

УДК 504.75

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ «УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ» В УКРАИНЕ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

БРЫНЗИН Е.В. ^{1*}, к.т.н.
ПАРУТА В.А. ^{2*}, к.т.н., доц.

^{1*}ООО ЮДК, Украина, 49051 г. Днепропетровск, ул. Комиссара Крылова, 7Д, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

^{2*}Кафедра Строительные материалы, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Украина, 65029 г. Одесса ул. Дидрихсона 4, тел. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0326-8021

Аннотация. *Цель.* Реализация концепции «Устойчивого развития» в Украине путем использования автоклавного газобетона, при возведения мало- и многоэтажных зданий и сооружений. Автоклавный газобетон является материалом с наименьшей нагрузкой, среди искусственных стеновых материалов, на окружающую среду, при его прохождении по жизненному циклу. В статье рассмотрены основные характеристики автоклавного газобетона, начиная со стадии добычи сырья и заканчивая стадией утилизации. Обосновано более широкое внедрение его в строительное производство. *Методика.* Результаты получены в виде экспертного заключения путем сравнения требований предъявляемых в соответствии с концепцией «Устойчивого развития» и свойствами автоклавного газобетона (физико-механическими и экологическими). *Результаты.* Обосновано применение автоклавного газобетона для реализации концепции «Устойчивого развития» в Украине. *Научная новизна.* Развита представления об автоклавном газобетоне, применение которого является оптимальным решением концепции «Устойчивого развития» в Украине. *Практическая значимость.* Предложен оптимальный вариант решения проблемы энергосбережения и экологической безопасности в строительстве.

Ключевые слова: Концепция «Устойчивого развития», энергосбережение, экологическая безопасность, автоклавный газобетон.

РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ "СТАЛОГО РОЗВИТКУ" В УКРАЇНІ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

БРЫНЗИН Є.В. ^{1*}, к.т.н.
ПАРУТА В.А. ^{2*}, к.т.н., доц.

^{1*}ТОВ ЮДК, Україна, 49051 м. Дніпропетровськ, вул. Комісара Крилова, 7Д, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

^{2*}Кафедра Будівельні матеріали, Одеська державна академія будівництва і архітектури (ОДАБА), Україна, 65029 м. Одеса вул. Дидрихсона 4, тел. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0326-8021

Анотація. *Мета.* Реалізація концепції «Сталого розвитку» в Україні шляхом використання автоклавного газобетону, при зведенні мало- і багатоповерхових будівель і споруд. Автоклавний газобетон є матеріалом з найменшим навантаженням, серед штучних стінових матеріалів, на довкілля, при його проходженню по життєвому циклу. У статті розглянуті основні характеристики автоклавного газобетону, починаючи із стадії видобутку сировини і закінчуючи стадією утилізації. Обґрунтовано ширше впровадження його в будівельне виробництво. *Методика.* Результати отримані у вигляді експертного висновку шляхом порівняння вимог, що пред'являються відповідно до концепції «Сталого розвитку» і властивостей автоклавного газобетону (фізико-механічні та екологічні). *Результати.* Обґрунтовано застосування автоклавного газобетону, для реалізації концепції "Сталого розвитку" в Україні. *Наукова новизна.* Розвинені уявлення про автоклавний газобетон застосування якого є оптимальним рішенням концепції "Сталого розвитку" в Україні. *Практична значимість.* Запропонований оптимальний варіант вирішення проблеми енергозбереження і екологічної безпеки у будівництві.

Ключові слова: Концепція «Сталого розвитку», енергозбереження, екологічна безпека, автоклавний газобетон.

IMPLEMENTING THE CONCEPT OF «SUSTAINABLE DEVELOPMENT» IN UKRAINE BY USE AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

BRYNZIN I.V., PhD 1*
PARUTA V.A., PhD 2*

¹* ООО UDK, Ukraine, 49051 Dnepropetrovsk, st. Commissioner Krylov, 7D, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin @udkgazbeton.com

²* Department of Building Materials, Odessa State Academy of Construction and Architecture (OGAS), Ukraine, 65029, Odessa Street. Didrihsone 4, tel. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0326-8021

Abstract. Purpose. Implementation of the concept of "sustainable development" in Ukraine by the use of autoclaved aerated concrete, in the construction of low- and high-rise buildings and structures. The article describes the main characteristics of autoclaved aerated concrete, from the stage of extraction of raw materials and ending with recycling stage. Justified a broad introduction to the construction industry. **Methodology.** The results are obtained in the form of an expert opinion by comparing the requirements apply in accordance with the concept of "sustainable development" and the properties of autoclaved aerated concrete (physical, mechanical and environmental). **Findings.** The application of autoclaved aerated concrete for the realization of the concept of "sustainable development" in Ukraine. **Originality.** The development of ideas about the use of AAC which is an optimal solution concept of "sustainable development" in Ukraine. **Practical value.** An optimal solution to the problem of energy saving and environmental safety in construction.

