

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**Тур В.В., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н.**

Введение. В настоящее время человечество наблюдает признаки глобального изменения климата. Климатические изменения и ранее были в истории нашей планеты, однако впервые это связано с деятельностью человека, а скорость текущих изменений беспрецедентна. Хозяйственная деятельность человечества в течение последнего столетия привела к серьезному загрязнению нашей планеты разнообразными отходами производства. Углекислый газ, выделяемый при сгорании ископаемого топлива и кислорода, изменяет состав нашей атмосферы. Воздушный бассейн, вода и почва в районах крупных промышленных центров часто содержат токсичные вещества, концентрация которых часто превышает предельно допустимую. Нарушение природного состава атмосферного воздуха, загрязнение его посторонними вредными токсическими веществами, вызывают целый ряд патофизиологических изменений в организме человека [1]. Кроме того в последние годы к особенностям формирования климата следует отнести более частое прохождение теплых атмосферных фронтов, адвекций тепла и влияние циклональных процессов. Такая направленность атмосферной циркуляции стала одним из главных климатообразующих факторов и явилась причиной более частого формирования погод гипоксического типа (31%), которые являются неблагоприятными для метеочувствительных людей, страдающих хронической кислородной недостаточностью. Рост мощности ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности Земли, оказывает все более существенное влияние на биологические, геохимические и физиологические процессы. Действие этого излучения вызывает у организмов поверхностные ожоги, разрушает иммунную систему, а также вызывает онкологические заболевания путем прямого и опосредованного воздействия на генетический материал клетки, вызывая необратимые повреждения. Спектр заболеваний, возникающих в популяциях вследствие загрязнения окружающей среды, крайне разнообразен: заболевания органов дыхания (в том числе бронхиальная астма, аллергический ринит, ХОБЛ); заболевания сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта; болезни крови и кроветворных органов; болезни кожи, нервной системы; эндокринные заболевания (в том числе диабет, тиреодит); новообразования, аллергозы; врожденные аномалии развития, осложнения беременности и родов [2] и др.

Процессы, происходящие в биосфере, неразрывно связаны между собой. По оценкам ученых, до 85% заболеваний человека может быть связано с негативными условиями окружающей среды, т.е. антропогенные факторы наносят огромный вред как природе в целом, так и здоровью человека.

Экологические и санитарно-гигиенические аспекты применения строительных материалов.

Глобальное изменение климата, загрязнение окружающей среды и последствия их влияния на экологическую обстановку в мире вызывают необходимость применения в технологических процессах материалов, снижающих эффекты от названных угроз. Одной из областей производства, потребляющей около 40% энергии и выделяющей около 30% углеродных выбросов, является строительство. В традиционном строительстве можно выделить ряд аспектов, которые способны вызывать беспокойство с точки зрения влияния на биосферу – это добыча сырья, производство строительных материалов, строительство энергетически неэффективных сооружений, безопасность материалов при эксплуатации, экологичность утилизации.

Производство строительных материалов (цемента, стеновых материалов, асбестоцементных изделий, строительной керамики, тепло- и звукоизоляционных материалов, строительного и технического стекла и т.д.), сопровождается выбросами в атмосферу пыли и взвешенных веществ (свыше 55% от суммарного выброса), окиси углерода, сернистого ангидрида,

окислов азота и др. В строительстве все отчетливее выявляется тенденция к химизации технологических процессов, использование в качестве добавок к строительному материалу (бетон, кирпич, железобетон, керамика, лаки, краски и др.) небезопасных отходов металлургической и нефтехимической промышленности. В окружающую среду со сточными водами и выбросами в атмосферу предприятий основного органического синтеза попадают вещества, обладающие мутагенным, гонадотоксическим, эмбриотоксическим, тератогенным и аллергогенным действием [3]. Физиологическое воздействие на человеческий организм таких используемых при производстве материалов веществ, как свинец, фосфор, кадмий, мышьяк, кобальт и др., чревато самыми серьезными последствиями, которые могут сказываться на протяжении значительного временного интервала, даже при незначительных по объему выбросах. Такие вещества угнетают кроветворную систему, вызывают многочисленные повреждения таких жизненно важных органов как печень, почки, лёгкие, головной мозг, увеличивая риск развития онкологических заболеваний, снижают сопротивляемость организма инфекциям и т.д. Пыль, содержащая соединения свинца и ртути, обладает мутагенными свойствами и вызывает генетические изменения в клетках организма. Среди взвешенных твердых частиц наиболее опасны частицы размером менее 5 мкм, которые способны проникать в лимфатические узлы, задерживаться в альвеолах легких, засорять слизистые оболочки, повышая восприимчивость организма к действию повреждающих агентов и снижая сопротивляемость инфекциям.

