2006.

В ГОСТ Р 57274.2-2016/EN 15643-2:2011 «Устойчивое развитие в строительстве. Часть 2. Принципы оценки экологических показателей» выделены «Типы данных и их отнесение к жизненному циклу строительного объекта». Данный

<sup>5</sup> К экологическому законодательству автор относит нормы по охране природных ресурсов, документы в области экологического права и строительного законодательства.

документ является одной из частей серии европейских стандартов EN15443 и устанавливает конкретные требования для оценки экологических показателей.

Особенно важно учитывать «устойчивую цепочку» поставок материалов, когда происходит управление экологическим, социальным и экономическим воздействием на окружающую среду. Методологической опорой в нашей стране могут стать ГОСТ Р ИСО 14052-2017 «Экологический менеджмент. Учет затрат на материальные потоки. Рекомендации по практическому применению в рамках цепочки поставок материалов», ГОСТ Р ИСО 28002-2019 «Система менеджмента безопасности цепи поставок. Устойчивость цепи поставок».

Выделим требования по использованию экоматериалов и расчету их жизненного цикла в международных (BREEAM, LEED, DGNB) и российских («Зеленый стандарт», GREEN ZOOM, ПНСТ 352-2019) стандартах (табл. 3).

Для выявления процентного содержания критериев по определенному разделу экооценки используем следующую формулу:

$$A^n = \frac{100\%}{n} \varepsilon^n, \quad (1)$$

где  $A^n$  — число критериев, %, относящихся к использованию экологических материалов и ОЖЦ;  $n$  — общее количество требований стандарта;  $\varepsilon^n$  — емкость стандарта по выделенному аспекту.

Таблица 3

*Требования международных и российских экологических стандартов*

Название экостандарта	Раздел и требование системы
<i>Международные экологические стандарты</i>	
BREEAM. Международное новое строительство — 2016, Великобритания	Раздел «Управление»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• планирование стоимости жизненного цикла и срока службы.</li> </ul> Раздел «Материалы»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• отслеживание жизненного цикла;</li> <li>• устойчивый ландшафт и охрана границ;</li> <li>• достоверный источник добычи и производства материалов;</li> <li>• эффективная изоляция;</li> <li>• устойчивое проектирование;</li> <li>• эффективные материалы</li> </ul>
Количество требований — 9,1 %	
LEED v4 для проектирования и строительства — 2018, США	Раздел «Материалы и ресурсы»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• повторное использование здания — поддержание существующих стен, полов и крыши;</li> <li>• повторное использование здания — поддержание внутренних неструктурных элементов;</li> <li>• снижение воздействия на жизненный цикл здания;</li> <li>• создание и раскрытие информации о продуктах — декларации об окружающей среде;</li> <li>• повторное использование материалов;</li> <li>• вторичные ресурсы;</li> </ul>

Название экостандарта	Раздел и требование системы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• региональные материалы;</li> <li>• быстро возобновляемые материалы;</li> <li>• сертифицированная древесина;</li> <li>• создание информации о продукте и его оптимизация — поиск сырья;</li> </ul> создание и раскрытие информации о продуктах — отчетность по ингредиентам материалов
Количество требований	— 10,8 %
DGNB стандарт — 2018, Германия	Раздел «Экологическое качество»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• потенциал глобального потепления;</li> <li>• потенциал истощения озонового слоя;</li> <li>• фотохимические возможности создания озона;</li> <li>• потенциальные подкисления;</li> <li>• потенциальные эвтрофикации;</li> <li>• потребности в невозобновляемой первичной энергии;</li> <li>• общая потребность в первичной энергии и доля возобновляемой энергии.</li> </ul> Раздел «Экономическое качество»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• стоимость строительства, связанная с жизненным циклом;</li> <li>• значение стабильности</li> </ul>
Количество требований	— 12,2 %
<i>Российские экологические стандарты</i>	
«Зеленый стандарт» — 2017	Раздел «Материалы и ресурсы»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• для реконструируемых зданий: сохранение и использование 75 % и более существующих стен, полов и крыши здания;</li> <li>• для реконструируемых зданий: сохранение и использование 50 % и более внутренних неструктурных элементов здания (внутренние стены, двери, напольное покрытие, потолочные системы);</li> <li>• повторное использование материалов;</li> <li>• использование материалов вторичной переработки на основе отходов потребления и отходов производства;</li> <li>• использование материалов, добываемых, перерабатываемых и производимых в данном регионе;</li> <li>• использование быстро возобновляемых строительных материалов из растительного сырья;</li> <li>• использование сертифицированной древесины</li> </ul>
Количество требований	— 12,6 %
GREEN ZOOM «Новое строительство» — 2019	Раздел «Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• безопасность строительных материалов для человека;</li> <li>• использование материалов с переработанной составляющей;</li> <li>• использование экологически безопасных материалов;</li> <li>• использование материалов из сертифицированной древесины;</li> <li>• локальные строительные материалы.</li> </ul> Раздел «Экология внутренней среды здания»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• LCA анализ</li> </ul>



