

Грибостойкость лессирующего покрытия исследовали на кафедре защиты древесины Белорусского государственного технологического университета (г. Минск). Результаты испытаний показали, что разработанный состав обеспечивает высокую защиту древесины от древоокрашивающих плесневых грибов, образует водостойкое эластичное «дышащее» покрытие. Испытания ЛКМ проводились по стандартным методикам [4]. Основные показатели лессирующего состава приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели лессирующего состава

Наименование показателя	Фактическая величина показателя
Цвет ЛКП	бесцветный, «светлый дуб», «тёмный дуб», «палисандр», «красное дерево», «орех»
Внешний вид плёнки	гладкая, матовая, однородная поверхность, выявляющая текстуру древесины
Массовая доля нелетучих веществ, %	23-25
pH	6
Время высыхания до степени «3» при температуре (20±2)°С, мин	40
Стойкость плёнки к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С, ч	более 48
Адгезия к основанию, МПа	1,5 (норма – не менее 1)
Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения), %	1,2 (норма – не более 5)
Устойчивость покрытия к воздействию плесневых древоокрашивающих грибов	устойчиво
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	
- древесины без покрытия	0,0165
- древесины с покрытием	0,0138

Разработанная композиция для получения лессирующего ЛКП имеет достаточную адгезию к древесине, высокую светостойкость (1,1% при норме – не более 5%), хорошую паропроницаемость и

устойчивость к воздействию плесневых древоокрашивающих грибов. Кроме того, незначительное время высыхания в стандартных условиях (естественная сушка) позволяет в течение нескольких часов нанести несколько слоёв состава. Авторами разработано несколько композиций (бесцветная, «светлый дуб», «тёмный дуб», «палисандр», «красное дерево», «орех») на одной базе.

**Заключение.** Таким образом, разработанное лессирующее покрытие для древесины на основе акриловой анионной дисперсии отличается высокая адгезия, водо-, свето- и атмосферостойкость, а также достаточная паропроницаемость. Долговечность лессирующего покрытия для древесины напрямую связана с проникающей способностью частиц латекса (акриловой дисперсии), зависящей от соотношения размера пор древесины и латексных частиц. Только при использовании специальных высокодисперсных латексов (когда диаметр частиц меньше диаметра пор древесины) осуществляется эффект пропитки и достигается высокая долговечность покрытия. Особенностью данного состава является способность формировать матовые и полуматовые покрытия. Разработанное лессирующее водно-дисперсионное покрытие не изменяет цветового оттенка вследствие танинового окрашивания – проникновения из древесины водорастворимых окрашенных веществ – производных танина. Состав является тиксотропным, не образует потёков на вертикальных поверхностях.

Водно-дисперсионная лессирующая композиция практически не имеет запаха, экологически безопасна и не оказывает вредного воздействия на здоровье людей. Она предназначена для защитно-декоративной отделки изделий из любых пород древесины, подчёркивает её рельеф и текстуру, предохраняет от древоокрашивающих плесневых грибов, обеспечивает высокую степень защиты от неблагоприятных внешних факторов.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Гербер, В.Д. Защита древесины / В.Д. Гербер // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2001. – № 2–3. – С. 50–55.
2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

Материал поступил в редакцию 28.04.2016

**TUR E.A., ANTONYUK E.K. Protection of structural wood used in water-management construction by environmental-friendly transparent coatings**

Modern glazing compounds are a type of paint materials, which are used to simultaneously protect the wood and decoration of its surface. There are materials for the exterior and interior finish. The requirements for placing them depending on the destination. The aim of this work is the development of ecological water-dispersion glazing protective and decorative coatings for wood that meets modern requirements. Developed for coating wood-based anionic acrylic dispersions are distinguished by high adhesion, water, light and weathering, as well as sufficient water vapor permeability. A special feature of the composition is the ability to shape matte and semi-matt coating. It is thixotropic, it does not form on the vertical surfaces of leaked. The developed water-dispersion composition is intended for protective and decorative trim products from all types of wood, it emphasizes relief and texture, prevents mold.

УДК 691:502.17

**Тур В.В., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н.**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Введение.** Хозяйственная деятельность человечества в течение последнего столетия привела к серьезному загрязнению нашей планеты

разнообразными отходами производства. Воздушный бассейн, вода и почва в районах крупных промышленных центров часто содержат

**Тур Виктор Владимирович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

**Шалобыта Татьяна Петровна**, к.т.н., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

**Шалобыта Наталья Николаевна**, студентка лечебного факультета Белорусского государственного медицинского университета.

Беларусь, БГМУ, 220116, г. Минск, пр. Дзержинского, 83.

