ФОРМИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДОМОСТРОЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БИЗНЕС-ПРОЕКТА АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКСА «ЭКОДОМ»)

А.С. Шевченко, Е.Г. Величко*, Э.С. Цховребов**

ЗАО «Национальная инжиниринговая компания»,

121596, г. Москва, ул. Горбунова, д. 2, стр. 204, офис А504, А506;

**Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

***Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»*

(НИИ «ЦЭПП»), 141006, Московская обл., г. Мытищи, Олимпийский пр-т, д. 42

АННОТАЦИЯ. В рамках стратегического курса на энергоэффективность, ресурсосбережение и экологическую безопасность как основу устойчивого развития нашей страны вопросы, связанные с экологическим домостроением, или «зеленым» строительством, представляют особую актуальность и научно-практическую значимость. В настоящей статье с учетом обобщения и анализа накопленного по данной тематике материала определены основные принципы (критерии) экологического домостроения, сделана попытка сформировать нормативно-методическое обоснование каждого из них. Представленные принципы экологического домостроения актуализированы на примере конкретной территории и объекта строительства. Они реализуются в бизнес-проекте сооружения автономного энергоэффективного комплекса «Экодом» с инновационными очистными сооружениями и ресурсосберегающими технологиями эксплуатации в одном из самых экологически чистых районов Московской области. Основная задача настоящего проекта — перейти на принципиально новый уровень эколого-экономического развития архитектурно-строительной мысли, рассматривая экодом как природно-антропогенную экосистему с положительным экологическим ресурсом, обеспечивающую автономное существование, энергоэффективность, ресурсосбережение и экологическую безопасность в качестве основных принципов устойчивого развития. В бизнес-проекте обеспечены все градостроительные, технические, санитарно-гигиенические, экологические требования, предъявляемые к выбору земельного участка под индивидуальное жилищное строительство, его планировке, строительным технологиям, строительным материалам, конструкциям и изделиям, жилым зданиям и помещениям, природоохранным объектам, ресурсосберегающей деятельности и переработке отходов жизнедеятельности экодома в полезные вторичные продукты, используемые в дальнейшем в процессе хозяйствования и эксплуатации комплекса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергоэффективность, экологическая безопасность, рациональное использование природных ресурсов, энерго- и ресурсосбережение, экологические и санитарно-гигиенические требования и нормы, охрана окружающей среды, экологическое домостроение, безопасность жизнедеятельности человека

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шевченко А.С., Величко Е.Г., Цховребов Э.С. Формирование и реализация методических принципов экологического домостроения (на примере бизнес-проекта автономного энергоэффективного комплекса «Экодом») // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 4 (103). С. 415–428. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.415-428

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF ECOLOGICAL HOUSE CONSTRUCTION (THE CASE OF BUSINESS PROJECT OF THE AUTONOMOUS ENERGY-EFFICIENT COMPLEX «ECO-HOUSE»)

A.S. Shevchenko, Eu.G. Velichko*, E.S. Tskhovrebov**

CJSC National Engineering Company, Office A504, A506, 2 Gorbunova str., bldg. 204, Moscow, Russian Federation, 121596;

**Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),*

26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337;

***Research Institute "Center for Environmental Industrial Policy" (Research Institute "CEIP"),*

42 Olimpiyskiy pr., Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation, 141006

ABSTRACT. The strategic course on energy efficiency, resource saving, and environmental safety as a basis for sustainable development of our country brings to the forefront the issues related to ecological house construction or "green" construction. Now, these issues are of particular relevance and research and practical importance. In this article, the main principles (criteria) for ecological house construction have been defined, and an attempt has been made to formulate a normative and methodological justification for each of them, taking into account the generalization and analysis of the knowledge accumulated on this topic. The presented principles of ecological house construction are updated on the example of a

specific territory and construction site. They are implemented in the construction business project of an autonomous energy-efficient complex "Eco-house" with innovative treatment facilities and resource-saving operation technologies in one of the most ecologically clean areas of the Moscow Region. The main objective of this project is to reach to a fundamentally new level of environmental and economic development of architectural and construction thought, considering the eco-house as a natural anthropogenic ecosystem with a positive ecological resource that provides autonomous existence, energy efficiency, resource saving and environmental safety as the main principles of sustainable development. The business project satisfies to all the town-planning, technical, sanitary-hygienic, environmental requirements for selecting a land plot for individual housing construction, its layout, construction technologies, construction materials, structures and products, residential buildings and premises, nature conservation facilities, resource-saving activities and recycling eco-house waste products into useful secondary products used hereafter in the eco-house processes of management and operation.

KEY WORDS: energy efficiency, environmental safety, rational use of natural resources, energy and resource saving, environmental and sanitary-hygienic requirements and norms, environmental protection, ecological house construction, human life safety

FOR CITATION: Shevchenko A.S., Velichko Ye.G., Tskhovrebov E.S. Formirovaniye i realizatsiya metodicheskikh printsiptov ekologicheskogo domostroyeniya (na primere biznes-proyektav avtonomnogo energoeffektivnogo kompleksa «Ekodom») [Development and Implementation of Methodological Principles of Ecological House Construction (the Case of Business Project of the Autonomous Energy-Efficient Complex "Eco-House")]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2017, vol. 12, issue 4 (103), pp. 415–428. (In Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.415-428

Экодом как объект экологического домостроения представляет собой энергоэффективное комфортное жилье, построенное из экологически чистых материалов, с независимыми системами жизнеобеспечения (энерго-, тепло-, водоснабжение) с учетом максимально возможного использования природных явлений (дождь, ветер, солнечное излучение), энерго- и ресурсосбережения и утилизации продуктов жизнедеятельности человека [1–3].

Идейно-философское определение понятия «экодом» включает в себя не только материальную форму в виде жилища, места пребывания, домашнего труда и отдыха, но и отражает характер и стиль безопасной, комфортной жизнедеятельности, образ жизни человека с достижением нового качественного уровня экологической культуры, отношения к природным ресурсам, к себе самому и окружающим в гармонии с природой. Исходя из данного понятия, сам экодом необходимо рассматривать как комплексную природно-антропогенную экосистему «дом–природа–человек».

В структуру комплекса «экодом» входят: жилой дом низкого энергопотребления возобновляемых источников, хозяйственные постройки, водосборные и канализационные очистные сооружения, специальные строения и сооружения для отдыха и оздоровления (баня-сауна, купель, беседки, бассейн), специально оборудованные места занятия спортом, медитации, приусадебный участок с биоботанической площадкой, садом, огородом, защитными насаждениями, замкнутым водным объектом, используемым для ландшафтного дизайна, разведения рыбы, противопожарных и хозяйственных целей.

На этапе бизнес-планирования, предпроектной стадии и разработки проекта поставлена задача полноценной и всесторонней реализации сформулированных, с учетом обобщения и анализа основных принципов экологического домостроения, опи-

санных в отечественной и зарубежной литературе, [1–10], а также в нормативных документах¹.

Первый принцип экологического домостроения — *благоприятная для проживания окружающая среда, экологически чистое и безопасное природное окружение*.

