

Графкина М.В., д-р техн. наук, проф.,
Свиридова Е.Ю., канд. техн. наук
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
Сдобнякова Е.Е., канд. экон. наук
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

evg_sviridova@mail.ru

Основными методами оценки экологической безопасности строительных материалов в настоящее время в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов является обязательная оценка по показателям естественной активности радионуклидов, показателям пожарной опасности и санитарной безопасности. Эти методы не обеспечивают в полной мере повышение общей экологической эффективности на протяжении жизненного цикла материалов. В статье приведены новые научно-практические подходы к оценке экологических показателей строительных материалов. Представлены методы и критерии оценки экологических строительных материалов с учетом жизненного цикла и важности их экологических аспектов для природно-технических систем. Авторами предлагается также комплексный показатель негативного воздействия на окружающую среду с учетом жизненного цикла. Практическое применение предложенных подходов будет способствовать повышению экологической безопасности зданий и сооружений, что может стать одним из основных факторов обеспечения устойчивого развития территории и стимулирования увеличения объемов «зеленого» строительства.

Ключевые слова: экологическая безопасность, строительные материалы, урбанизированные территории, экологические показатели, экологический аспект, жизненный цикл материалов, «зеленые» технологии.

Введение. Экологическая ситуация в Российской Федерации характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду и значительными экологическими последствиями экономической деятельности. Поэтому для достижения стратегической цели государственной политики в области экологического развития является решение ряда наиболее важных задач, обеспечивающих сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, среди которых:

- совершенствование процедуры и методологии оценки воздействия на окружающую среду;
- формирование рынка экологичной продукции и поэтапное внедрение системы декларирования соблюдения экологических требований;
- стимулирование проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области охраны окружающей среды, ресурсосбережения и обеспечения экологической безопасности и др. [1].

В научных экологических исследованиях уделяется много внимания изучению вопросов доступности природных ресурсов и оценке воздействия на окружающую среду различных материалов, исследованию данных, характеризующих выбросы в атмосферу, потребление вод-

ных и энергетических ресурсов при производстве и рециклировании материалов [2–4].

Все это в полной мере подтверждает актуальность дальнейших исследований экологической безопасности строительных материалов и изменению подходов к ее оценке.

Методология. Основными методами оценки экологической безопасности строительных материалов в настоящее время в соответствии с ГОСТами, ТУ и проектом технического регламента Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС) «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» (ТР 201/00/ЕврАзЭС) является обязательная оценка по показателям естественной активности радионуклидов, показателям пожарной опасности и санитарной безопасности. Однако такой подход не в полной мере обеспечивает требования к созданию более экологичной продукции (материалов) и рациональному использованию природных ресурсов, а также не учитывают экологическую безопасность материалов в полном жизненном цикле и важность экологических аспектов взаимодействия материалов с различными природно-техническими системами.

Авторы на протяжении длительного времени проводят исследования по оценке экологической безопасности технических систем в жизненном цикле, в том числе конструкционных материалов. На основании этих исследований предлагаются новые подходы

к оценке экологических показателей строительных материалов с учетом полного жизненного цикла и значимости экологического аспекта для природно-технической системы (ПТС). Это также будет способствовать повышению экологической безопасности зданий и сооружений, что является весьма актуальным в свете современных тенденций «зеленого» строительства.

Новый стиль «зеленого» строительства, экологического проектирования требует иных подходов и повышения экологичности строительных материалов в жизненном цикле, т.к. в основе создания любой технической системы, в том числе и строительной, лежит структурный синтез и выбор материалов. В настоящее время при выборе материалов специалисты, прежде всего, ориентированы на их физические, эксплуатационные и технологические характеристики и стоимость, которые определяют качество и технологичность проектируемого объекта, и окончательную себестоимость объектов. Исследование экологических показателей жизненного цикла строительных материалов анализ и оценка их имплицитивных связей с экологическими показателями природной среды и урбанизированных территорий, выбор материалов с лучшими экологическими показателями делает возможным минимизировать негативные воздействия, сохранить продуктивную природную среду.