токсичные вещества, концентрация которых превышает предельно допустимую. По оценкам ученых, до 85% заболеваний человека может быть связано с негативными условиями окружающей среды.

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.

С медико-гигиенической позиции важно учитывать, что нарушение природного состава атмосферного воздуха или загрязнение его посторонними вредными токсическими веществами вызывают целый ряд патофизиологических изменений в организме человека [1]. Для предотвращения этих процессов необходим контроль качества воздушной среды по всем ингредиентам. 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. По мнению ученых многих стран, загрязнение воздуха вызвало настоящую эпидемию аллергических заболеваний среди населения [1]. Аллергические заболевания (астма, поллиноз, дерматит и пищевая аллергия) поражают более 20% населения. Наиболее незащищенными от вредного воздействия загрязнителей воздуха являются дети, подростки и пожилые люди. Соответственно в последние годы резко возросло число обращений к врачам по поводу серьезных заболеваний дыхательной и иммунной систем – хронической бронхиальной непроходимости, приступов астмы, аллергического ринита, поливалентной и полиорганной сенсibilизации [2].

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. Физиологическое воздействие на человеческий организм таких загрязнителей, 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. Эти выбросы 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.

Спектр заболеваний, возникающих в популяциях вследствие загрязнения атмосферного воздуха, 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 [3]. Доля влияния загрязнения атмосферного воздуха в формировании заболеваемости системы органов дыхания составляет около 20%, системы кровообращения – около 9%.

На протяжении всего существования человек стремился и продолжает стремиться не приспосабливаться к среде, а использовать

ее с максимальной для себя выгодой. Но теперь приходит осознание, что все процессы, происходящие в биосфере, неразрывно связаны между собой, и изменение биосферы опасно для человечества. Как показывают медицинские исследования, антропогенные факторы в большей степени наносят вред здоровью самого человека, чем природе в целом.

**Экологические и санитарно-гигиенические аспекты применения строительных материалов.** Энергоэффективность, «зеленые» технологии и экоустойчивые 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». Здания оцениваются по следующим категориям: управление проектированием, строительством и зданием, здоровье и благосостояние пользователей здания, использование (экономию) энергии, транспортная доступность, использование (экономию) воды, строительные материалы, переработка мусора, использование земельного участка и экология, загрязнение окружающей среды. Стратегической целью развития строительства является внедрение современных архитектурно-планировочных решений исходя из критериев энергоэффективности, ресурсоэкономичности и экологической безопасности.

В традиционном строительстве можно выделить ряд аспектов, которые способны вызывать обеспокоенность с точки зрения влияния на биосферу – это добыча сырья и, собственно, производство строительных материалов, строительство энергетически неэффективных сооружений, безопасность материалов при эксплуатации, экологичность утилизации (последняя часть полного жизненного цикла).

Любой материал, используемый в современном типовом здании, появляется в результате энергоемкой обработки. Цементные заводы, металлургические комбинаты, деревообрабатывающие и другие предприятия стройиндустрии потребляют огромное количество энергии. Еще в конце XX века американские экологи подсчитали: при строительстве зданий используется более трети всего используемого сырья в стране, в результате в виде строительного мусора образуется более 30% отходов, а с учетом эксплуатации потребляется 36% энергоносителей, 65% электроэнергии, генерируется 30% парниковых газов (в Европе около 40%), потребляется большое количество питьевой воды. Таким образом, налицо широкий потенциал ресурсосбережения в данной сфере, что стало одним из важнейших аспектов (и формулировки группы критериев) концепции экологичного строительства и эксплуатации зданий.

В результате промышленной деятельности в воду сбрасываются токсические отходы, а в воздух попадают опасные химикаты. 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. Например, при получении лаков, красок, искусственных кож, в окружающую среду со сточными водами и выбросами в атмосферу предприятий основного органического синтеза, поступает бензол, обладающий мутагенным, гонадотоксическим, эмбриотоксическим, тератогенным и аллергогенным действием [4]. 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.