Название экостандарта	Раздел и требование системы
Количество требований — 12,7 %	
ПНСТ 352-2019 «„Зеленые“ стандарты „Зеленые“ технологии среды жизнедеятельности»	Раздел «Управление средой жизнедеятельности»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• признание и поощрение использования расчета стоимости жизненного цикла и планирования срока службы технологии среды жизнедеятельности, а также обмена данными для повышения осведомленности и понимания.</li> <li>• Раздел «Энергоэффективность среды жизнедеятельности»:</li> <li>• демонстрация значительного сокращения потребности в энергии на всех этапах жизненного цикла «зеленой» технологии среды жизнедеятельности.</li> </ul> Раздел «Материалы среды жизнедеятельности»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• сокращение воздействия жизненного цикла технологии среды жизнедеятельности на окружающую среду посредством оценки основных ее элементов;</li> <li>• поставка материалов в соответствии с экоустойчивым планом закупок;</li> <li>• выбор способа поставки основных материалов с целью снижения экологических и социально-экономических последствий;</li> <li>• применение в технологии среды жизнедеятельности мер по сокращению последствий, связанных с повреждением и износом материалов;</li> <li>• применение надлежащих проектных и технических мер для соответствующих элементов зданий с целью ограничения снижения качества материалов в результате воздействия факторов окружающей среды;</li> <li>• определение возможности и принятие мер для оптимизации использования материалов</li> </ul>
Количество требований — 9,1%	

*Примечания:*

1. Используется авторский перевод критериев зарубежных экостандартов.
2. Количество критериев подсчитано без учета оценочных баллов и коэффициентов.

**Результаты проведенного анализа.** Все рейтинговые системы, рассмотренные в табл. 3, включают LCA в системы экологической оценки. При комплексном анализе критериев установлено примерно *равное количество оценочных категорий по использованию экологических материалов в международных и российских стандартах (6,2...12,7 %)*.

Требования BREEAM охватывают все стадии жизненного цикла продукта и наглядно отображают воздействие производства материала на окружающую среду для производителей, застройщиков и владельцев зданий.

Преимуществом документа можно считать критерий по экологической ответственности поставщиков, требующий внедрения систем экологического менеджмента и управления воздействием на окружающую среду. В последней версии BREEAM «Для новых нежилых полностью оборудованных зданий» при ОЖЦ здания начисляется до 6 баллов, что составляет 5,9 % от всех кредитов.

Требования LEED рассматривают весь жизненный цикл продукта, но не предусматривают единого инструмента оценки, из-за чего нет возможности определить суммарное воздействие всего жизненного цикла. Обновленный LEED «Для проектирования и строительства новых зданий», запущенный в ноябре 2013 г., дает до 5 баллов за сокращение воздействия ОЖЦ здания, что составляет 4,5 % от всех кредитов.

Из всех проанализированных рейтинговых систем DGNB имеет наиболее подробное описание и спецификации для ОЖЦ. Стандарт включает в себя полный жизненный цикл здания, от закупки сырья до демонтажа и размещения отходов. DGNB применяет базы данных экологических материалов ESUCO<sup>6</sup> для всех проектов. Используется методология рейтинга, когда результаты LCA сопоставляются с целевыми и справочными значениями на основе ранее сертифицированных зданий различных типов.

В российских нормативах не уделяется внимания способам добычи и цепочке поставщиков строительной продукции, нет установленных механизмов оценки всех стадий жизненного цикла, подкрепленных законодательными актами. Также сказывается отсутствие сформированных баз данных по региональным экологическим материалам.

Анализ требований российских «зеленых» стандартов показал, что:

- системы экооценки включают мероприятия по отдельным аспектам экологических материалов, их воздействия на окружающую среду по всем этапам жизненного цикла, но значимость выбора и удельный вес критериев по предусмотренной сумме баллов является явно недостаточным;
- критерии по выбору экоматериалов отличаются непроработанностью по сравнению с зарубежными аналогами;
- недостаточное внимание уделяется характеристикам продукта на всех этапах его жизненного цикла.

### **Выводы**

1. В процессе научного исследования на основе анализа зарубежного и отечественного опыта выделены особенности оценки жизненного цикла материалов и зданий. Определена необходимость *нового экологического подхода в проектировании зданий* с возможностью увеличения срока использования объекта за счет смены функции со временем. Изначально при проектировании следует применять «дизайн для деконструкции» с облегченной разборкой сборных изделий после окончания срока их службы. В дальнейшем разобранные элементы подойдут как для повторного использования, так и для переработки, за счет чего сокращается эмиссия парниковых газов.