В течение всего жизненного цикла традиционных зданий, включающего их строительство и снос, 80–90% потребляемой энергии используется в эксплуатационной стадии для отопления, охлаждения, вентиляции, освещения здания и работы различных приборов. Остальные энергозатраты идут на производство и использование необходимых материалов. Такие показатели связаны с тем, что практически любой материал, используемый в современном типовом здании, появляется в результате энергоёмкой обработки. Цементные заводы, металлургические комбинаты, деревообрабатывающие и другие предприятия стройиндустрии, потребляют огромное количество энергии. Еще в конце 20 века американские экологи подсчитали: при строительстве и эксплуатации зданий используется около 40% всей потребляемой первичной энергии, 67% всего электричества, 40% всего сырья и 14% всех запасов питьевой воды, а также производится 35% всех выбросов углекислого газа и почти половина всех твердых городских отходов. Необходимость транспортировки товаров и услуг, доставки воды к зданиям и вывоза отходов также увеличивает количество выбросов, общее число которых составляет так называемый углеродный след. Таким образом, налицо широкий потенциал ресурсосбережения в данной сфере, что является одним из важнейших аспектов (и формулировки группы критериев) концепции экологичного строительства и эксплуатации зданий.

Энергоэффективность, «зеленые» технологии и экоустойчивое строительство и архитектура подразумевают защиту окружающей среды, уменьшение негативного влияния на природу, бережное использование природных ресурсов, создание более комфортной и здоровой для людей среды обитания и т.д. «Зеленые» стандарты призваны ускорить переход от традиционного проектирования и строительства зданий и сооружений к стратегии устойчивого развития, которая проповедует следующие принципы: безопасность и благоприятные здоровые условия жизнедеятельности человека; ограничение негативного воздействия на окружающую среду; учет интересов будущих поколений. Одно из принятых определений устойчивого развития – «развитие, которое способно обеспечить потребности настоящих и не ставит под угрозу возможности будущих поколений удовлетворять свои потребности».

Стратегической целью развития строительства является внедрение современных архитектурно-планировочных решений, исходя из критериев энергоэффективности, ресурсоэкономичности и экологической безопасности. Ускоряющееся развитие мировой экономики, увеличивающееся загрязнение окружающей среды, уменьшающиеся природные ресурсы стимулируют ведение сбалансированного процесса жизнеспособности здания.

В настоящее время, безопасность искусственной среды – места, где множество людей проводит большую часть своей жизни, приобретает большую актуальность. В зданиях вред-

ное влияние на здоровье людей могут оказывать использованные при строительстве материалы и изделия, слишком высокая или низкая температура в помещении, влажность, освещение, качество воздуха, шум, аллергены, вредный газ, ненадлежащее удаление сточных вод, дыма, твердых или жидких отходов и т.д. Например, формальдегид, который оказывает общетоксическое действие (раздражающее, алергогенное, мутагенное, сенсибилизирующее, канцерогенное), в воздух помещений поступает с выделением из полимерных стройматериалов, изоляции, древесно-стружечных плит, клеев. Кадмий поступает в окружающую среду при производстве цветных металлов, а также чугуна, стали, цемента; сжигании топлива, в результате выветривания и эрозии пластмассовых и металлопластмассовых изделий, красок, пигментов и клеящих материалов. Этот металл обладает гонадотропным, эмбриотропным, мутагенным и нефротоксическим действием. Наиболее опасным является суммарное воздействие мельчайших частичек токсичных веществ от разнообразных материалов, которое подсчитать практически невозможно и никакими гигиеническими нормами регламентировать нельзя. Здоровая, удобная, доступная, пригодная для использования и безопасная внутренняя среда и микроклимат повышают производительность труда, уменьшают выделяемые на здравоохранение средства, обеспечивают качество жизни. Строительные технологии, использующие мало энергии, не только уменьшают количество выбрасываемых в атмосферу загрязнений, вызывающих парниковый эффект, но и снизят общие расходы на эксплуатацию зданий. Политика охраны окружающей среды заставляет искать способы наилучшего использования производственных отходов и утилизации строительных материалов. Некоторые материалы могут подвергаться вторичной переработке, но лишь малая часть из них при рециклинге не выделяет вредных продуктов и не требует больших экономических затрат. Например, строительный мусор, образующийся после сноса старых зданий, по большей части нетоксичен, но его значительные объемы и сложность рециклинга составляют большую проблему. В некоторых случаях сомнителен даже тот факт, что вторичная переработка приведет к снижению экологической нагрузки по сравнению с первичным материалом. Кроме того, практика показывает, что любая система должна быть адаптирована под условия конкретной отрасли промышленности и региона.