Keywords: The concept of "sustainable development", energy saving, environmental safety, autoclaved aerated concrete.

Хозяйственная деятельность человеческого сообщества является существенным природообразующим фактором. Из-за безответственного отношения к последствиям хозяйствования на планете, происходит необратимое нарушение биологических процессов, очищающих воздух, почву и воду. Даже такая, созидательная деятельность, как жилищное строительство, продолжает разрушать и угнетать природу. Концепция «Устойчивого развития» предполагает удовлетворение потребностей нынешнего поколения не в ущерб будущим поколениям. Для проведения в жизнь этого принципа необходимы разнообразные экологические, экономические и социокультурные мероприятия.

В рамках концепции «Устойчивого развития» решается задача формирования экологического мировоззрения для решения глобальных и частных экологических проблем среды обитания человека. Эта позиция определена в международных стандартах серии ИСО (ISO) 14000 «Система управления качеством окружающей среды» и, в частности, стандартами ИСО 14040–14044, ориентированными на экологическое качество продукции. Такой подход направлен на обеспечение «устойчивого строительства», «устойчивой реставрации». При этом акцент делается на решение основных, глобальных экологических проблем - ресурсосбережение и предотвращение загрязнения окружающей среды при строительстве, эксплуатации и демонтаже отработавших срок зданий. Приоритетными являются задачи не только эстетические и инженерные, но и эколого-материаловедческие, позволяющие обеспечить выбор долговечных, экологически безопасных строительных материалов и их использование при проектировании экологически комфортных зданий [5].

В соответствии с ней в строительную практику внедряется концепция экологической оценки строительных материалов и рационального их выбора с точки зрения экологической безопасности для окружающей среды и для человека. Вводятся новые понятия – экологическая оценка, жизненный цикл материала (ЖЦМ), классификация материалов

согласно требованиям по защите окружающей среды, экологически целесообразный выбор строительных материалов и др.

Согласно стандартов ИСО – 14000 анализируются нагрузки на окружающую среду по жизненному циклу материала. При таком подходе учитывается влияние не только самого материала, но и процессов его, сопровождающих от добычи сырья для его изготовления, до уничтожения, захоронения или, что более предпочтительно, повторного его использования для изготовления новых материалов. Это позволяет «замкнуть» их жизненный цикл и решить экологические задачи — сократить количество отходов и способствовать ресурсосбережению. Материалы рассматриваются и оцениваются по экологической безопасности не по принципу «здесь и сейчас», а «везде и всегда». При этом оцениваются не только прямые (явные) негативные воздействия, такие как эмиссия вредных веществ, образование отходов и т.п., но и косвенные эффекты (дефицит сырья, влияние на здоровье человека, ухудшение качества окружающей среды, нагрузки при перевозке материалов и т.д.). Для обеспечения объективности результатов анализа рассматриваются взаимосвязанные параметры «свойства материала – качество среды» [5].

Столь жестким требованиям в полной мере соответствует автоклавный газобетон. Экологическая нагрузка при производстве, применении и утилизации, автоклавного газобетона на окружающую среду, в которой учитываются негативные воздействия, приводящие к обострению глобальных экологических проблем (парниковый эффект, повреждение озонового слоя, загрязнение почв, истощение ресурсов и т. д.), наименьшая по сравнению с другими стеновыми материалами искусственного происхождения (кирпич керамический и силикатный, бетонные и керамические камни и др.).

К негативным экологическим эффектам по жизненному циклу материала (ЖЦМ) 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 гнездовой птиц, распугивание животных, нарушение их путей миграции, изменение гидрогеологического режима, изменение напряженного состояния пластов земли и прочие прямые и косвенные эффекты.

Оценочные показатели присваиваются материалу по следующим «экофакторам»: повреждение экосистем, дефицитность сырья (дефицит), эмиссия вредных веществ в окружающую среду (выбросы), затраты энергии (потребление энергии), здоровье человека и «экологическое здоровье» (здоровье), положение с отходами (отходы) [5].