Экологические показатели строительных материалов с учетом жизненного цикла могут быть как комплексными, так и частными в зависимости от значимости экологического аспекта, например:

- период истощения материальных ресурсов;
- географическое распространение материалов;
- степень энергоемкости добычи и переработки основных пород для получения материалов;
- уровень вредных выбросов, сбросов и отходов, а также потребления ресурсов (воды, энергии и др.) при добыче, обработке производстве материалов;
- сравнительные характеристики экологического техногенного воздействия на окружающую среду в жизненном цикле различных материалов;
- степень нарушенности природных ландшафтов при добыче сырья и материалов и др.

В литературе представлены экологические показатели некоторых материалов (период истощения материалов, в таблице 1, коэффициент, характеризующий мировой объем рециклированных материалов таблица 2 [2].

Таблица 1

Период истощения материалов

Материал	Период, лет
Медь	35
Свинец	20
Цинк	19

Таблица 2

Коэффициент, характеризующий мировой объем рециклированных материалов

Материал	Коэффициент рециклирования материалов, %
Алюминий	28
Медь	38
Сталь	64
Олово	13
Цинк	28

Эти исследования необходимо продолжить в части расширения перечня материалов.

Авторами разработаны новые экологические показатели строительных материалов в жизненном цикле, которые можно применять в зависимости от значимости экологического аспекта для конкретной природно-технической системы. Например, если природно-техническая система сориентирована на добычу сырья или материалов, то предлагается показатель, по которому можно оценить нарушенность природных ландшафтов при добыче материалов.

Если при дальнейшей добыче материалов возможен переход площади S_d , отведенной под разработку ресурсов из категории природных ландшафтов – площадь S_n в категорию природно-технической системы, то площадь уже существующей природно-технической системы – $S_{ПТС}$, перейдет в состояние $(S_{ПТС} + S_d)$.

При этом дальнейшее устойчивое равновесное состояние ПТС будет зависеть от соотношения, взаимосвязи и взаимовлияния ненарушенных природных систем и ПТС, и стремиться нужно к сохранению естественных ландшафтов.

В таблице 2 представлены система и критерии оценки состояния ПТС в зависимости от конфигурации принимаемого решения и соотношения площадей $(S_{ПТС} + S_d)$ и S_n .

В данной таблице K_n – коэффициент площадной нарушенности ландшафтов. Адаптируя решение, предложенное в [5], где:

$$K_n = S_n / S, \quad (1)$$

где S_n – площадь нарушенности, на уровне используемого масштаба, m^2 ; S – общая площадь естественного ландшафта, m^2 .

Принимаем;

$$K_n = (S_{ПТС} + S_d) / S_n, \quad (2)$$

где $(S_{ПТС} + S_{Д})$ – площадь природно-технической системой с вновь вводимой площадью добычи, на уровне используемого масштаба, m^2 ; $S_{П}$ – площадь естественного ландшафта с естественным стабильным гомеостазом, m^2 .

Следует помнить, что только при степени нарушенности ландшафта $K_{п} < 0,3$, можно про-

гнозировать, что развитие природных и природно-техногенных процессов не приведет к нарушению динамического равновесия в целом. Этот показатель предназначен для оценки экологических показателей материалов на этапе добычи.