Данный принцип в соответствии со статьей 42 Конституции РФ реализует одно из основных прав граждан нашей страны — право на благоприятную окружающую среду. Однако отношения «человек–природа» предопределены не только правовыми актами, но и самосознанием разумного индивидуума, стремящегося жить, строить будущее, заботиться о своей семье, детях в благоприятной и безопасной окружающей среде. Первостепенность данного принципа в процессе экологического домостроения определяется положительной аурой, чистотой окружающей природы, обеспечивающей не только здоровье человека, но и комфортную, безопасную жизнедеятельность, включая труд, активный и пассивный отдых, оздоровительные процедуры, занятия спортом и хобби (рыбалка, прогулки, сбор грибов и ягод, садоводство и пр.). Указанный принцип в полной мере реализован при создании комплекса «экодом» в экологически чистом уголке Подмосквы. Функциональное назначение объекта недвижимости — индивидуальное жилищное строительство — соответствует категории земель населенных пунктов. Земельный участок под строительство комплекса находится за пределами территории промышленно-коммунальных, санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных промышленных, сельскохозяйственных, транспорт-

¹ СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания;
СТО НОСТРОЙ 2.35.68-2012. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Учет региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания.

ных объектов, одного-двух поясов зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. Участок не использовался для захоронения и свалок отходов, соответствует гигиеническим и экологическим требованиям: по содержанию в почве и в атмосферном воздухе потенциально опасных для человека химических веществ, микроорганизмов, по уровню радиации, электромагнитного излучения, шума, вибрации, что подтверждено согласованиями и заключениями Росприроднадзора и Роспотребнадзора к акту выбора земельного участка.

Другим важнейшим принципом экологического домостроения, определенным «человеческим фактором», определена *эстетичность*. Эстетичность формирует проявление ценностного отношения человека к окружающему миру, среде обитания под углом зрения сферы художественной деятельности, творчества. С учетом влияния данного субъективного фактора экодом непременно должен быть эстетически привлекательным, красивым, уютным и безопасным для проживающих в нем людей. Концептуально эстетичность формируют проработанные оптимальные архитектурные и конструктивные решения «экодому», обеспечивающие желание находиться и жить в нем, чувство безопасности и защищенности, комфортные условия проживания, качественную, оптимальную и эффективную работу основных биоэнергетических систем. Такие же требования соотнесены к сооружениям и объектам оздоровления и отдыха (баня-сауна, беседки, купель), а также к планировке, ландшафтному дизайну, озеленению и художественному оформлению земельного участка. Реализация этого принципа в конкретном бизнес-проекте осуществлена путем обобщения русского исторического опыта архитектуры и строительства, воплощенного в создании:

- комплексного архитектурного ансамбля из двухэтажного бревенчатого дома, русской бани, купели, беседок, дровяника, выполненных в едином стиле из оцилиндрованного бревна с внутренней отделкой под «русскую старину» с использованием стволов деревьев, фигурных вставок и оформительского декора, а также мебели из натуральной древесины;
- многофункциональных объектов «экодому»: русской печи и камина с облицовкой фигурной керамической плиткой, реализующих одновременно функции интерьера и альтернативной системы отопления, приготовления пищи, выполненных с соблюдением всех исторических традиций и национальных архитектурно-строительных правил;
- специально подобранной системы освещения с использованием имитации средневековых светильников, художественным оформлением разноцветной подсветки камина, гостевого зала, холла, балкона, спален второго этажа;

- эффекта «пространственности» в зале для приема гостей путем проектирования высоких потолков, помещения оптимальных размеров и форм, акустических дизайнерских решений;

- ландшафтного дизайна, при котором сам экодом, другие постройки, места отдыха, сад, пруд становятся как бы единым экологическим, энергетическим и эстетическим комплексом «человек–дом–природа».

Основополагающим для безопасного, здорового, комфортного проживания людей в экодоме становится реализация третьего принципа — *санитарная и экологическая безопасность конструкций и материалов*, использование безвредных для здоровья человека строительных материалов и конструкций.

По своей сути в определение данного принципа входит надежность и техническая безопасность экодому, его конструкций и материалов, из которых он построен, соответствие требованиям государственных стандартов, технических условий, строительных правил, а также свойств сохранять значения установленных параметров в определенных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям эксплуатации, технического обслуживания. Это касается его долговечности, устойчивости, защищенности от внешних нагрузок (ветровых, солнечной радиации, осадков), чрезвычайных природных явлений, техногенных опасных факторов (огнестойкость, биологическая, химическая и коррозионная устойчивость, взрыво- и пожаробезопасность), напрямую влияющих на безопасность жизни и здоровья проживающих.

Недостаточное внимание к таким аспектам может свести на нет другие преимущества экодому, если в конечном счете проживающие в нем лишатся здоровья, сна или будут чувствовать себя дискомфортно по другим причинам, связанным с воздействием токсичных соединений, неприятных запахов, сырости, спор плесени или грибков. Далеко не всякий материал или конструктивное решение, будучи пригодным для решения теплотехнических и иных задач, оказывается оптимальным в отношении создания экологически и гигиенически приемлемых условий жизнедеятельности для человека. В итоге использование при строительстве и отделке экодому надежных, экологически безопасных строительных материалов, не оказывающих прямого или косвенного воздействия на здоровье человека и на природную среду, является важнейшим фактором экологического домостроения.

В целях реализации данного принципа основным строительным материалом для возведения ограждающих конструкций, полов, обрешетки, внутренней отделки экодому, других сооружений комплекса выбран такой легкий, надежный, экологически и гигиенически безопасный материал, как древесина, обладающий не только хорошими проч-

ностными и теплоизоляционными свойствами, но и эффектом «дышащей конструкции» в силу свойства пропускать воздух в обоих направлениях.

Подбор материалов и конструктивные технологические решения (высокий уровень детализации, комплектации, сборка готовых конструкций на месте) обеспечивают минимизацию образования неиспользуемых древесных остатков, их постстроительную утилизацию в виде вторичных продуктов, употребляемых в дальнейшем для хозяйственных нужд экоддома.

Все используемые при строительстве экоддома, не запрещенные санитарно-гигиеническими нормами, малотоксичные или нетоксичные строительные материалы (оцилиндрованное бревно, рамы, двери, стропила, полы, иные конструктивные элементы из дерева, металлочерепица, цементно-стружечные, фибролитовые плиты, утеплитель из каменной ваты (базальта), целлюлозно-древесно-волоконистая теплоизоляция, природный камень, жидкое стекло, фольга, стекломатный лист, изоляция из нанокремнезема, оцинкованное железо, алкидные водно-дисперсионные защитные древесные покрытия и масляные краски на натуральной олифе) не содержат химических веществ и соединений 1-го, 2-го и 3-го классов токсичности. Содержание малотоксичных связующих в материалах не превышает 15 %, что предотвращает выделение чрезвычайно, высоко и умеренно опасных загрязняющих веществ в воздух помещений и окружающую среду [11–13].