В соответствии с методикой экологической оценки строительного материала по его жизненному циклу, предложенной проф. Князевой В.П. [5], проведем анализ жизненного цикла автоклавного газобетона включающего следующие этапы: добыча сырья,- изготовление материалов и изделий, этап строительства (применение материала), эксплуатация («жизнь» материала в объекте, необходимость ухода для поддержания его качества, совместимость с материалами которые используются для продления этапа эксплуатации (ремонт, реставрация, реконструкция),-уничтожение или повторное использование (при замене материала, сносе здания, сооружения) [7].

Добыча сырья: Известно, что уже на стадии добычи происходит разрушение природных ландшафтов и начинается загрязнение среды. Поэтому при экологической оценке учитывают объем добычи материала, его запасы, количество выбросов или возможности экологических катастроф. При производстве автоклавного газобетона используют сырье: кварцевый песок (61%), портландцемент (18%), воздушную известь (18%), ангидрид (3%) алюминиевую пасту и воду. Запасы их значительны и не относятся к исчерпаемым в ближайшей и долгосрочной перспективе. Особенностью автоклавного газобетона является то, что его пористость составляет 85%, т.е. объем сырьевых материалов на один метр кубический (1000л) стенового материала составляет 150 л, остальной объем (850л), занимает воздух замкнутый в закрытых, ячеистых порах. Следовательно и объем добычи сырья для производства газобетона, значительно меньше, чем у других стеновых материалов.

Транспортировка: При оценке жизненного цикла материала обязательно учитывается также комплекс нагрузок на окружающую среду и человека за счет добычи и транспортировки материала. Предпочтение отдается местным строительным материалам и произведенным в непосредственной близости к месту добычи для них сырья и т.п. [5]. Автоклавный газобетон относится именно к типу изделий с минимальной нагрузкой по этим параметрам. Заводы по производству автоклавного

газобетона размещают возле месторождения песка, основного сырьевого компонента, добыча которого не сопряжена со значительной нагрузкой на окружающую среду.

Производство: На этапе производства строительных материалов необходимо знать, объемы выбросов-загрязнителей в окружающую среду [5]. Производство автоклавного газобетона является безотходным. В связи с низкими энергозатратами, при производстве газобетона, количество вредных выбросов в атмосферу значительно меньше, чем при производстве других строительных материалов (Рис.1) [10,11].

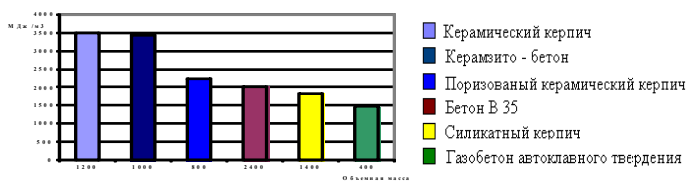


Рис.1. Энергозатраты при производстве стеновых материалов / *Energozatraty in the production of wall materials*

Строительство: На этапе проектирования и строительства важно предварительно оценить долговечность здания и строительных материалов из которых оно будет возведено. Показателем для предпочтительного выбора материалов в строительстве становится его долговечность. Благодаря долговечному использованию материала, нагрузка на окружающую среду на этот период уменьшается. Важно, чтобы долговечность материалов отдельных строительных узлов всегда соответствовала жизненному сроку всего здания. При экологической оценке материала учитывается - возможно ли образование отходов и выбросов в окружающую среду вредных веществ при производстве строительных работ [5]. Автоклавный газобетон является долговечным материалом, со сроком эксплуатации 150-200 лет. При его применении не образуются отходы и нет выбросов в окружающую среду вредных веществ.

Эксплуатация: На этапе эксплуатации, экологическая нагрузка в большой мере определена выбором, сделанным на предыдущих этапах, здесь дополнительно необходимо определить экологическую безопасность применяемых строительных материалов и эксплуатационные затраты на уход за материалом для сохранения его свойств [5]. Эколого-гигиеническая характеристика является оценкой наличия или отсутствия вредного воздействия материала на человека, находящегося в здании, в конструкциях которого использован этот материал [2]. Для комплексной эколого-гигиенической оценки материалов необходимо знать весь комплекс отрицательных свойств и их влияние на здоровье человека, то есть его гигиеническую безопасность на всех стадиях жизненного цикла материала, а в данном случае, прежде всего, на

стадии его эксплуатации, так как от выбора материала для интерьера зависит не только безопасность жилья, но и его комфорт [2].