Таблица 3

Система и критерии оценки состояния ПТС

Конфигурации решения	Оценка состояния уязвимости	Категория состояния
$S_{П}$	Естественный ландшафт с естественными стабильными взаимоотношениями (гомеостаз экосистем)	Устойчивое динамическое равновесие природной среды (природного ландшафта)
$(S_{ПТС} + S_{Д})$	1. Степень нарушенности ландшафта ($K_{п} > 0,5$) приводит к возникновению высокого уровня вероятности нарушения динамического равновесия	Состояние, при котором развитие природно-техногенных процессов приводит к нарушению динамического равновесия природной среды и способствует возникновению критических ситуаций и в эксплуатации ПТС
	2. Степень нарушенности ландшафта ($0,3 \leq K_{п} \leq 0,5$) приводит к вероятности нарушения динамического равновесия	Состояние, при котором развитие природных и природно-техногенных процессов приводит к нарушению динамического равновесия и может способствовать возникновению критических ситуаций в ее эксплуатации
	3. Степень нарушенности ландшафта ($K_{п} < 0,3$) не приводит к нарушению динамического равновесия	Состояние, при котором развитие природных и природно-техногенных процессов не приводит к нарушению динамического равновесия

Основная часть. Можно сравнить экологические показатели на этапе производства (рециклирования) материалов, причем сравнение также лучше проводить с учетом значимости экологического аспекта. Что наиболее актуально для конкретной ПТС – сбережение энергии, водных ресурсов или снижения загрязнения атмосферы.

Ниже приведены экологические показатели материалов по выбросам вредных веществ в атмосферу (рис. 1–2), по объему потребления водных ресурсов и энергии при производстве конструкционных материалов (рис. 3–4).

Авторами предлагается также комплексный показатель (приведенная масса выбросов в ат-

мосферу) негативного воздействия на окружающую среду с учетом жизненного цикла, разработаны методики определения экологических показателей материалов и расчета комплексного показателя

Проведено сравнение полученных результатов с результатами по существующей методике расчета – «Экоиндикатор-95» Нидерландского Университета г. Делфт [6]. Коэффициенты, характеризующие негативное воздействие процессов производства различных конструкционных материалов, полученные по различным методикам, приведены в таблице 4 и на рис. 5–6.