Таким образом, к материалам, которые производятся для строительной отрасли, выдвигаются все новые требования, как по технологии получения, так и по вопросам применения и утилизации. Использование материалов с низким экологическим воздействием на протяжении всего жизненного цикла здания; повторное использование материалов; применение возобновляемых ресурсов; максимально близкое расположение заводов поставщиков строительных материалов является элементом обеспечения устойчивого развития.

Выбор теплоизоляционных материалов

Возможно, самым действенным способом того, как можно снизить экологическое влияние, оказываемое построенным зданием, это спроектировать его с учетом наиболее оптимального использования энергии. Здание воздействует на окружающую среду в течение всего срока своей эксплуатации, и потребление энергии, в данном случае, является доминирующим фактором влияния. Энергопотребление влияет на изменения климата, количество природных ресурсов, здоровье человека, комфорт проживания и расходы населения. На отопление дома идет 60% энергопотребностей всего сооружения. В свою очередь, требования к отоплению и охлаждению воздуха в зданиях существенным образом зависят от уровня и качества имеющейся в них теплоизоляции. Теплоизоляция зданий является важным фактором, обеспечивающим температурный комфорт пользователя, особенно в условиях экстремальных температур зимой и летом. Теплоизоляция обеспечивает снижение нежелательных потерь тепла или чрезмерного нагрева воздуха в помещениях зданий, а соответственно расходов на обогрев или кондиционирование. Правильная теплоизоляция здания позволяет, кроме того, получить дополнительную выгоду при снижении нежелательных выбросов в атмосферу, главным образом, CO₂. Энергоэффективное строительство на практике предполагает использование природных строительных материалов, которые могут находиться вблизи строительной площадки. Такой подход снижает неблагоприятные последствия для окружающей среды и транспортные расходы [4].

Строительство энергоэффективных домов в сочетании с новыми источниками энергии является ядром энергетической политики, закрепленной рядом Директив Европейского Союза, в рамках которых поощряется максимальное снижение потребления энергии в зданиях насколько это возможно «asmuchaspossible» (Directive 2012/27/EU, Directive 2002/91/EU, Directive 2006/32/EU, Directive 2005/32/EU) [5, 6].

В технической литературе предложено довольно много различных классификаций теплоизоляционных материалов. В работе [7] Steidl предложил деление теплоизоляционных материалов на следующие группы:

- материалы, имеющие способность к биологическому разложению (biodegradable), например, материалы, состоящие из волокон льна и синтетического волокна (фибра), FLA-SHAUS, 2012;

- вакуумные материалы (материалы VIP типа, vacuuminsulatedpanel);
- изоляционные материалы, поглощающие солнечную энергию (solartype).

Vjörn[8], предложил альтернативную классификацию теплоизоляционных материалов:

- традиционные (traditional)– минеральная вата, вспененный (EPS) и экструдированный полистирол (XPS), целлюлоза, пробка, полиуретан (PUR);

- новые (stateofart)– вакуумные изоляционные панели (VIP), газонаполненные панели (GFP), аэрогели, материалы с изменением фазового состояния (PCM);

- перспективные (possiblefuture)– вакуумная изоляция материалов (VIM), газовые изоляционные материалы (GIM), наноизоляционные материалы (NIM), динамические изоляционные материалы (DIM), бетон с применением наночастиц NIM's (NanoCon).