Запрет на их использование может быть основан на показателях, характеризующих качество внутренней среды в здании (влажность, шум и т. д.) [5].

Рост гигиенических требований к стройматериалам, тесно связан с максимальной комфортностью и полной безопасностью для здоровья человека. По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения, городской житель проводит в помещениях почти 80% своего времени, поэтому к числу факторов, существенно влияющих на здоровье, относится степень экологичности (биопозитивности) внутренней и внешней среды здания. Ученые-гигиенисты давно пришли к выводу, что многие болезни определяются качеством жилищных условий. Такие недуги получили даже название «жилищных болезней». В настоящее время, безопасность искусственной среды – места, где множество людей проводит большую часть своей жизни, приобретает большую актуальность. Вот уже около 20 лет в мире существует такое понятие, как синдром больных зданий. Причина этой болезни – неудовлетворительное влияние внутренней среды помещения на здоровье человека.

Для экологической оценки строительных материалов необходимо знать весь комплекс его свойств и их влияние на здоровье человека, то есть гигиеническую безопасность, на всех стадиях жизненного цикла материала, а в данном случае, прежде всего на стадии его эксплуатации, так как от выбора материала зависит не только безопасность жилья но и его комфорт.

При возведении зданий и сооружений должны быть использованы такие строительные материалы, которые благоприятны для человека и окружающей среды. По сегодняшним представлениям строительный материал можно назвать экологически чистым, если он: не выделяет токсичных и раздражающих веществ; имеет минимальную естественную радиоактивность, обеспечивает комфортные условия, для находящихся в помещении.

Различают параметры: физиолого-гигиенические (температура поверхности кожи при контакте с материалом); физико-гигиенические (пористость, средняя плотность, коэффициент теплопроводности и теплоусвоения, воздухо- и паропроницаемости, электризуемость, радиоактивность и др.); микробиологические (влияние материала на развитие микроорганизмов). Современная тенденция направлена на использование экологически чистых строительных материалов (древесина, солома, камыш, грунт). В этот ряд можно смело поставить и автоклавный газобетон. Он достаточно прочный, долговечный, обеспечивает минимальные тепловые потери при эксплуатации, экологически безопасный [2].

Стандарт Евросоюза EN 15251-2006 «Исходные параметры микроклимата помещений ...» понятие «комфортность жилья» определяют через его микроклимат, который характеризуется температурой и влажностью воздуха внутри помещения, кратностью воздухообмена и т.д.

Коэффициент паропроницаемости газобетона, в зависимости от средней плотности, составляет 0,1 до 0,23 мг/м·ч·Па, что обеспечивает оптимальный влажностный режим в помещении [1]. В соответствии «Классификацией воздуха внутренних помещений, строительных работ и материалов покрытий» (Финляндия), определяющей показатели состояния воздуха и устанавливающей границы выделения летучих органических соединений, формальдегидов, аммиака и канцерогенов, газобетон отнесен к наиболее безопасному классу M1 [1].

Другая составляющая эколого-гигиенической оценки — радиационно-гигиеническая [3]. Сущность которой состоит в определении суммарной удельной активности естественных радионуклидов (радий Ra – 226), торий Th – 232, калий K – 40). – Аэфф. в Бк/кг в строительных материалах. В зависимости от суммарной удельной активности Ra – 226, Th – 232, K – 40 в строительных материалах определяется возможная область применения данного материала.

При $A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_{K} \leq 370$ Бк/кг; материал разрешен для всех видов строительства; при $A_{эфф} > 370 - 740$ Бк/кг материал можно использовать в промышленном строительстве, где исключено продолжительное пребывание людей и в дорожном строительстве, в том числе в пределах населенных пунктов; при $A_{эфф} > 740 - 1350$ Бк/кг материал можно использовать для изолированных объектов промышленного, хозяйственного и дорожного назначения, эксплуатация которых практически не связана с пребыванием людей [10].

По этому показателю автоклавный газобетон относится к наименее опасным материалам, поскольку его удельная эффективность естественных радионуклидов ниже 54 Бк/кг. Такой показатель соответствует условному первому классу (низкий уровень) экологической безопасности. Сходными характеристиками обладают дерево и гипс, у всех остальных популярных стройматериалов показатель по естественной радиоактивности – выше. Так, обычный тяжелый бетон и керамзитобетон соответствует второму классу (54–120 Бк/кг), глиняный кирпич — третьему (120–153 Бк/кг).