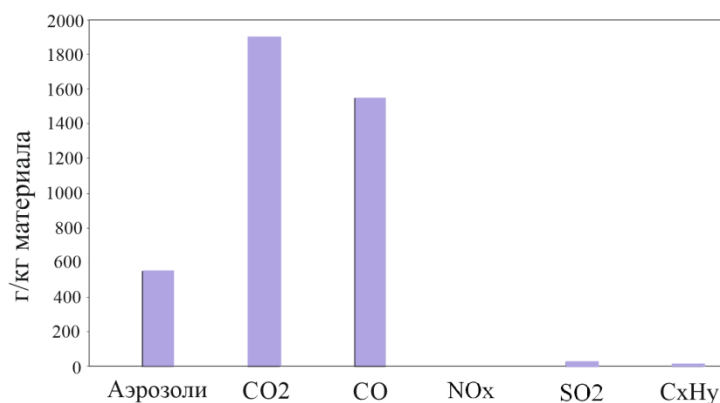


Рис. 1. Выбросы вредных веществ при производстве стали

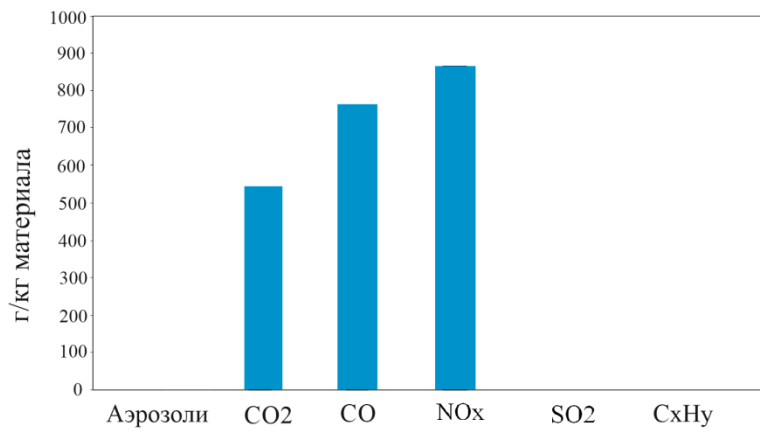


Рис. 2. Выбросы вредных веществ при рециклировании стали

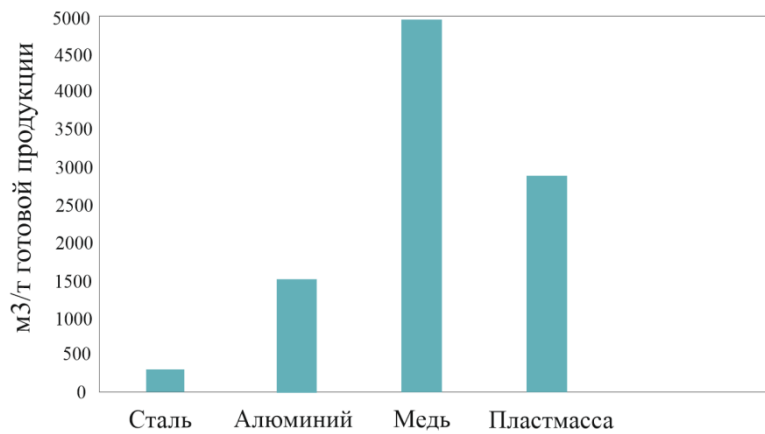


Рис. 3. Объемы водопотребления при производстве материалов

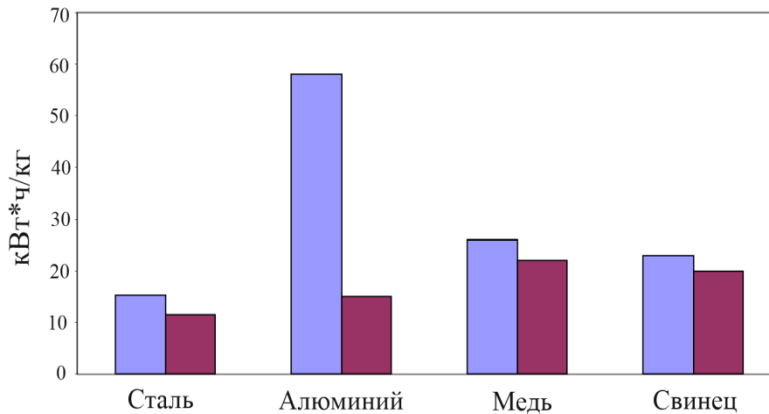


Рис.4. Энергозатраты при производстве и рециклировании материалов

Таблица 4

Показатели, характеризующие негативное воздействие процессов получения различных конструкционных материалов

Материалы	Приведенная масса выбросов, кг/кг материала (Графкина М.В.)	«Экоиндикатор- 95», балл/кг материала (данные университета г.Delft)
Алюминий	2975,84	18,1
Медь	22720,6	133
Пластмасса	1375,12	5,29
Свинец	4126,88	6,94
Сталь	998,367	4,88

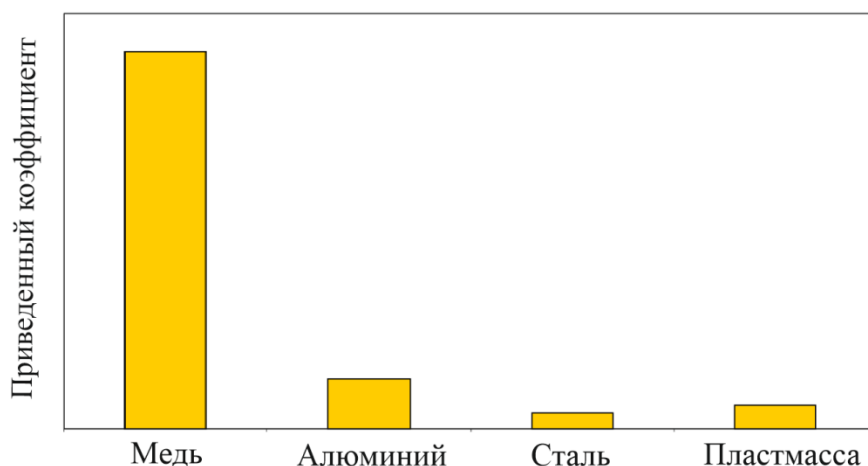


Рис. 5. Показатель приведенной массы выбросов при производстве 1 кг конструкционных материалов