В рассматриваемом бизнес-проекте во главу угла при выборе конструктивных особенностей зданий и технологии строительства ставились долговечность, безопасность жизни и здоровья проживающих людей. Так, в целях безопасности и долговечности конструкции экоддома с учетом подвижности грунта в рассматриваемом районе строительства проектируется столбчатый и блочный фундамент с учетом нормативной глубины промерзания суглинистых грунтов в холодные месяцы — 1,34 м. Конструкция подвального помещения выполняется с применением эффективной тепло- и гидроизоляции, с учетом предотвращения образования радона, предусматривается дополнительная принудительная вентиляция. В целях изоляции взрыво- и пожароопасных объектов, оборудования, устройств от деревянных конструкций (камин, печь, плита, баня-каменка, водонагреватель и пр.) используются экологически безвредные огнестойкие изолирующие материалы. Для упрочнения конструкции стены между оцилиндрованными бревнами устраиваются механические связи в виде связующих вкладок. В целях обеспечения непрерывного просушивания утеплителя и всей конструкции крыши предусмотрено вентилируемое пространство над утеплителем. Наклон крыши проектируется таким образом, чтобы избежать большого накопления снега. Рядом с каждым зданием устанавливается молниеотвод рассчитанной высоты в целях предупреждения воз-

горания строения в результате попадания молнии. Для предотвращения подтопления фундамента и подвальных помещений планируется отведение поверхностных сточных вод и сооружение отмостки.

Со вторым и третьим принципами напрямую взаимосвязан и четвертый принцип: *гигиеническая безопасность и комфортность помещений* (благоустройство, удобные бытовые условия, безопасная для здоровья среда проживания). Санитарно-гигиеническая безопасность, комфортная жизнедеятельность в экодоме обеспечивается неукоснительным соблюдением требований санитарно-эпидемиологического законодательства²:

1. Система отопления обеспечивает равномерное нагревание воздуха в помещениях в течение всего отопительного периода, не создавая неприятных запахов, шума, при отсутствии выделений в воздух вредных веществ в процессе эксплуатации.

2. Все помещения обеспечены естественным освещением через светопроемы в наружных ограждающих конструкциях здания, а также общим и местным искусственным освещением.

3. Жилые помещения оборудованы средствами солнцезащиты посредством устройства регулируемых вертикальных солнцезащитных ставней. Реализуется оптимальное проектирование помещений по отношению к сторонам света: на южной стороне дома увеличена площадь оконных проемов и расположены помещения, в которых жители проводят максимальное количество времени в течение дня (гостиные, столовые, детские), на северной с минимальной площадью окон — подсобные помещения, ванные, кухни, коридоры, лестницы; для спален из физиологических соображений предусмотрен выход окон на восток.

4. Реализуется равномерный прогрев поверхностей полов в экодоме.

5. Естественная вентиляция жилых помещений осуществляется путем притока воздуха через окна, форточки, специальные отверстия в оконных створках и вентиляционные каналы. Предусмотрены вытяжные отверстия каналов на кухне, в душевой, туалетах, отдельно — в подвальном помещении.

6. Шахта вытяжной вентиляции печи выступает над коньком крыши в виде плоской кровли на высоту не менее 1 м.

7. Концентрация оксидов углерода, азота, твердых частиц от сжигания дров в печи-камине в воздухе жилых помещений не превышает установленных гигиеническими нормами среднесуточных ПДК (твердые частицы — 0,05 мг/м³; оксид углерода — 3 мг/м³; азота двуокись — 0,04 мг/м³) за счет организованной вытяжки — вентиляционного канала и приточно-вытяжной принудительной вентиляции экоддома.

² СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям;

СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях.

8. Для приборов и конструкций с температурой нагревательной поверхности более 75 °С (печь-камин, водонагреватель, электропечь) предусмотрены защитные ограждения и термоизоляция из экологически безвредных изделий.

9. Конструкция (фундамент, кровля, перекрытия, стены, полы), применяемые строительные материалы, технологии, системы жизнеобеспечения экодому (отопление, вентиляция, кондиционирование, освещение) обеспечивают соблюдение условий микроклимата и воздушной среды помещений, инсоляции, допустимых уровней звука, излучений (табл. 1)

Тесно взаимосвязан с предыдущими принципами пятый принцип: *энерго- и теплоэффективность экодому*, который определяет оптимальное количество затрачиваемых топливно-энергетических ресурсов для осуществления жизнедеятельности в системе с рациональным, бережным, экономным использованием природных ресурсов, применением современных энергосберегающих, ресурсоемких технологий и охраной окружающей среды в целях достижения баланса между энергосбережением, комфортным проживанием, экологией, эстетикой.

В предложенном бизнес-проекте он обеспечивается в результате следующих мероприятий:

- проектирования экодому с учетом «солнечной архитектуры» (эффективной в отношении ориентации строения: сторона здания, имеющая максимальную общую площадь, застекленный фасад и большую поверхность крыши (с солнечными батареями), располагается по направлению на юг, с утепленными стенами — на север; проектируется увеличение в 1,2–1,5 раза габаритов дома в направлении восток–запад в целях максимизации поверхности приема солнечной энергии);

- снижения теплопотерь в два-три раза по сравнению с обыкновенной конструкцией окон за счет использования широких оконных профилей с внутренним утеплением; тройным остеклением с низкоэмиссионными покрытиями; «теплыми» дистанционными рамками по краям деревянных стеклопакетов; теплоэффективными ставнями (вертикальными с регулированием угла наклона в различные по солнечной активности периоды года);

- уменьшения теплопотерь на 10...15 % за счет обеспечения герметичности конструкции: плотного примыкания конструктивных элементов дома друг

Табл. 1. Нормируемые санитарно-гигиенические показатели помещений экодому

Санитарно-гигиенический показатель	Допустимый уровень
Температура воздуха в жилых помещениях в холодный период года, °С	18...24
Температура воздуха в жилых помещениях в теплый период года, °С	20...28
Температура воздуха в кухне, туалете, ванной, °С	18...26
Относительная влажность (холодный период), %	60
Относительная влажность (теплый период), %	65
Перепад между температурами воздуха помещений и поверхностей стен, °С	Не более 3
Перепад температур воздуха помещений и пола, °С	Не более 2
Нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений с 22.03 по 22.09, ч/день	Не менее 2
Коэффициент естественной освещенности (КЕО) в жилых комнатах и кухне	Не менее 0,5
Освещенность на ступенях лестниц, террасе, в коридорах, подвале (на полу), лк	Не ниже 20
Освещенность на площадке входа для горизонтальной поверхности на высоте 2 м от пола, лк	Не менее 6
Напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях на расстоянии от 0,2 м от стен и окон и на высоте 0,5...1,8 м от пола, кВ/м	Не более 0,5
Уровень напряженности электростатического поля на поверхности строительных материалов (при относительной влажности воздуха 30...60 %), кВ/м	Не более 15
Индукция магнитного поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях на расстоянии от 0,2 м от стен, окон и на высоте 0,5...1,5 м от пола, мкТлА/м	Не более 5 Не более 4
Превышение мощности эффективной дозы гамма-излучения внутри зданий над мощностью дозы на открытой местности, мкЗв/ч	Не более 0,2
Среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона в воздухе помещений, Бк/м³	Не более 200
Эффективная удельная активность природных радионуклидов в строительных материалах, Бк/кг	Не более 370
Коэффициент тепловой активности пола жилых отапливаемых помещений (критерий оценки тепло-защитных свойств покрытий пола, интегральный показатель теплопроводности, теплоемкости, объемного веса материала, интенсивности теплопотери организма при контакте человека с полом), ккал/(м²·ч·°С)	Не более 10