При выборе теплоизоляционного материала в первую очередь учитывается значение коэффициента теплопроводности (таблица 1). Кроме того утеплитель, как и все остальные элементы конструкции дома, должен быть технологичным, долговечным и экологически безопасным. Тенденции рынка однозначно указывают на необходимость повышения уровня экологических требований к теплоизоляционным материалам в целом и к рассматриваемым в частности. Тем не менее, серьезных научных исследований по экологии строительных материалов пока недостаточно. В связи с таким интересом необходима разработка методики оценки экологической безопасности пористых полимерных утеплителей и неорганических волокнистых теплоизоляционных материалов на основе системного и комплексного подхода с учетом достижений ученых, представителей производства, архитекторов, строителей и тех, кто на практике эксплуатирует конструкции и здания с использованием таких материалов.

Одним из наиболее часто применяемых теплоизоляторов является пенополистирол (в т.ч. экструдированный). Главный недостаток всех видов пенополистирола – его слабая изученность именно как строительного материала. Свойства пенополистирола, в т.ч. отрицательные, исходят из его природы как полимера. Стабильность его теплофизических характеристик во времени в большой степени зависит от технологии изготовления и совместимости с другими строительными материалами в конструкциях стен и покрытий. Пенополистирол в результате естественной деструкции может выделять бензол и толуол. Точное действие многих синтетических химических веществ на окружающую среду и организм человека до сих пор полностью не исследовано. Ситуация еще больше усложняется в том случае, если речь идет об одновременном суммарном воздействии нескольких химических веществ. Нельзя не учитывать и воздействия ряда случайных эксплуатационных факторов, ускоряющих естественный процесс деструкции пенополистирола. Кроме того, поведение пенополистирола при пожаре значительно его отличает от других теплоизоляционных материалов. Это горючий материал, который имеет высокую токсичность и дымообразующую способность. Такие свойства как пожарная опасность, недолговечность, экологическая опасность пенополистирола требуют дополнительных исследований. Аналогичные выводы можно сделать, рассматривая и другие виды полимерных утеплителей.

При изготовлении жестких и полужестких волокнистых изделий минеральное волокно пропитывается распыленным синтетическим связующим. Характер распределения полимера в таком изделии предполагает его высокую удельную поверхность. Это снижает долговечность, создает опасность токсичных выделений в окружающую среду, особенно при пожарах. Что касается экологических проблем, не связанных с полимерной связкой, а касающихся собственно минеральных волокон, то в настоящее время нет однозначного ответа на опасность влияния волокон, особенно супертонких. Неорганические волокна с течением времени крошатся на все более короткие отрезки - микрочастицы, которые оседают в легких и приводят к образованию заболеваний (дерматозы, обструктивный бронхит, бронхиальная астма и др.). В рамках исследования особенностей неорганических волокнистых теплоизоляционных материалов следует обращать внимание на эмиссионную активность материалов как на стадии их производства, так и для уже готовой продукции. При этом отслеживают эмиссии волокна и токсичных компонентов связующего. Важно увязать эти параметры безопасности с

характеристиками качества теплоизоляционного материала. При этом следует учитывать вклад заводов по производству минеральной ваты в общее загрязнение компонентов среды по определенным параметрам (веществам).

Таблица 1. Важнейшие технические характеристики теплоизоляционных материалов

Тепло- изоляционный материал	Вспененный пенополисти- рол XPS EN13 164:2008	EPSэкстру- ди- рованный- пенополи- стирол EN13163:200 8	Минеральная вата EN13162:200 8	Пено- полиуретан EN13165:2008	Эковата ETA- 05/0186
Показатель					
Средняя плот- ность [кг/м ³]	28...32	14...19	100...170	30...60	32...65
Коэффициент тепло- проводности [Вт/мК]	0,030...0,040	0,031...0,04 2	0,036...0,045	0,023...0,035	0,040...0, 043
Водо- поглощение	После дли- тельного по- гружения – не более 3%	Не более 5%	После длитель- ного полного погружения не более 3%	После длитель- ного полного погружения не более 5%	Не более 5%
Огнестойкость	E	E	A1	E	B2

Одним из элементов, обеспечивающих устойчивое развитие, является рациональное использование отходов сельскохозяйственного производства. Костра льна, остающаяся после его переработки, может в данном контексте рассматриваться как довольно эффективный органический материал, улучшающий свойства строительных композитов.