Большое количество своего времени современный человек проводит в закрытом помещении (в своем доме, в офисе), и ему приходится испытывать на собственном здоровье постоянное воздействие веществ, которые выделяются из стройматериалов. Например, формальдегид, который оказывает общетоксическое действие (раздражающее, аллергическое, мутагенное, сенсibiliзирующее, канцерогенное), в воздух помещений поступает с выделением из полимерных стройматериалов, изоляции, древесностружечных плит, клеев. Основное количество кадмия 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. Этот список можно долго продолжать, но более опасным является суммарное воздействие мельчайших частиц токсичных веществ от разнообразных материалов, которое подсчитать практически невозможно и никакими гигиеническими нормами регламентировать нельзя. В настоящее время безопасность искусственной среды – места, где множество людей проводит большую часть своей жизни, приобретает большую актуальность. По оценкам экологов, домашний воздух помещений с теплоизоляцией и отделкой некоторыми стройматериалами в 4–6 раз грязнее и в 8–10 раз токсичнее наружного.

Утилизация строительных материалов также связана с рисками. 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.

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. Важнейший результат стратегии – это сохранение здоровья населения (ускорение выздоровления, снижения числа тяжелых осложнений, сокращение затрат на оплату листов нетрудоспособности, увеличение производительности труда и т. д.). Особое значение в рамках концепции «экологичного дома» приобретает высокоэффективная и безопасная теплоизоляция, так как более 40% энергоресурсов в современном мире человечество тратит на обогрев и охлаждение зданий.

**Классификации теплоизоляционных материалов.** Тепловая изоляция зданий является важным фактором, обеспечивающим температурный комфорт пользователя, особенно в условиях экстремальных температур зимой и летом. Тепловая изоляция обеспечивает снижение нежелательных потерь тепла или чрезмерного нагрева воздуха в помещениях зданий, а соответственно расходов на обогрев или кондиционирование.

Правильная тепловая изоляция здания позволяет, кроме того, получить дополнительную выгоду при снижении нежелательных выбросов в атмосферу, главным образом, CO<sub>2</sub>.

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 «as much as possible» (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 (таблица 1).

**Таблица 1** – Классификация теплоизоляционных материалов

Показатель	Пример материала
По виду основного исходного сырья	неорганические (стекловолокнистые, минераловатные, асбестосодержащие изделия; ячеистое стекло и др.); органические (эковата, льнокоштричные плиты, пенопласты и др.)
По структуре	волокнистые (минеральная вата, стекловата); ячеистые (газосиликат, пенопласт, пенобетон); зернистые (керамзит, перлит, зольный гравий)
По внешнему виду и форме	рыхлые (вата, перлит и др.); плоские (плиты, маты, войлок и др.); фасонные (цилиндры, полуцилиндры, сегменты и др.); шнуровые
По возгораемости	несгораемые; трудносгораемые; сгораемые
По содержанию связующего вещества	содержащие связующее вещество; не содержащие связующее вещество

В работе [7] Steidl предложил новое деление теплоизоляционных материалов (таблица 2) на следующие группы:

- материалы, имеющие способность к биологическому разложению (biodegradable), например, материалы, состоящие из волокон льна и синтетического волокна (фибра), FLACHAUS, 2012;
- вакуумные материалы (материалы VIP типа, vacuum insulated panel);
- изоляционные материалы, поглощающие солнечную энергию (solar type).

**Таблица 2** – Классификация теплоизоляционных материалов согласно [7]

№	Классификация	Пример материала
1.	Биоразлагаемые материалы	Из льняных волокон, топливного торфа; ДВП; цементостружечные, магнетитовые плиты; плиты из соломы и тростника; маты и войлок из льна и конопля; маты и войлок из овечьей шерсти; эковата
2.	Вакуумные материалы VIP type	Наполнение из микрокремнезема (of microsilica); полистирола; из комбинации диоксида кремния, оксида титана и углерода
3.	Теплоизоляционные материалы, поглощающие солнечную энергию	Трехкамерные стеклопакеты с заполнением криптоном; зерна кварцевого аэрогеля, расположенные между двух листов стекла; клеточные структуры или капиллярная со стеклянными каркасами

Vjern [8] предложил альтернативную классификацию теплоизоляционных материалов (таблица 3). Он полагает, что теплоизоляционные материалы могут быть разделены на три группы: традиционные (traditional), новые (state of art) и перспективные (possible future). 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 [8].