к другу за счет качественной межбревенной изоляции паклей и эковатой;

- оборудования приточно-вытяжной вентиляции с системой рекуперации тепла (вентилятора-теплообменника с возвратом тепла в пределах до 70 %);
- использования воздушных солнечных коллекторов (оптимальных для обогрева дома из оцилиндрованного бревна);
- усиленной теплоизоляции полов, фундамента и подвального помещения за счет применения высокоэффективных экологически безвредных теплоизоляционных «дышащих» материалов из натурального сырья;
- снижения теплопотерь на 5...7 % за счет наличия буферных зон нормализации и выравнивания температурного режима (закрытой террасы, тамбура, подвального помещения); установки на входной двери плотной теплоизолирующей шторы, снижающей потери тепла при ее открывании и закрывании;
- использования внутри помещений датчиков тепла и автоматической регуляции отопления в соответствии с заданной комфортной температурой для различных сезонов года.

В концепцию экологического домостроения входит выработка собственной электроэнергии на основе использования природных источников энергии: солнца, ветра, воды. Исходя из этого определен шестой принцип: *автономность* ресурсов экоддома — независимость от централизованных сетей тепло-, энерго- и водоснабжения, канализации. Она реализуется в результате использования только внутренних собственных источников тепла, электроэнергии и водоснабжения на основе возобновляемых источников: солнечной и ветровой энергии [4, 5, 16].

Основными источниками выработки собственных энерго- и теплоресурсов в период март–октябрь для экоддома являются воздушные и водяные солнечные коллекторы на солнечных батареях, в период недостаточной солнечной энергии (ноябрь–февраль) основным источником поступления энергии становится ветрогенератор.

Солнечные батареи устанавливаются с солнечной стороны экоддома (с южной) в целях обеспечения принятия максимально возможной мощности солнечной энергии в светлое время суток [14].

В зависимости от географического расположения и уровня солнцестояния оценивается угол наклона батареи, наиболее оптимальный с учетом местоположения экоддома. Так, угол наклона плоскости солнечной панели (0° по отношению к земле — инсоляция на горизонтальную плоскость, 90° — инсоляция на вертикальную плоскость) для Подмоскovie (широта 55,7°) определяется с учетом данных суммарной солнечной радиации на 1 м² при различных расположениях солнечной панели, на-

правленной на юг, пересчитанных по нормативам³ из кВт·ч/м². Из проведенного анализа следует, что в январе максимум приходится на вертикально расположенную панель; в июле — на горизонтально расположенную панель; в весенний и осенний период — на панель, расположенную под наклоном 40...50°.

С учетом нормативных показателей суммарной месячной солнечной радиации формируется схема оптимального угла наклона солнечной панели в зависимости от времени года: ноябрь, декабрь, январь, февраль — 0° (вертикальная панель); март–май и август–октябрь — 40°; июнь, июль — 90° (горизонтальная панель). Расчетным путем устанавливается угол наклона солнечной панели с его еженедельным изменением. Такая мера повышает эффективность энергетической системы на 30...40 %.

Для повышения эффективности использования солнечной энергии запланировано создание системы управления углом наклона солнечной батареи в зависимости от времени года и углом поворота панели в зависимости от времени суток.

В процессе оценки необходимого количества солнечных батарей для бесперебойного обеспечения энергопотребления комплекса использовалась стандартная формула расчета суммарной мощности солнечных панелей [16]

$$P_{\text{сп}} = E_{\text{п}} k P_{\text{инс}} / E_{\text{инс}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{сп}}$ — суммарная мощность солнечных панелей, кВт; $E_{\text{п}}$ — потребляемая энергия, кВт·ч/сут; $E_{\text{инс}}$ — среднемесячная инсоляция кВт·ч/м² в день; $P_{\text{инс}}$ — мощность инсоляции на земной поверхности на 1 м² (1 кВт/м²); k — коэффициент потерь на заряд-разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное (1,2–1,4).

При расчетах учитывалось, что стандартная инсоляция (мощность солнечного излучения на поверхности Земли) рассчитывается для площади в 1 м², а номинальная мощность определяется для стандартного потока света в 1 кВт/м². Выработка батареи соотносится к инсоляции 1 м² так же, как мощность батареи — к показателю мощности солнечного излучения на земной поверхности в ясную погоду, приходящейся на 1 м² площади, т.е. к 1000 Вт.

В состав потребителей электроэнергии комплекса (максимальное суточное потребление зимой — 5 кВт·сут/чел., минимальное летом — 3 кВт·сут/чел. (соответствующее среднему уровню электрификации быта); пиковая (перегрузочная мощность) — 18 кВт·ч; суммарная одновременная нагрузка — 13,5 кВт·ч) включены водонагреватель, электроплита, телевизоры с плазменным экраном, холодильник, электрочайник, электроутюг,

³ СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2).

компьютер-ноутбук, беспроводной роутер Wi-Fi; стиральная машинка; пылесос; электросоковыжималка; спутниковая антенна; инвертор; контроллер заряда; привод ворот; конвектор; рекуператор тепла; насос погружной; электропечь-каменка (баня); освещение (энергосберегающие лампы); водочистная установка (5 м³/сут); музыкальный центр; морозильная камера.

Важным этапом формирования схемы энергоснабжения экодому является обоснованный оптимальный выбор инвертора. Для обеспечения эффективного и бесперебойного электроснабжения оптимальная мощность инвертора должна на 25...30 % превышать суммарную пиковую мощность нагрузок, запускаемых одновременно [14]. Исходя из расчетов запланирован инвертор с пиковой нагрузкой 24 кВт·ч; максимальной — 18 кВт·ч. В состав оборудования миниэлектростанции входят: контроллер заряда MPTT (Maximum power point tracker — поиска точки максимальной мощности); источник бесперебойного питания; менее чувствительные к облачности поликристаллические солнечные батареи мощностью 300 Вт; гелиевые аккумуляторы зарядом 250 А·ч.