Направления современных исследований и практического применения таких композитов определено как «green approach» и связано с переходом от применения ограниченных по своим запасам и невозобновляемых материалов, к легко возобновляемым природным материалам растительного происхождения.

Применение натуральных, как собственно волокон, так и отходов от переработки растений, в качестве армирующих элементов композитных материалов, является одним из наиболее важных исследовательских задач современных материаловедческих исследований [9, 10].

Таблица 2. Применение наполнителей растительного происхождения для тепло(звуко)изоляции

<i>Отходы сельскохозяйственного производства</i>	
Наполнитель	Применение
Солома зерновых культур	Прессованные блоки, маты для стен, плиты из рубленой соломы на неорганическом связующем (жидкое стекло), заполнители для арболита, торфяных блоков (геокар)
Льняная костра	Насыпная костра используется для утепления межэтажных перекрытий, полов и чердачных помещений; костроплиты на синтетических связующих, жидком стекле и бутадиен-стирольном латексе, битумной эмульсии (костроэмульбит), заполнители для арболита, торфяных блоков (геокар), композиционная фанера, комбинированные древесностружечные плиты, плиты без вяжущего; костробетон (плиты, блоки)
Лузга подсолнечника	Плиты на мочевиноформальдегидном связующем
<i>Отходы растительного происхождения</i>	
Тростник	Плиты, прошитые проволокой
Камыш	Прессованные плиты (камышит), камышеволоконистые плиты, плиты из отходов камыша с синтетическими смолами, маты, камышебетон (блоки, плиты)

Изоляционные материалы, изготавливаемые из льноволокна, представлены широким диапазоном изделий (таблица 2). Их преимущества заключены в том, что получают такие материалы из возобновляемых источников и им присуща способность к биологическому разложению. Например, в одном из предложений [9], теплоизоляционный материал содержит 80% льняного волокна, 10% картофельного крахмала и 10% агента, повышающего огнестойкость (sodiumoctaborat). Изделия из льняного волокна относятся к классу огнестойкости согласно EN 13501-1. Такие материалы позволяют достаточно хорошо регулировать влажность в помещениях и, одно из главных преимуществ, легко подвергаются переработке. Обычно, коэффициент теплопроводности составляет $\lambda=0,038$ Вт/мК при плотности 30...50 кг/м³.

Оценка жизненного цикла (LCA).

Оценка жизненного цикла - это процесс оценки экологических воздействий, связанных с продуктом, процессом или другим действием путем определения и количественного вычисления: объемов потребленной энергии, материальных ресурсов и выбросов в окружающую среду; количественной и качественной оценки их воздействия на окружающую среду; определения и оценки возможностей для улучшения экологического состояния системы.

К негативным экологическим эффектам по жизненному циклу материала относят: истощение ресурсов; загрязнение атмосферы; загрязнение водной среды; уничтожение почвенного покрова; изменение ландшафта; возникновение техногенных ландшафтов; опасное шумовое загрязнение; образование отходов; нарушение природного равновесия в экосистеме; уничтожение, деградация, угнетение растительности; ликвидация мест гнездовий птиц; распугивание животных, нарушение путей их миграции; изменение гидрогеологического режима; изменение напряженного состояния пластов Земли и др.

В 90-е годы в секторе строительства и недвижимости был разработан ряд методов оценки степени «зелёности» проектируемых и уже существующих зданий. Они включают в себя очень детализированные методы оценки жизненного цикла зданий, учитывающие экологические воздействия строительных материалов, которые заключаются в них самих, и те, которые проявляются только во время их эксплуатации, а также методы более высокого уровня, оценивающие лишь влияние самого здания на окружающую среду. Для оценивания влияния на окружающую среду последовательных этапов строительного процесса применяют т.н. LCA (LifeCycleAssessment) анализ, представленный в работах ряда авторов [4]. Метод LCA (оценки жизненного цикла) в 1998 г. был формализован в ISO 14040-43 (ГОСТ Р ИСО 14040). Взамен этого документа в 2006 г. были выведены ISO 14040 и ISO 14044. Разработанные процедуры позволяют рассчитать массовые значения параметров, характеризующих влияние, которое оказывает строительный процесс на окружающую среду и рассчитать результирующий параметр P_t (например, SimaPro 7.1, Ecoindicator 99).