Таблица 3 – Классификация теплоизоляционных материалов согласно [8]

№	Классификация	Пример материала
1.	Традиционные	Минеральная вата; вспененный полистирол (EPS); экструдированный полистирол (XPS); целлюлоза; пробка; полиуретан (PUR)
2.	Новые	Вакуумные изоляционные панели (VIP); газонаполненные панели (GFP); аэрогели; материалы с изменением фазового состояния (PCM)
3.	Перспективные	Вакуумная изоляция материалов (VIM); газовые изоляционные материалы (GIM); наноизоляционные материалы (NIM); динамические изоляционные материалы (DIM); бетон с применением наночастиц NIM's (NanoCon)

Вместе с тем, следует подчеркнуть, что в настоящее время для теплоизоляции наиболее широко применяется полистирол и минеральные ваты. При выборе теплоизоляционного материала в первую очередь учитывается значение коэффициента теплопроводности. Кроме того, утеплитель, как и все остальные элементы конструкции дома, должен быть технологичным, долговечным и экологически безопасным. Тем не менее, серьезных научных исследований по экологии строительных материалов пока недостаточно.

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 agroash» 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, 11].

Изоляционные материалы, изготавливаемые из льноволокна, представлены широким диапазоном изделий (таблица 5). 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 (sodium octaborat). 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/м<sup>3</sup>.

Таблица 4 – Важнейшие технические характеристики теплоизоляционных материалов

Тепло-изоляционный материал	Вспененный пенополистирол XPS EN13164:2008	EPS экструдированный пенополистирол EN13163:2008	Минеральная вата EN13162:2008	Пенополиуретан EN13165:2008	Эковата ETA-05/0186
Показатель					
Средняя плотность [кг/м <sup>3</sup> ]	28...32	14...19	100...170	30...60	32...65
Коэффициент теплопроводности [Вт/мК]	0,030...0,040	0,031...0,042	0,036...0,045	0,023...0,035	0,040...0,043
Водопоглощение	После длительного погружения – не более 3%	Не более 5%	После длительного полного погружения не более 3%	После длительного полного погружения не более 5%	Не более 5%
Огнестойкость	E	E	A1	E	B2

Таблица 5 – Применение наполнителей растительного происхождения для тепло(звуко)изоляции

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

**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.

Для оценивания влияния на окружающую среду последовательных этапов строительного процесса применяют т. н. LCA (Life Cycle Assessment) анализ, разработанный в 90-х годах и представленный в работах ряда авторов [9]. 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<sub>i</sub> (например, Sima Pro 7.1, Ecoindicator 99).

Значение 1P<sub>i</sub> представляет (10<sup>3</sup>) 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 6 и 7 приведены результаты анализа LCA, выполненные в работе [9], для производства и применения основных теплоизоляционных материалов (на 1 м<sup>3</sup> материала).

Таблица 6 – Результаты LCA анализа теплоизоляционных материалов [1]

Категории воздействия	EPS (плита) [200 кг/м <sup>3</sup> ]	EPS (гранулы)[330 кг/м <sup>3</sup> ]	EPS [15 кг/м <sup>3</sup> ]	Минеральная вата [120 кг/м <sup>3</sup> ]	PUR [45 кг/м <sup>3</sup> ]	Эковата [60 кг/м <sup>3</sup> ]
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 7 – Результаты LCA анализа теплоизоляционных материалов [9]

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

Как видно из результатов, представленных в таблицах 6, 7, наибольшее влияние на окружающую среду среди проанализированных теплоизоляционных материалов оказывает пенополиуретан (16,062P<sub>т</sub>). 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 [12], превышение концентрации ядовитых веществ, пожарная опасность, содержание в дыме при пожаре ядовитых органических соединений, недолговечность (значительно ниже срока службы здания). 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 выделяет бензол и толуол. 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. Пенополиуретан, широко используемый для тепловой изоляции, имеет в своем составе форполимеры, мягкие полиуретановые смолы, изоцианатные отвердители, которые являются опасными для человека (вызывают аллергические реакции и тяжелые формы заболеваний дыхательной системы), при пожаре способствуют образованию токсичных продуктов горения.

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.).

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 (ecological costs) обычной тепловой изоляции для наружных стен (на 1 м<sup>2</sup>) согласно [9] определяют по формуле:

$$K_s = d \cdot K_t (P_t / M^2), \quad (1)$$

где  $K_t$  – результат расчета LCA на 1 м<sup>3</sup> теплоизоляционного материала (P<sub>t</sub>/M<sup>3</sup>);

$d$  – толщина слоя теплоизоляционного материала, м.