При выборе оптимальной энергоэффективной отопительной системы экодому преимущество отдано использованию воздушных солнечных коллекторов, функционирование которых основано на том принципе, что поглощаемое тепловое излучение солнца значительно превосходит обратное тепловое излучение коллектора. Схема состоит из воздушного солнечного коллектора, вентилятора, воздухопроводов и аккумулятора. Если датчики температуры в помещениях фиксируют ее недостаточность до комфортных условий, то горячий воздух из воздушного коллектора автоматически подается в комнаты. Если в помещениях достаточно тепло, датчики температуры дают сигнал системе на то, чтобы горячий воздух, минуя комнаты, поступал в тепловой аккумулятор. Таким же образом регулируется температурный режим в подвальном помещении, кухне, санузле и душевой. При возможном использовании водного солнечного коллектора солнечные лучи нагревают воду в каналах коллектора и она с помощью естественной и принудительной циркуляции жидкости подается в бойлер с теплообменником для ее нагрева на хозяйственные нужды. Система из коллекторов и бойлера обеспечивает автономный дом горячей водой с апреля по октябрь. Увеличение поступления энергии на отопление, зависящее от характеристик дома: размеров, теплозащиты, оборудования, числа проживающих реализуется с помощью рассмотренных мер повышения теплоэффективности экодому [4, 15].

Для поддержания электроснабжения на уровне достаточном для нормального функционирования, экодому в период минимальной, недостаточной солнечной активности (ноябрь–февраль), проекти-

руется устройство для получения дополнительной возобновляемой ветровой энергии. Исходя из того, что средняя скорость ветра в Московской области в теплый период года составляет приблизительно 3,1 м/с, в холодный период — 4 м/с, в период март–октябрь при невысокой скорости ветра целесообразно 80 % установленной мощности получать от солнечной энергии, 20 % — от ветровой. Но в период наименьшей солнечной активности поступление энергии снижается в восемь-десять раз, поэтому использование ветрогенератора в данный период является основным источником электроснабжения экодому. Оптимальным решением принята установка на высоте 12 м ветрогенератора с напряжением 48 В, мощностью 5 кВт и диаметром ветроколеса 4...5 м.

Несмотря на то, что применение ветрогенератора в комбинации с солнечными модулями дает возможность получать достаточное количество электроэнергии круглый год, важным направлением энергосбережения и энергоэффективности экодому становится использование сберегающих электричество приборов и устройств. Светодиодные источники со значительным сроком эксплуатации потребляют гораздо меньше электроэнергии, чем обычные лампы накаливания, и почти в два раза меньше, чем люминесцентные, не содержат чрезвычайно токсичной ртути, безопасны для окружающей среды в отношении утилизации. Телевизоры со светодиодными экранами, пылесосы с регулируемым уровнем мощности, духовки с организованной конвекцией, стеклокерамические электроплиты, экономичные в отношении энерго- и водопотребления полуавтоматические стиральные машины существенно экономят электроэнергию. В целях снижения энергопотребления кондиционерами применяются специальные автоматические шторы на окнах, снижающие уровень инсоляции. Для подсветки дома, освещения лестничных пролетов, тамбуров используются датчики движения и присутствия. В целях оптимизации расхода электроэнергии в период наименьшей солнечной активности осуществляется:

- контроль за электроприборами: выключение при отсутствии использования;
- применение датчиков температуры воздуха с выключением устройств кондиционирования и отопления при нормализации температуры; использование в холодный период подвального помещения вместо холодильника, а также печного обогрева помещений.

Главный принцип энергосбережения при реализации комплекса «Экодом» — снижение потребления энергии без ущерба для личного комфорта, обеспечения соблюдения экологических и гигиенических норм, правил, технических параметров, требований эксплуатации экодому.

Основополагающим для всей концепции экологического домостроения является седьмой принцип — *положительный экологический ресурс экодому, минимизация негативного воздействия на природную среду, экономия и охрана природных ресурсов, ресурсосбережение и утилизация отходов.*

Реализация этого основополагающего экологического принципа осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

- экономного расходования питьевой воды и максимально возможного использования поверхностных вод для хозяйственно-бытовых и технико-эксплуатационных целей;
- неприменения природного газа, угля, мазута в качестве энерго- и теплоносителей, использования для сжигания в печи экологически чистого топлива (дрова, древесные остатки, бумага, картон);
- сохранения почвенного слоя; отказа от асфальтирования, применения токсичных средств защиты растений и стимуляторов их роста, использование в качестве удобрения компоста собственного изготовления;
- очистки сточных вод на инновационных компактных установках до норм ПДК с дальнейшим использованием очищенной воды для эксплуатационно-хозяйственных нужд, получением твердого осадка — органического удобрения по свойствам, определяющим его использование в качестве компоста;
- максимально возможного вовлечения образующихся отходов потребления во вторичное использование: изготовления компоста или топлива; доведение уровня сдаваемых отходов на захоронение до уровня не более 3...5 % от всего количества образования.

Реализацию данного принципа в части предотвращения потенциально возможных аварийных, техногенных ситуаций с негативными последствиями и воздействием на здоровье людей и окружающую среду и охраны питьевых подземных и поверхностных водоисточников обеспечивает неукоснительное соблюдение градостроительных, противопожарных и санитарных требований, норм и правил размещения отдельных объектов комплекса «Экодом», установленных минимальных расстояний⁴: между экодомом и баней — 8 м; между артскважиной и компостной площадкой — 8 м; от насосной станции и регулирующего резервуара до жилых построек — 15 м; от установок фильтрации до строений — 25 м, до кустарников — 1 м, до де-

ревьев — 4 м, колодца, артезианской скважины — 30...50 м, рек и ручьев — 50...100 м.

Имеющие немаловажное экологическое и эксплуатационное значение защитные лесонасаждения, представленные тополем, кленом, липой, елью, ивой различных пород, березой, рябиной обыкновенной, сиренью, жасмином, запроектированы с внешней стороны забора по направлениям север, северо-запад, северо-восток, восток. Функционально защитные лесонасаждения служат для следующих целей: снижение ветровой нагрузки на экодом и иные постройки; преграда от ветра, снежных заносов и метелей для теплолюбивых плодовых деревьев; защита со стороны дороги от выбросов загрязняющих веществ; снижение шумовой нагрузки от внешних источников.

Для реализации мер по озеленению составлен дендроплан земельного участка, предусматривается разбивка сада, цветников, газонов.

Запланированы мероприятия по благоустройству и компостированию плодородного слоя почвы, снимаемого при возведении строений, по созданию водоема, обустройству пешеходных дорожек.

Важным экологическим и градостроительным аспектом является оптимизация использования территории комплекса «Экодом» по функциональному назначению: жилая, хозяйственная, оздоровительная, природно-ландшафтная рекреационная зоны. Процентное соотношение территориального зонирования под различные объекты комплекса представлено на рис. 1.

Как видно из рис. 1, при компактном зонировании территории земельного участка удельный вес природно-ландшафтных и рекреационных зон с сохраненной, восстановленной или адаптированной растительностью составляет 60 % от общей площади комплекса «Экодом».