Таблица 3. Результаты LCA анализа теплоизоляционных материалов [4]

Категории воздействия	EPS (плита) [200 кг/м ³]	EPS (гранулы) [330 кг/м ³]	EPS [15 кг/м ³]	Минеральная вата [120 кг/м ³]	PUR [45 кг/м ³]	Эковата [60 кг/м ³]
Канцерогены	0,028	0,447	0,008	0,234	0,091	0,020
Выбросы органические	0,004	0,000	0,002	0,007	0,007	-0,01
Выбросы неорганические	1,034	1,629	0,639	1,564	4,155	-0,272
Изменение климата	0,604	0,473	0,166	0,773	0,743	-0,040
Излучения	0,006	0,001	0,000	0,016	0,004	0,000
Озоновый слой	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Экотоксичность	0,054	0,037	0,004	0,129	0,113	-0,016
Закисление/Эвтрофикации	0,191	0,193	0,113	0,509	0,478	-0,067
Землепользование	0,096	0,101	0,000	0,143	0,034	0,006
Минералы	0,018	0,006	0,000	0,010	0,053	-0,001
Ископаемое топливо	3,665	3,148	3,273	4,723	10,383	-0,460
Всего	5,699	6,035	4,205	8,108	16,062	-0,832

Таблица 4. Результаты LCA анализа теплоизоляционных материалов [4]

Категории опасности	EPS(плита)	EPS (гранулы)	EPS	Минеральная вата	PUR	Эковата
Здоровье человека	1,676	2,551	0,815	2,594	5,001	-0,292
Качество экосистемы	0,340	0,329	0,117	0,782	0,625	-0,078
Сырье	3,683	3,154	3,273	4,733	10,436	-0,461
Всего	5,699	6,035	4,205	8,108	16,062	-0,832

Значение $1P_t$ представляет (10^3) годовую нагрузку на окружающую среду, приходящуюся на одного жителя Европы. Это значение рассчитывается делением общего значения нагрузки на окружающую среду в Европе на число жителей в Европе и последующим умножением на масштабный коэффициент, равный 1,0.

В таблицах 3 и 4 приведены результаты анализа LCA, выполненные в работе [4] для производства и применения основных теплоизоляционных материалов (на 1 м^3 материала).

Как видно из результатов, представленных в таблицах 3, 4, наибольшее влияние на окружающую среду среди проанализированных теплоизоляционных материалов оказывает пенополиуретан ($16,062P_t$). Это примерно в два раза больше, чем при производстве минераловатных плит. Такие показатели характерны для всех полимерных утеплителей в строительстве, а это в основном пенопласты – дисперсные полимерные системы. Это органические соединения, с высокой поверхностью контакта с газовой средой, которая вне зависимости от начального состава полимерной композиции со временем неизбежно замещается на воздух. Это связано с тем обстоятельством, что при контакте органического соединения с воздухом, оно будет окисляться кислородом, а продукты окисления могут быть токсичными. Все пенопласты имеют негативные эксплуатационные особенности: деструкция материала в течение короткого времени под действием кислорода воздуха даже при обычной температуре [11], превышение концентрации ядовитых веществ, пожарная опасность, содержание в дыме при пожаре ядовитых органических соединений, недолговечность (значительно ниже срока службы здания).

Отрицательное значение показателя для природных материалов, обозначенных как экофибра, показывает экологические преимущества уже на этапе изготовления. Это обусловлено применением природных возобновляемых материалов (целлюлоза, лен, конопля и др.).

Оценивание экологических издержек и экологической прибыли от применения теплоизоляционных материалов

Экологические издержки (ecologicalcosts) обычной тепловой изоляции для наружных стен (на 1 м^2) согласно [4] определяют по формуле:

$$K_s = d \cdot K_t \quad (P_t / \text{м}^2), \quad (1)$$

где K_t – результат расчета LCA на 1 м^3 теплоизоляционного материала ($P_t / \text{м}^3$);

d – толщина слоя теплоизоляционного материала, м.

Экологическая прибыль (ecologicalbenefits) в период использования (эксплуатации) здания в результате применения теплоизоляционного материала согласно [4] рассчитывается по формуле:

$$Z_s = (E_{U0} - E_U) \cdot n / P, \quad (2)$$

где E_{U0} – результат расчета LCA для одного года эксплуатации здания, у которого наружная стена имеет коэффициент теплопередачи U_0 (без внешней теплоизоляции), $P_t / \text{год}$;

E_U – результат расчета LCA для одного года эксплуатации здания, у которого наружная стена имеет коэффициент теплопередачи U с учетом тепловой изоляции, $P_t / \text{год}$;

n – срок службы здания;

P – площадь поверхности наружных стен здания.