2. В процессе математического анализа российских нормативов по экологическому строительству выделено процентное соотношение документов по использованию материалов и оценки их жизненного цикла ( $\approx 4,8\%$  по отношению к общему количеству эконормативов). Данный показатель явно недостаточный, что требует доработки российского законодательства в строительстве.

---

<sup>6</sup> ESUCO — европейские базы данных устойчивого строительства (Transports, Stones + Elements, Metals, Plastics, Painting, Heating, Cooling, Sealing, Energy и др.) содержат информацию по технологиям производства материалов, данные на ресурсы, энергетику и предварительные продукты, данные для отопления, охлаждения, электричества и других услуг.

Следует производить выявление и адаптацию лучших зарубежных практик по применению ОЖЦ ко всем стадиям строительства.

3. Сравнительный анализ и систематизация количества требований по использованию материалов и оценки их жизненного цикла в зарубежных и российских экостандартах показали важность данного экологического аспекта. В алгоритмы экологической оценки всех изученных стандартов включены методы LCA. Количество критериев по использованию экологичных материалов в зарубежных и российских системах экооценки примерно равно ( $\approx 6...13\%$ ). Необходимы дальнейшие исследования структуры процесса ОЖЦ в российских системах сертификации, более полный обзор воздействия зданий на окружающую среду с созданием деклараций продукции и национальных баз данных по экологичным и региональным материалам.

4. На основе проведенного автором анализа предложены направления по совершенствованию формирующихся российских экологических стандартов в строительстве, что требует *изменения в структуре их требований*:

- пересмотр списка и удельного веса экологических показателей, по которым оценивается воздействие на окружающую среду при производстве материалов;
- критическое рассмотрение методики расчетов и повышения точности оценки жизненного цикла продукта;
- оценка полного жизненного цикла здания от закупки сырья до демонтажа и размещения отходов;
- в критериях разделение границ LCA здания для трех типов: «от колыбели до колыбели», «от колыбели до ворот» и «от ворот до ворот»;
- возможное разделение подходов для оценки жизненного цикла здания и жизненного цикла энергии моделирования;
- использование при сертификации комплексной модели оценки жизненного цикла, объединяющей оценку жизненного цикла (LCA), калькуляцию затрат жизненного цикла (LCC) и социальную модель (SLCA);
- разработка специальных программных продуктов для оценки LCA, адаптированных к российским условиям;
- внедрение методов оценки с использованием функций BIM-моделирования, обеспечивающего высокоэффективное управление строительными материалами путем ввода данных и оценки влияния на природу;
- внедрение практики составления предприятиями строительной отрасли деклараций, подтверждающих экологичность продукции на всех стадиях жизненного цикла с последующим статистическим сравнением с другими материалами по степени воздействия на окружающую среду.

Сегодня ОЖЦ — это мощный инструмент, помогающий строить более экологичные, экономичные, комфортные здания и улучшать уже существующие строения. В российских городах *повышение экологичности объектов сертифицирования* должно происходить за счет применения новых архитектурно-технологических решений, снижающих выбросы CO<sub>2</sub> на всех этапах жизненного цикла объекта недвижимости.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vilches A., Martinez A. G., Montanes B. S. Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: A literature review // Energy and Buildings. 2017. No. 135. Pp. 286—301.