Если же пересчитывать с массы на объем, то квадратный метр газобетонной или деревянной стены имеет радиоактивность менее 2 тыс. Бк, а кирпичной от 10 до 18 тыс. Бк. [1].

В Финляндии принят такой показатель как индекс активности, характеризующей максимально допустимый уровень излучения строительных материалов, чье значение не может быть больше единицы. Значение

индекса рассчитывается по формуле $I = C_{Th}/200 + C_{Ra}/300 + C_{K}/3000$. В формуле делимые это числовые значения активности содержания компонентов, излучающих волны, Bg/kg. У газобетона этот индекс составил 0,5, обычного тяжелого бетона 0,66, керамического кирпича – 0,9 [1].

Наибольшую опасность для здоровья людей в помещениях представляет природный радиоактивный газ – радон, выделяющийся из горных пород оснований зданий и сооружений, а также строительных материалов при радиоактивном распаде. Большая часть облучения исходит от дочерних продуктов распада (ДПР) радона, а не от него самого. Имеющиеся прямые данные показывают, что люди, прожившие 20 лет в домах, где концентрация радона достигает 1000 Бк/м³, на 2...3 % чаще заболевают раком легких. Эти цифры нельзя считать незначительными. Доза облучения легких от ДПР определяется величиной эквивалентной равновесной объемной активности радона:

$$C_{Rn(экв)} = 0,104n_{RaA} + 0,514n_{RaB} + 0,382n_{RaC}$$

где n_{RaA} , n_{RaB} , n_{RaC} – объемные активности радона и его дочерних продуктов (соответственно RaA, RaB, RaC) в Бк/м³ [1].

Нормируется суммарное содержание радона в воздухе помещений: для новых зданий — не более 100 Бк/м³, для уже эксплуатируемых — не более 200 Бк/м³ [16, 17]. Выделение из газобетона радиоактивного газа радона в десять раз меньше, чем у обычного тяжелого бетона. В целом же было признано, что излучение от газобетона незначительно, оно незначительно влияет на здоровье человека и является типичным для каменных построек [1].

Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, распространением пламени по поверхности, воспламеняемостью, дымообразующей способностью и токсичностью. Газобетон не горюч, поэтому даже при высоких температурах не поддерживает горение, не выделяет опасных для здоровья веществ и газов [1].

Исследования, опять же, показали, что газобетон стоек к биологической коррозии. Он не гниет, при обеспечении нормальных условий эксплуатации, на нем не образуются грибки которые в процессе своей жизнедеятельности выделяют вредные, опасные для здоровья, вещества [1].

Что касается шума, то его предельно допустимые нормы – 70дБ днем и 60дБ ночью. Но на улице с интенсивным движением транспорта эта величина достигает 90дБ. Шум – далеко не безобиден. Он причина большей части нервных расстройств, головной боли и функциональных расстройств в организме. Газобетон со средней плотностью 400-600 кг/м³, при толщине стены 0,4-0,5 м, обеспечивает требуемые показатели, предъявляемые

нормативными документами к стеновой конструкции.

Коэффициент теплопроводности газобетона, при средней плотности 250-600кг/м³, составляет 0,09-0,16 Вт/м·К, что обеспечивает оптимальный тепловой баланс в помещении, предотвращает резкие перепады температуры в помещении, при резком изменении ее снаружи [1].

Известно, что жилищный сектор – самый энергоемкий из всех отраслей экономики. Здания потребляют около 40% всей производимой энергии в стране, больше, чем все виды транспорта [6,7,8]. Исследованиями установлено, что здания, стены которых имеют термическое сопротивление 0,5-0,7 м²·К/Вт (панельные дома), теряют более половины потребляемого тепла, причем треть потерь приходится на стены [4]. Использование автоклавного газобетона для возведения стен толщиной 0,4-0,5м, обеспечивает снижение теплопотерь при эксплуатации на 40-50%, что обеспечивает уменьшение расхода энергоносителей и количество вредных выбросов в атмосферу [1]. Если рассматривать полный срок жизни здания, то эксплуатация и техническое обслуживание составляют примерно 85% от его общей нагрузки на окружающую среду. Приблизительно 15% приходится на строительство здания, и менее 1% – на его ликвидацию [9,11].