Значение E_U (как E_{U0}) определяют по формуле:

$$E_U = D_E \cdot K_e \quad (P_t / \text{год}), \quad (3)$$

где D_E – потребность в тепловой энергии для всего здания ($\text{кВт} / \text{год}$);

K_e – результат расчета LCA для получения 1кВт тепловой энергии для обычных источников энергии (P_i / кВт).

Для расчета D_E за срок эксплуатации используют, как правило, специальные программы (например, HerzOZC[12]).

В настоящее время недостаточно информации об экологических свойствах многих строительных материалов, особенно новых материалов. Кроме того, при выборе, например, теплоизоляционного материала не учитывается, какие (и в каком количестве) вспомогательные материалы потребуются для его надежного использования; некоторые производители сознательно завышают срок эксплуатации своего продукта, вводя потребителя в заблуждение. По большому счету следует согласиться с утверждением, что ни один материал, используемый в строительстве, не может быть назван абсолютно экологически чистым, так как ни один материал не может быть изготовлен без затрат материальных ресурсов и энергии.

Заключение.

Нарушение природного состава атмосферного воздуха, ухудшение экологической ситуации вызывают целый ряд патофизиологических изменений в организме человека. Антропогенные факторы оказывают все большее влияние на биосферу, вызывая рост численности заболеваний, в том числе и таких опасных, как поллиноз, аллергический дерматит, опухоли, отек Квинке, астма, диабет, провоцируя генные мутации. Строительство энергоэффективных домов в сочетании с новыми источниками энергии позволяет значительно сократить потребление энергии в зданиях и тем самым снизить эффекты от названных угроз. Использование природных строительных материалов, которые могут находиться вблизи строительной площадки, снижает неблагоприятные последствия для окружающей среды. Применение натуральных, как собственно волокон, так и отходов от переработки растений, в качестве армирующих элементов композитных материалов, является одной из наиболее важных исследовательских задач современного материаловедения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гигиена с основами экологии человека: учебник - Архангельский В.И. и др.; под ред. П.И. Мельниченко. 2010. - 752 с.: ил.
2. Проскурина А.С., Невзорова Е.В., Гулин А.В., Засядько К.И. Состояние репродуктивной системы женщин в условиях неблагоприятной экологической обстановки окружающей среды // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. №2.
3. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Галимова Р.Р. Профессиональные заболевания и интоксикации, развивающиеся у работников нефтехимических производств в современных условиях // Экология человека. 2010. №3.
4. Eco-efficient construction and building materials woodhead Publishing Limited, 2014 / Edited by F. Pacheco–Torgal– 630 p.
5. Directive 2002/91/EU (2002) Directive of the European Parliament and of the Council 2002/91/EC of 16 December 2002 on the energetic performance of building.
6. Directive 2005/32/EU (2005) Directive of the European Parliament and of the Council 2005/32/EC of 6 July 2005 establishing a framework for setting requirements of eco-project for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC, and Directive of the European Parliament and of the Council 96/57/EC and 2000/55/EC.
7. Steidl T. Thermal insulation of today and tomorrow / *Energia i Budynek*, №34, p. 17-21.
8. Bjørn P. J. Traditional, states-of-art and future thermal building insulation materials and solutions-properties, requirements and possibilities / *Energy and Building*, №43, 2011, p. 2549-2563.
9. Stevulova N., Cigasova J., Sicakova A. Lightweight Composites Based on Rapidly Renewable Natural Resource / *Chemical Engineering Transactions*, vol. 35, 2013– p. 589-594.
10. Cigasova J., Stevulova N., Jurak J. Influence of binder nature on properties of lightweight composites based on hemp hurds / *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, vol. V, №2, 2013. – p. 27-36.
11. Филатов И.С. Климатическая устойчивость полимерных материалов.- М.: Наука.– 1983.- 216 с
12. Herz OZC Available From: <http://www.sankom.pl/program-auditor-ozc-3d> (accessed 04 October 2012).