Особое внимание в бизнес-проекте отведено охране и рациональному использованию водных ресурсов. Оптимизация и рационализация расхода питьевой воды в экологическом доме — неотъемлемая часть концепции экодому. При отсутствии централизованного водоснабжения используются колодец или артезианская скважина глубиной 18...20 м. Подача воды в дом осуществляется погружным насосом «Малыш» с датчиком давления. Для повышения качества питьевой воды применяются простейшие технологии и устройства для механической доочистки воды (отстаивание, фильтрация) с использованием активированного угля, шунгита, серебра с последующим обязательным кипячением. В целях экономии водопотребления предусмотрено использование водосберегающих санитарных приборов, а также сбор дождевой воды и повторное использование ливневых и очищенных бытовых и фекальных стоков для хозяйственно-технических нужд (поддержание уровня наполнения пруда, по-

⁴ СНиП 30-02-97. Планировка и застройка территорий садоводческих (дачных) объединений граждан, здания и сооружения; СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. (с Поправкой); СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

Рис. 1. Распределение площади территории комплекса в процентах.

лив растений, первичная промывка корнеплодов и пр.). Вода после использования в душевой комнате и растопленный снег собираются в специальном резервуаре с целью дальнейшего применения для смыва в туалете. Растопленный снег используется и для первичной промывки корнеплодов, влажной уборки. В результате чистая питьевая вода не применяется для технических и некоторых хозяйственных целей, при этом зависимость от внешнего источника водоснабжения уменьшается не менее чем на 50 %, соответственно снижается объем бытовых, фекальных и поверхностных сточных вод.

Для очистки сточных вод объектов экодому используется разработанная АО «Натэк» и АО «Водар» компактная энергосберегающая (0,5 кВт на 1 м³ очищаемых стоков) водоочистная установка минимального типоразмера 5 м³/сут с водооборотной системой в стандартном металлическом контейнере 3 × 9 м с отделкой из дерева или имитатора под дерево (рис. 1 и 2), изготовленная на основе инновационной технологии очистки, обезвреживания, нейтрализации жидких сред. Экологическим и санитарно-гигиеническим результатом становится полное обеззараживание и очистка сточных вод с обеспечением их соответствия требованиям⁵ по полному комплексу загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах у объектов такого типа (взвешенных, минеральных, поверхностно-активных, аммонийно-содержащих, органических веществ; ионов и соединений металлов (в первую

очередь железа)), а также получение органического удобрения, соответствующего требованиям⁶.

В бизнес-проекте реализованы мероприятия по экономии воды и сбору поверхностных сточных вод. По результатам расчета максимального объема дождевого стока в период ливня с кровель и твердых покрытий объектов комплекса «Экодом» запланированы оптимальное количество дождеприемников и их объем⁷. Альтернативным вариантом является сбор всех дождевых стоков в отстойник емкостью 3...4 м³. Система оборудуется датчиками переполнения со сбросом избыточных вод в пруд; тканевыми многоразовыми фильтрами для очистки поступающего стока с крыш от листьев, насекомых, мелких древесных остатков, твердых частиц помета птиц; насосом для откачки вод из резервуара, используемой для поддержания уровня наполнения пруда, полива растений, первичной промывке загрязненных корнеплодов, смыва в туалете и пр. Достигаемый уровень водопотребления с артезианскими — около 50...70 л/сут на человека.

Важнейшей экологической составляющей деятельности комплекса «Экодом» является ресурсосбережение и утилизация отходов жизнедеятельности (рис. 4). Ресурсосберегающие методы обращения с отходами, включая отдельный сбор, предварительную сортировку и сепарацию, использование более 85 % образующихся отходов для нужд жизнедеятельности экодому с доведением количества не утилизируемых отходов для размеще-

⁵ СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод; ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

⁶ ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод; СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения.

⁷ СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения (Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85).

Рис. 2. Технологическая линия очистки сточных вод комплекса «Экодом»

Рис. 3. Внешний вид контейнера с компактными очистными сооружениями

ния на полигон ТКО до значения около 3...5 % от всей массы образования — позволяют наращивать экологический ресурс экодому и приусадебного участка быстрее, чем при обычной хозяйственно-эксплуатационной деятельности. При эксплуатации комплекса применяются естественные биоинтенсивные технологии для переработки и утилизации органических отходов для повышения плодородия почвы, выращивания сельхозпродукции, а также все современные методы, способы и технологии утилизации в домашних условиях почти всех видов бытовых отходов.

Требования к ведению приусадебного хозяйства комплекса «Экодом» включают применение

биоинтенсивных методов, в частности, компостирование — смешивание возможных для компостирования практически неопасных отходов 5-го класса опасности с влагоемкими и поглощающими материалами и последующее превращение смеси в результате биотермических процессов в эффективное, нетоксичное и экологически безвредное сельскохозяйственное удобрение (компост). Ресурсосберегающие методы обеспечивают максимальную утилизацию органических отходов и стоков, содержащих органику в почвенном слое с получением компоста.

Конструктивное решение организации места хранения огнеопасных материалов, отходов, а

Рис. 4. Схема обращения отходов комплекса «Экодом»

также жидкостей, порошков и предметов бытовой химии обеспечивает санитарную, пожарную и химическую безопасность экодома для других строений, питьевого водозабора, водного объекта, мест отдыха и древесной растительности. Твердые отходы жизнедеятельности экодома из практически неопасных (5-й класс опасности) временно накапливаются в различных по маркировке металлических контейнерах или деревянных ящиках в изолированных секциях специального отдельно стоящего (не менее 8 м от экодома, бани, беседок, 25 м — от артскважины, сооружения водоочистки, пруда; 4 м — от деревьев) многосекционного сооружения — дровяника (табл. 2). Они предварительно сортируются в зависимости от уровня огнеопасности, горючести и по видам:

- необходимые для получения тепловой энергии (направляемые в последующем на растопку, сжигание в печи-камине, мангале);
- повторно применяемые после соответствующей обработки, выделения и извлечения необходимых элементов и частей для эксплуатационно-хозяйственных нужд;
- временно накапливаемые с последующей сдачей в пункты приема вторичного сырья;
- не утилизируемые отходы для дальнейшей сдачи на полигон ТКО.

Цельные остатки алюминиевой фольги в виде упаковок пищевых продуктов, изоляционного материала совместно с тарой и кусками защитного противоударного и пищевого упаковочных пенополистирола и пенопласта на основе картонных упаковочных коробок используются для изготовления сумок-термосов, термокамер для хранения продуктов; ящиков-подставок.

Битая плитка, куски прочих изделий из бетона предусмотрены для ландшафтного дизайна, устройства дорожек; банки и крышки из жести (холоднокатаной тонкой листовой стали) — в качестве мелкоштучной тары, прокладок, минипечек, отпугивателей птиц; стеклотара — для домашнего консервирования, хранения продуктов.

Запланировано широкое использование целых недеформированных пластиковых бутылок для хозяйственно-эксплуатационных нужд: сбора и фильтрации дождевых вод; струйно-капельного орошения плодовых культур; защиты кроны деревьев от грызунов; бордюрных лент и корневых заслонов; изготовления уборочного инвентаря, отпугивателей грызунов, домиков для птиц, мусорных корзин, сумок-аптечек, контейнеров (5 л) для накопления легких твердых неопасных отходов, шлангов, парников и мини-термопарников для выращивания рассады; декоративных ограждений.

В процессе утилизации запланировано использование простейших механических домашних технологий для изготовления вышеуказанных полезных и необходимых в хозяйстве изделий и устройств.