Экологическая прибыль (ecological benefits) в период использования (эксплуатации) здания в результате применения теплоизоляционного материала согласно [9] 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<sub>t</sub>/год;

$E_U$  – результат расчета LCA для одного года эксплуатации здания, у которого наружная стена имеет коэффициент теплопередачи  $U$  с учетом тепловой изоляции, P<sub>t</sub>/год;

$n$  – срок службы здания;

$P$  – площадь поверхности наружных стен здания.

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

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

где  $D_E$  – потребность в тепловой энергии для всего здания (кВт/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, Herz OZC [13]).

**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. Одним из элементов, обеспечивающих устойчивое развитие, является рациональное применение отходов сельскохозяйственного производства. 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 одним из наиболее важных исследовательских задач современных материаловедческих исследований. Оценка экологических издержек и экологической прибыли от применения теплоизоляционных материалов позволила выявить экологические преимущества природных дешевых теплоизоляторов.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гигиена с основами экологии человека: учебник / В.И. Архангельский [и др.]; под ред. П.И. Мельниченко. – 2010. – 752 с.: ил.
2. Белая книга WAO по аллергии 2011–2012: резюме / Под редакцией Р.И. Сепиашвили, Т.А. Славянской. – М: Медицина-Здоровье, 2011. – 12 с.
3. Проскурина, А.С. Состояние репродуктивной системы женщин в условиях неблагоприятной экологической обстановки окружающей среды / А.С. Проскурина, Е.В. Невзорова, А.В. Гулин, К.И. Засядько // Вестник Тамбовского университета. – Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 2.
4. Валеева, Э.Т. Профессиональные заболевания и интоксикации, развивающиеся у работников нефтехимических производств в современных условиях / Э.Т. Валеева, А.Б. Бакиров, Л.К. Каримова, Р.Р. Галимова // Экология человека. – 2010. – № 3.
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. Eco-efficient construction and building materials woodhead Publishing Limited, 2014 // Edited by F. Pacheco – Torgal – 630 p.
10. Stevulova, N. Lightweight Composites Based on Rapidly Renewable Natural Resource / N. Stevulova, J. Cigasova, A. Sicakova // Chemical Engineering Transactions. – Vol. 35. – 2013 – P. 589–594.
11. Cigasova, J. Influence of binder nature on properties of lightweight composites based on hemp hurds // J. Cigasova, N. Stevulova, J. Jurak // International Journal of Modern Manufacturing Technologies. – Vol. V. – № 2. – 2013. – P. 27–36.
12. Филатов, И.С. Климатическая устойчивость полимерных материалов. – М.: Наука, 1983. – 216 с.
13. Herz OZC Available. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sankom.pl/program-auditor-ozc-3d>. – Дата доступа: 04.10.2012.

Материал поступил в редакцию 14.06.2016

#### TUR V.V., SHALOBYTA T.P., SHALOBYTA N.N. Environmental and hygienic aspects of thermal insulating building materials effective usage

The increasing pace of human activities in the XX and XXI century led to a serious contamination of the planet by variety of production waste. Violation of the natural composition of air, quality of water, environmental degradation cause a number of irreversible pathophysiological changes in the human body, which justifies the need of cooperating activity of doctors hygienists and builders on creating an environmentally safe and comfortable human habitat at the current stage of construction. Some aspects of obtaining, usage and disposal of building materials with medical and hygienic items are considered. Evaluation of environmental costs and environmental gains from the use of thermal insulation materials made it possible to identify the environmental advantages of natural cheap heat insulators.

УДК 666.97:546

Левчук Н.В., Новосельцева А.Г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ И АНАЛИЗА ИХ КАЧЕСТВА

**Введение.** Начиная с периода установления взаимосвязи между электрическими явлениями и химическими процессами, электрохимия получила широкое и разностороннее применение в различных отраслях промышленности. В химической промышленности это синтез и производство методом электролиза хлора и щелочей, многочисленных окислителей, получение фтора и фторорганических соединений. Электрохимические методы позволили получить такие металлы, как алюминий, магний, натрий, литий и многие другие, рафинировать медь. По мере использования запасов природного топлива и увеличения

производства электроэнергии будет возрастать получение водорода путем электролитического разложения электролитов, таких как едкий натр, серная кислота, в меньшей степени вода, ввиду очень малой электропроводности.

Одним из первых электрохимических производств является гальванопластика. Защитные и декоративные гальванические покрытия, такие как хромирование, никелирование, лужение, серебрение и другие, а также гальванические покрытия с заданными оптическими, механическими и магнитными свойствами широко используются в

Левчук Наталья Владимировна, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Анна Геннадьевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.