2. Pless S., Paul P., Torcellini P. Getting to net zero // ASHRAE Journal. 2009. No. 51. P. 18.
3. Анопин В. Н., Махова С. И., Степанова Е. А., Махов И. Д. Экологический подход к выполнению зеленого строительства в условиях Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 4(85). С. 220—229.
4. Глинянова И. Ю., Фомичев В. Т., Асанова Н. В. Оценка токсичности атмосферного воздуха в обеспечении экологической безопасности населенных пунктов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 1(82). С. 184—199.
5. Bernardi E., Carlucci S., Cornaro C., Bohne R. A. An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings // Sustainability. 2017. No. 9. P. 1226. DOI: 10.3390/su9071226.
6. Recent developments in Life Cycle Assessment / G. Finnvedern, M. Z. Hauschild, T. Ekvall, J. Guinée, R. Heijungs, S. Hellweg, A. Koehler, D. Pennington, S. Suh // J. Environ. Manag. 2009. No. 91. Pp. 1—21.
7. Баронин С. А., Янков А. Г. Контракты жизненного цикла недвижимости как инновационный механизм развития энергоэффективного жилищного строительства // Индустриально-инновационное и конкурентное развитие экономики РК в ходе реализации Стратегии «Казахстан-2050»: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Астана, 2014. С. 48—53.
8. Bauman H., Tillman A. M. The Hitch Hiker's Guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and applications. 1<sup>st</sup> ed. Studentlitteratur AB : Lund. Sweden, 2004.
9. Environmental life cycle assessment / O. Jolliet, M. Saade-Sbeih, S. Shaked, A. Jolliet, P. Crettaz. 1<sup>st</sup> ed. CRC Press : Boca Raton. FL. USA, 2016.
10. Turk S., Quintana S. N. S. A., Zhang X. Life-cycle analysis as an indicator for impact assessment in sustainable building certification systems: the case of Swedish building market // Energy Procedia. 2018. No. 153. Pp. 414—419. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.025>.
11. Sartori Th., Drogemuller R., Omrani S., Lamari F. A schematic framework for Life Cycle Assessment (LCA) and Green Building Rating System (GBRS) // Journal of Building Engineering. 2021. No. 38. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102180>.
12. Осташко В. Я. Управления жизненным циклом предприятий инвестиционно-строительного комплекса: теория и практика : моногр. М. : Изд-во АСВ, 2003. 285 с.
13. Кондратьевские волны. Аспекты и перспективы : ежегодник. Волгоград : Учитель, 2012. 382 с.
14. Стоимость владения жилой недвижимостью по совокупным затратам в жизненных циклах воспроизводства как основа управления энергоэффективностью / В. С. Казейкин, С. А. Баронин, А. В. Белый и др. Астана : ПРООН, 2015. 212 с.
15. Бенуж А. А. Эколого-экономическая модель жизненного цикла здания на основе концепции «зеленого» строительства : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.19. М., 2013. 25 с.
16. Life cycle energy performances of a Net Zero Energy prefabricated building in Sicily / G. Tumminia, F. Guarino, S. Longo, M. Mistretta, M. Cellura, D. Aloisio, V. Antonucci // Energy Procedia. 2017. No. 140. Pp. 486—494.
17. Crawley D., Aho I. Building environmental assessment methods applications and development trends // Build. Res. Inf. 1999. No. 27. Pp. 300—308.
18. Ortiz O., Castells F., Sonnemann G. Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA // Constr. Build. Mater. 2009. No. 23. Pp. 28—39.
19. López C. D., Carpio M., Martín-Morales M., Zamorano M. A comparative analysis of sustainable building assessment methods // Sustainable Cities and Society. 2019. No. 49. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101611>.
20. Kouloumpis V., Azapagic A. Integrated life cycle sustainability assessment using fuzzy inference: a novel FELICITA model // Sustainable Production and Consumption. 2018. No. 15. Pp. 25—34. URL: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.03.002>.
21. Pollesch N. L., Dale V. H. Normalization in sustainability assessment: methods and implications // Ecological Economics. 2016. No. 130. Pp. 195—208. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.018>.
22. Pons O., Fuente A., Aguado A. The use of MIVES as a sustainability assessment MCDM method for architecture and civil engineering applications // Sustainability. 2016. No. 8. P. 460. DOI: 10.3390/su8050460.
23. Lee S., Tae S., Roh S., Kim T. Green template for life cycle assessment of buildings based on building information modeling: focus on embodied environmental impact // Sustainability. 2015. No. 7. Pp. 16498—16512. DOI: 10.3390/su71215830.

24. *Marini A., Passoni C., Belleri A.* Life cycle perspective in RC building integrated renovation // *Structural Integrity Procedia*. 2018. No. 11. Pp. 28—35.

© *Сухина Е. А., 2022*

*Поступила в редакцию  
в январе 2022 г.*

*Ссылка для цитирования:*

*Сухина Е. А.* Важность оценки жизненного цикла материалов в российских экологических стандартах для зданий // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2022. Вып. 1(86). С. 230—242.

*Об авторе:*

**Сухина Елена Александровна** — канд. архитектуры, доц., доц. каф. архитектуры, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина. Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77; arx-art-lena@yandex.ru

***Elena A. Sukhinina***

***Yuri Gagarin State Technical University of Saratov***

## **THE IMPORTANCE OF MATERIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT IN RUSSIAN ENVIRONMENTAL STANDARDS FOR BUILDINGS**

The need to pay more attention to the selection of sustainable materials for buildings, taking into account all stages of their life cycle considered. In the course of the research, analytical, comparative and mathematical methods of analysis used. A description of the total number of Russian environmental standards with the allocation of a share for building materials is given. The criteria of foreign and Russian environmental standards analyzed. The directions for increasing the criteria for assessing the life cycle of materials and buildings in Russian rating systems proposed.

**К е y w o r d s:** environmental materials, green standards, environmental regulations, life cycle assessment, sustainability, criteria, activities, building.

*For citation:*

Sukhinina E. A. [The importance of material life cycle assessment in Russian environmental standards for buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 1, pp. 230—242.

*About author:*

**Elena A. Sukhinina** — Candidate of Architecture, Docent, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov. 77, Politechnicheskaya st., Saratov, 410054, Russian Federation; arx-art-lena@yandex.ru