Неиспользуемые практически неопасные отходы жизнедеятельности экодома сортируются и временно накапливаются в отдельных специальных закрытых контейнерах для лома алюминиевых банок из-под напитков, стеклотары, отходов и лома стального несортированного (сдаваемых в пункты приема вторичного сырья в районном центре), а также неиспользуемых отходов (не более 3...5 % от количества образующихся отходов экодома). После временного накопления размещаемые в контейнерах поселка отходы вывозят на полигон ТКО: неза-

Табл. 2. Классификация образующихся отходов комплекса «Экодом» (в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов [16]) по направлению дальнейшей утилизации

Направление утилизации	Виды отходов
Компостирование	Измельченные отходы сучьев, ветвей, вершинок, корчевания пней; растительные отходы ухода за древесно-кустарниковыми посадками; отходы малоценной древесины (хворост, валежник, обломки стволов); зелень древесная; растительные отходы при уходе за газонами, цветниками; солома; мусор и смет от уборки парка, зоны отдыха; остатки табачной мелочи (окурки); грунт (верхний плодородный слой), образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами; отходы песка незагрязненные; осадок (шлам) земляной от промывки овощей (свеклы, картофеля); ботва корнеплодов, растительные остатки овощей, загрязненные землей; выжимки овощные, фруктовые и ягодные; очистки овощного сырья; косточки плодовые; хлебная крошка; скорлупа от куриных яиц; чай некондиционный или загрязненный (в т.ч. использованные пакетики с чаем); пищевые отходы кухонь несортированные; зола от сжигания древесного топлива; опилки натуральной чистой древесины; шлам древесный от шлифовки натуральной чистой древесины; осадок при очистке хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод практически неопасный
Получение тепловой энергии (сжигание)	Стружка, щепа, обрезь натуральной чистой древесины; прочая продукция из натуральной древесины, утратившая потребительские свойства, незагрязненная; срыв бумаги; использованные книги, журналы, брошюры, каталоги; отходы газет; отходы упаковочной бумаги, картона незагрязненные; обрезки и обрывки смешанных тканей (из натурального сырья, незагрязненные: х/б, лен, шерсть); изделия из натуральных волокон незагрязненные, пригодные для изготовления ветоши; мешки бумажные невлагопрочные (без битумной пропитки, прослойки и армированных слоев), утратившие потребительские свойства, незагрязненные
Хозяйственно-эксплуатационные нужды	Лом и отходы фольги из алюминия; отходы пенопласта на основе полистирола; лом и отходы изделий из полистирола; отходы упаковочного картона незагрязненные; лом бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме; лом и отходы стальные несортированные; лом, отходы изделий из полиэтилентерефталата незагрязненные; стеклотара

грязненные отходы пленки полиэтилена и изделий из нее; отходы продукции из пластмасс (крышки, вставки); неутилизированные мелкие обрезки, отходы пенопласта, полиэтилентерефталат, полистирол; отходы изолированных проводов и кабелей; ламп накаливания, утративших потребительские свойства (за исключением энергосберегающих ламп, возвращаемых в торговую сеть на обмен).

Достигнутый уровень ресурсосбережения, выраженный в повторном применении более 95 % образующихся отходов, значительная экономия водных ресурсов в результате вторичного использования собранных поверхностных, оборотных, очищенных стоков для хозяйственно-бытовых целей свидетельствуют об экологической эффективности комплекса.

Научно-практическая значимость бизнес-проекта определена полной и всесторонней актуализацией автономного энергоэффективного комплекса «Экодом» с инновационными очистными сооружениями и ресурсосберегающими технологиями эксплуатации в Московской области с обеспечением всех требований градостроительства, охраны окружающей среды, санитарно-гигиенических, строительных норм, правил и реализацией основных принципов экологического домостроения. Запланированные в данном бизнес-проекте мероприятия в

целом соответствуют стандартам «зеленого» строительства⁸.

В процессе создания, экологического и финансово-экономического обоснования этой актуальной, инновационной бизнес-идеи реализуются стратегические и тактические цели инвесторов и организаторов проекта в сфере инновационных природоохранных технологий:

- привлечение всех слоев общества к решению проблем экологической безопасности среды обитания человека, ресурсосбережения, энергоэффективности, повышения качества жизни;
- достижение качественно нового уровня экологической культуры жизни;
- международный и национальный экологический имидж предпринимателей российского государства, идущего по пути внедрения инновационных экологически чистых энерго- и ресурсосберегающих технологий;

⁸ СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания;
СТО НОСТРОЙ 2.35.68-2012. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Учет региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания.

- актуализация проекта энергоэффективного экоддома с инновационными очистными сооружениями в средней полосе России;
- иллюстрация комплексного оптимального применения инновационных технологий в сфере предотвращения загрязнения, очистки воды и конструктивных технических методов экономии и рационального использования природных ресурсов в процессе строительства.

Реализация проектов экологического домостроения и последующее широкомасштабное использование положенных в его основу технологий способствует решению актуальных задач в экологии и строительстве: обеспечения жителей России экологически безопасным, комфортным жильем, возведенным и эксплуатируемым на основе ресурсо- и энергосберегающих технологий с использованием безвредных для здоровья людей и природной среды материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский Г.Г. Физические, химические и энергоинформационные факторы экологии жилища // Механизация строительства. 2009. № 7. С. 18–20; № 8. С. 26–29.
2. Строганов В.Ф., Гимранов Р.Ю. «Зеленое строительство» — один из аспектов устойчивого развития страны // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 2 (14). С. 319–326.
3. Широков Е.И. Экодом нулевого энергопотребления: реальный шаг к устойчивому развитию // Архитектура и строительство России. 2009. № 2. С. 34–37.
4. Развитие энергоэффективного, экологического индивидуального домостроения в Сибири : Отчет по проекту Центра ООН по населенным пунктам (Хабитат) № FS-RUS-97-S03. Новосибирск. 1999.
5. Гусельников С.М., Медведев Д.С., Огородников И.А. Организационно-экономические механизмы энергоэффективного индивидуального домостроения в Алтайском крае // Энергосбережение в системах теплоснабжения. Барнаул : Изд-во АГУ, 2000. 186 с.
6. Green Building Asset Valuation: Trends and Data // Institute for Building Efficiency. 2011.
7. Green Buildings and the Finance Sector. An Overview of Financial Institution Involvement in Green Buildings in North America : A Report Commissioned by North American Task Force, UNEP Finance Initiative. Washington : DAVID GARDINER & ASSOCIATES, LLC, 2010.
8. Watson R. Green Building Market and Impact Report // GreenBiz Group Inc, 2011.
9. Ellis R. Who Pays for Green: The Economics of Sustainable Buildings // EMEA Research, 2009.
10. Цховребов Э.С., Яйли Е.А., Церенова М.П. и др. Обеспечение экологической безопасности при проектировании объектов недвижимости и проведении строительных работ. СПб. : РГГМУ, 2013. 360 с.
11. Цховребов Э.С., Четвертаков Г.В., Шканов С.И. Экологическая безопасность в строительной индустрии. М. : Альфа-М, 2014. 304 с.
12. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты обращения строительных материалов // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2013. № 3. С. 10–14.
13. Цховребов Э.С., Величко Е.Г. Вопросы охраны окружающей среды при обращении строительных материалов // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 99–103.
14. Кашикаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. М. : ДМК Пресс, 2010. 489 с.
15. Казанцев П.А. Архитектурный проект «Энергоэффективное здание Экодом SOLAR-5» // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 4. С. 17–20.
16. ФККО. Федеральный Классификационный Каталог Отходов. Действует с 1 августа 2014 года (с изменениями 2015–2016 годов). Режим доступа: <http://fkko.ru/>.