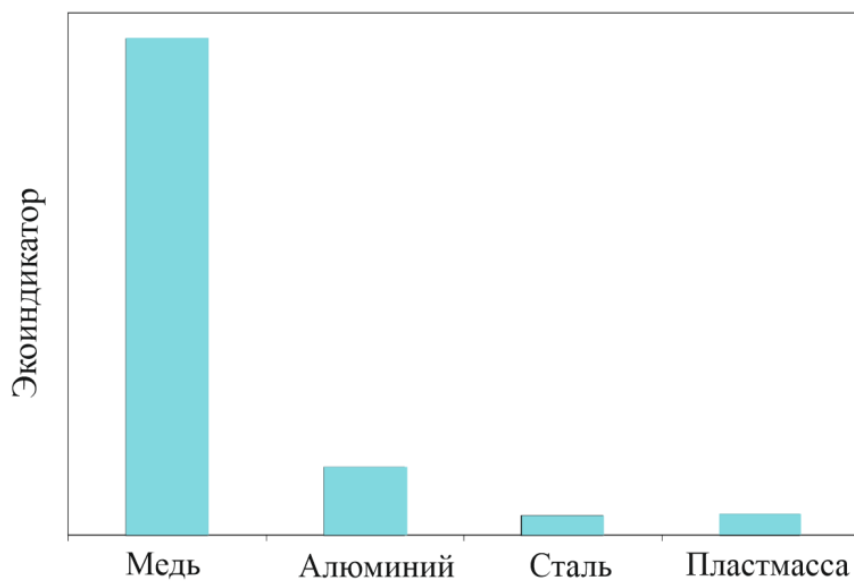


Рис. 6. «Экоиндикатор-95» при производстве 1 кг материала

Сравнение показывает, что результаты сопоставимы. Предлагаемая методика определения негативного воздействия на этапах производства и рециклирования материалов обладает следующими основными преимуществами:

- является адаптированной к российским условиям,
- позволяет значительно сократить количество коэффициентов, используемых в расчетах.

Экологические показатели строительных материалов влияют на экологические показатели зданий и сооружений. Авторами исследованы и определены показатели эффективности экранирования электромагнитных полей различными кровельными материалами [7–8].

Для проведения исследования была создана лабораторная установка на основании трансформатора ТУ 16-717.137-83 с напряжением первичной цепи 220 В и нагрузкой на вторичную цепь в 150 Вт на которой с помощью измерителя напряженности поля промышленной

частоты ПЗ-50 проводились необходимые замеры.

Результаты проведенного эксперимента по исследованию эффективности электромагнитного экранирования кровельных материалов приведены в табл. 5–6.

По итогам исследований установлено, что в порядке повышения эффективности экранирования электромагнитных полей кровельные материалы можно выстроить следующим образом: битумно-полимерный лист (рубероид), асбестоцементный лист (шифер), ондулин, металлочерепица, листовая сталь.

Выводы. Предлагаемые авторами методы оценки экологических показателей материалов соответствует современным требованиям к повышению экологической безопасности строительных материалов и рациональному использованию природных ресурсов, а также повышению общей экологической эффективности. Новые подходы учитывают влияние материалов с учетом полного жизненного цикла и значимо-

сти экологического аспекта для ПТС. Это также будет способствовать повышению экологической безопасности зданий и сооружений, что является весьма актуальным в свете современных тенденций «зеленого» строительства. Это

способствует также переходу от обязательных методов оценки к добровольным, что способствует также повышению общей экологической эффективности различных хозяйственных управленческих решений.