Если при учете энергопотребления здания, как предлагает профессор Савин В.К.и Гертис К., учитывать не только энергию, используемую при эксплуатации здания, но и энергию затраченную на добычу сырья, создание строительных материалов, их транспортировку, строительство и ремонт здания, энергоёмкость сноса и утилизации здания, то получаются полные энергозатраты, которые у зданий из автоклавного газобетона будут одними из наименьших.

Ранее было отмечено, что экологическая оценка строительных материалов должен учитывать влияние на окружающую среду не только самого материала, но и всего комплекса процессов, сопровождающих материал по его жизненному, от «рождения» - изготовления или добычи до самой его «смерти», т.е. до полного уничтожения, захоронения или, что более предпочтительно, повторного использования для получения новых материалов и изделий. Последнее позволяет замкнуть жизненный цикл материала, сократить количество отходов и количество добываемого сырья, т.е. жизненный цикл при его глубочайшей оценке с позиции экологии способствует ресурсосбережению [5,18]. Такой материал должен использоваться в качестве сырья для других материалов или использоваться повторно (рисайклинг).

Отслужившие свой срок стеновые конструкции из автоклавного газобетона могут использоваться для производства строительных материалов, например, в качестве сырьевых компонентов для штукатурных растворов, в качестве теплоизоляционной засыпки и

др. Такие конструкции легко демонтируются, материал легко дробится, превращаясь в крупный или мелкий заполнитель.

Выводы

Применение автоклавного газобетона является оптимальным решением концепции концепции «Устойчивого развития» в Украине.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. <http://professional.ru> / Soobschestva / chastnoe_domostroenie/gazobeton_i_ekologiya_prosba_specialistov_vyskazat_30881581/

2. Гусев Б.В., Дементьев В.М., Миротворцев И.И. Нормы предельно допустимых концентраций для стройматериалов жилищного строительства//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - №5/99.

Gusev B.V., Dementiev VM, Peacekeeper II Norms of maximum allowable concentrations for building housing // Building materials, equipment, technologies of XXI century. - №5 / 99.

3. Банников А.Г. и др. Основы экологии и охрана окружающей среды. М.: Колос, 1999. – 304с.

Bannikov AG et al. Bases of ecology and environmental protection. M.: Kolos, 1999. - 304с.

4. В.Н. Шмигальский, И.И. Грабовой Экологические аспекты свойств и качества строительных материалов // Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 8, 2003 г. С.151-154

V.N. Shmigalsky, II Hornbeam Environmental aspects of properties and quality of building materials // Building and technogenic safety. Issue 8, 2003 S.151-154

5. Князева В.П., «Экологические аспекты выбора строительных материалов» Методические указания, МАРХИ, Москва, 2010. –23с.

V.P. Knyazeva, "Environmental aspects of choice of building materials" Guidelines, the Moscow Architectural Institute, Moscow, 2010. -23s.

6. Розенфельд А. Г., Хафмейстер Д. Энергоэкономичные здания // В мире науки. 1988. № 6. С. 34–43.

Rosenfeld A.G., Hafmeyster D. Energy efficient buildings // In the world of science. 1988. № 6. S. 34-43.

7. Булгаков С. Н. Энергосберегающие технологии вторичной застройки реконструируемых жилых кварталов//АВОК. 1998. № 2. С. 5.

Bulgakov S.N. Energy-saving technologies brownfield reconstructed residential quarters // AVOK. 1998. № 2. S. 5.

8. Кочегаров А. Д. Повышение эффективности ЖКХ обеспечит его переход к рыночным отношениям // Теплоэнергоэффективные технологии: ИБ. 2002. № 2. С. 11–13.

Kochegarov A.D. Improved utilities ensure its transition to a market economy //

Теплоэнергоэффективные технологии WI. 2002. № 2. pp 11-13.

9. Гиббонс Д., Блэр П., Гуин Х. Стратегия использования энергии // В мире науки. 1989. № 11. С. 76–85.

D. Gibbons, P. Blair, J. Guin Energy Strategy // In the world of science. 1989. № 11. С. 76-85.

10. «Нормы радиационной безопасности» НРБ–99.

«Norms of radiation safety» of NRB–99.

11. Гертис К. Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007.- 3.- с. 34-36

K. Gertis Buildings twenty-first century - the building zero-energy // Energy saving. 3.- 2007.- p. 34-36

Статья поступила в редколлегию 01.04.2015