Поступила в редакцию в январе 2017 г.

Принята в доработанном виде в феврале 2017 г.

Одобрена для публикации в марте 2017 г.

Об авторах: Шевченко Андрей Станиславович — ЗАО «Национальная инжиниринговая компания», 121596, г. Москва, ул. Горбунова, д. 2, стр. 204, офис А504, А506, sas@natec.ru;

Величко Евгений Григорьевич — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительных материалов, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, pct44@yandex.ru;

Цховребов Эдуард Станиславович — кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора, Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (НИИ «ЦЭПП»), 141006, Московская обл., г. Мытищи, Олимпийский пр-т, д. 42, rebrovstanislav@rambler.ru.

REFERENCES

1. Arkhangel'skiy G.G. Fizicheskiye, khimicheskiye i energoinformatsionnyye faktory ekologii zhilishcha [Physical, Chemical and Energy-informational Factors of the Dwelling Ecology]. *Mekhanizatsiya stroitel'stva* [Mechanization of Construction]. 2009, no. 7, pp. 18–20; no. 8, pp. 26–29. (In Russian)
2. Stroganov V.F., Gimranov R.Yu. «Zelenoye stroitel'stvo» — odin iz aspektov ustoichivogo razvitiya

strany [Green Construction is One of the Directions of the Country Sustainable Development]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Kazan State University of Architecture and Engineering News]. 2010, no. 2 (14), pp. 319–326. (In Russian)

3. Shirokov Ye.I. Ekodom nulevogo energopotrebleniya: real'nyy shag k ustoychivomu razvitiyu [Eco-house of Zero Energy Consumption: Real Step towards Sustainable Development]. *Arkhitectura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and Construction of Russia]. 2009, no. 2, pp. 34–37. (In Russian)

4. Razvitiye energoeffektivnogo, ekologicheskogo individual'nogo domostroyeniya v Sibiri : Otchet po projektu Tsentra OON po naselel'nym punktam (Khabitat) № FS-RUS-97-S03 [Development of Energy-efficient, Ecological Individual House Construction in Siberia: Report on the Project of the United Nations Center for Human Settlements (Habitat) No. FS-RUS-97-S03]. Novosibirsk, 1999. (In Russian)

5. Gusel'nikov S.M., Medvedev D.S., Ogorodnikov I.A. Organizatsionno-ekonomicheskiye mekhanizmy energoeffektivnogo individual'nogo domostroyeniya v Altayskom krae [Organizational and Economic Mechanisms of Energy-efficient Individual House Construction in the Altai Territory]. *Energoberezheniye v sistemakh teplosnabzheniya* [Energy Saving in Heat Supply Systems]. Barnaul, ASU Publishing House, 2000, 186 p. (In Russian)

6. *Green Building Asset Valuation: Trends and Data*. Institute for Building Efficiency. 2011.

7. *Green Buildings and the Finance Sector. An Overview of Financial Institution Involvement in Green Buildings in North America* : A Report Commissioned by North American Task Force, UNEP Finance Initiative. Washington, DAVID GARDINER & ASSOCIATES, LLC, 2010.

8. Watson R. *Green Building Market and Impact Report*. GreenBiz Group Inc, 2011.

9. Ellis R. *Who Pays for Green: The Economics of Sustainable Buildings*. EMEA Research, 2009.

10. Tskhovrebov E.S., Yayli Ye.A., Tserenova M.P. et al. *Obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti pri proyektirovaniy ob'yektov nedvizhimosti i provedenii stroitel'nykh rabot* [Ensuring Environmental Safety in the Design of Real Estate and Construction Works]. St. Petersburg, RSHU Publ., 2013, 360 p. (In Russian)

11. Tskhovrebov E.S., Chetvertakov G.V., Shkanov S.I. *Ekologicheskaya bezopasnost' v stroitel'noy industrii* [Environmental Safety in the Construction Industry]. Moscow, Alfa-M Publ., 2014, 304 p. (In Russian)

12. Tskhovrebov E.S. Ekologo-ekonomicheskiye aspekty obrashcheniya stroitel'nykh materialov [Ecological and Economic Aspects of the Construction Material Treatment]. *Vestnik Kostromskogo gos. un-ta im. N.A. Nekrasova* [Bulletin of Nekrasov Kostroma State University]. 2013, no. 3, pp. 10–14. (In Russian)

13. Tskhovrebov E.S., Velichko Ye.G. Voprosy okhrany okruzhayushchey sredy pri obrashchenii stroitel'nykh materialov [Issues of Environmental Protection in the Construction Material Treatment] *Stroitel'nyye materialy* [Construction Materials]. 2014, no. 5, pp. 99–103. (In Russian)

14. Kashkarov A.P. *Vetrogeneratory, solnechnyye baterii i drugiye poleznyye konstruksii* [Wind Turbines, Solar Panels and Other Useful Structures]. Moscow, DMK Press, 2010, 489 p. (In Russian)

15. Kazantsev P.A. Arkhitekturny proyekt «Energoeffektivnoye zdaniye Ekodom SOLAR-5» [Architectural Project “Energy-Efficient Building by Ecohouse Solar-5”]. *Energobezopasnost' i energoberezheniye* [Energy Security and Energy Saving]. 2010, no. 4, pp. 17–20. (In Russian)

16. *FKKO. Federal'nyy klassifikatsionnyy katalog ot-khodov. Deystvuyet s 1 avgusta 2014 goda (s izmeneniyami 2015–2016 godov)* [FCSC. Federal Classification Catalog of Waste. Effective as on August 1, 2014 (with changes in 2015–2016 years)]. Available at: <http://fkko.ru/>. (In Russian)

Received in January 2017.

Adopted in revised form in February 2017.

Approved for publication in March 2017.

About the authors: **Shevchenko Andrey Stanislavovich** — CJSC National Engineering Company, Office A504, A506, 2 Gorbunova str., bldg. 204, Moscow, Russian Federation, 121596, sas@natec.ru;

Velichko Evgeny Grigorievich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction Materials, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337; pct44@yandex.ru;

Tskhovrebov Eduard Stanislavovich — Candidate of Economics, Associate Professor, Deputy Director, Research Institute “Center for Environmental Industrial Policy” (Research Institute “CEIP”), 42 Olimpiyskiy pr., Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation, 141006, Rebrovstanislav@rambler.ru.