Таблица 5

Эффективность экранирования электрического поля промышленной частоты кровельными материалами

Материал	Напряженность электрического поля без использования экрана, кВ/м	Напряженность электрического поля при использовании экрана, кВ/м	Эффективность экранирования, дБ
Битумно-полимерный лист	4,34	3,11	2,89
Асбестоцементный лист	4,34	2,57	4,55
Ондулин	4,34	2,01	6,68
Металлочерепица	4,34	1,01	12,66
Листовая сталь	4,34	0,79	15,73

Таблица 6

Эффективность экранирования магнитного поля промышленной частоты кровельными материалами

Материал	Напряженность магнитного поля без использования экрана, А/м	Напряженность магнитного поля при использовании экрана, А/м	Эффективность экранирования, дБ
Битумно-полимерный лист	2,18	1,73	2,01
Асбестоцементный лист	2,18	1,32	4,35
Ондулин	2,18	1,11	5,86
Металлочерепица	2,18	0,49	12,96
Листовая сталь	2,18	0,45	15,30

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 года) [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70169264/#text> (дата обращения: 15.04.2016).

2. Гридел Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 527 с.

3. Пугин К.Г., Вайсман Я.И. Управление рисками негативных воздействий на объекты окружающей среды строительных материалов из отходов производства // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 73–87.

4. Логунова Ю.В., Гержберг Ю.М., Токарев В.В., Штриплинг Л.О. Исследование устойчивости органоминерального материала «Прекан» под воздействием природных факторов и оценка его влияния на окружающую среду // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2009. № 2. С. 30–33.

5. Аэрокосмическое зондирование в

системе экологической безопасности взаимодействия природы и сооружений / В.А. Грачев, В.В. Гутенев, Л.В. Десинов и др. М.: Триада ЛТД, 2006. 172 с.

6. Eco-indicator 95 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: www.pre-sustainability.com/download/EI95ManualForDesigners.pdf (дата обращения 15.04.2016).

7. Графкина М.В., Свиридова Е.Ю. Исследование электромагнитных полей линий электропередач и рекомендации по снижению их негативного воздействия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 133–135.

8. Графкина М.В., Нюнин Б.Н., Свиридова Е.Ю. Определение энергетических параметров в ближней зоне источника низкочастотного электромагнитного поля // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 132–134.

Grafkina M.V., Sviridova E.Y., Sdobnyakova E.E.**THE MECHANISM OF OCCURRENCE OF INFRASOUND FROM GROUND VEHICLES AS THE NEGATIVE ENVIRONMENTAL FACTORS**

The main methods of evaluating the environmental safety of construction materials in the present, in accordance with the requirements of regulatory documents is a mandatory assessment in terms of the natural radionuclide activity, indices of fire danger and health safety. These methods do not provide the full increase in overall environmental performance throughout the life cycle of materials. The article presents a new theoretical and practical approaches to the assessment of the environmental performance of building materials. The methods and indicators for assessing the environmental performance of building materials taking into account the life cycle and the importance of environmental issues for the natural-technical systems. The authors also proposed a comprehensive indicator of the negative impact on the environment, taking into account the life cycle. Practical application of the proposed approaches will help improve the environmental safety of buildings and structures, which may be one of the key factors for sustainable development of the territory and to stimulate increasing amounts of "green" construction.

Key words: *ecological safety, building materials, urban areas, environmental performance, environmental aspect, the life cycle of materials, «green» technology.*

Графкина Марина Владимировна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Экологическая безопасность технических систем».

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ).

Адрес: Россия, 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38.

E-mail: marinagrafkina@rambler.ru

Свиридова Евгения Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экологическая безопасность технических систем».

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ).

Адрес: Россия, 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38.

E-mail: evg_sviridova@mail.ru

Сдобнякова Елена Евгеньевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры промышленного менеджмента.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

Россия, 119049, Москва, Ленинский проспект, 4.

E-mail: sdobnyakova.l@yandex.ru