

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В АРХИТЕКТУРЕ

УДК 72:502.2  
ББК 85.11:20.1

**И.А. Поляков, С.В. Ильвицкая**

*Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия*

### Аннотация

Современная тенденция использования в архитектуре средств альтернативной энергетики дает основание полагать, что в будущем, когда человечество сможет отказаться от массового потребления ископаемого топлива, практически каждое здание будет оснащаться оборудованием, использующим неисчерпаемые или возобновляемые источники энергии. В связи с этим остро встает вопрос повышения выразительности энергоактивных зданий, использующих такие установки и разработки художественных приемов интеграции объектов альтернативной энергетики в архитектуру.

**Ключевые слова:** альтернативная энергия, гелиоэнергетика, ветроэнергетика, биотопливо, архитектурно-художественный образ

## THE ARTISTIC IMAGE OF ARCHITECTURE USING ALTERNATIVE ENERGY DEVICES

**I. Polyakov, S. Ilvitskaya**

*State University of Land Use Planning, Moscow, Russia*

### Abstract

The trend of using alternative energy equipment in the architecture means that in the future human society will be able to abandon the use of fossil fuels and every building will be equipped with devices generating energy from renewable sources. In this regard, one of the most important problem today is the increase in expressiveness of active energy buildings and design ways of artistic techniques integration of alternative energy facilities in the architecture.

**Keywords:** alternative energy, solar power, wind energy, biofuel, artistic image

На сегодняшний день одна из главных задач, которая стоит перед архитекторами – это повышение энергоэффективности зданий и сооружений. Использование в архитектуре средств альтернативной энергетики находится в числе основных способов решения данной проблемы [12].

Традиционные ископаемые источники энергии – нефть, уголь, природный газ – представляют собой, как правило, сосредоточенные месторождения природных ресурсов, накопивших энергию в течение очень длительного периода времени, чем обусловлена их высокая эффективность, с одной стороны, и исчерпаемость ресурса – с другой. Проблемы энергетического и сырьевого кризиса заставили начать поиск альтернативных неисчерпаемых и возобновляемых источников энергии. Среди основных источников находятся энергия ветра, солнца, движущейся воды, тепла земли, энергия биомассы. Более подробно в статье будут рассмотрены вопросы интеграции в архитектуру объектов гелиоэнергетики, ветроэнергетики и биотопливных комплексов.

К особенностям альтернативной энергии относятся ее низкая интенсивность и большая рассеянность в пространстве с плотностью менее 300 Вт/м<sup>2</sup> [17], что требует размещения большого количества сравнительно маломощных установок, производящих небольшое количество энергии. В связи с этим можно сделать вывод о целесообразности размещения объектов альтернативной энергетики в структуре зданий и на прилегающих участках для увеличения площади энергетической инфраструктуры и повышения общей производительности энергосистемы. Такое решение позволит получать энергию практически со всей территории, включая площадь застройки. Сокращение протяженности инженерных коммуникаций в этом случае поможет значительно снизить затраты на строительство и эксплуатацию инженерных сетей, связывающих между собой многочисленные установки со зданиями-потребителями, а также уменьшить потери при передаче выработанной энергии, которые значительно возрастают по мере увеличения протяженности и снижения удельной мощности энергосетей. В то же время использование новых элементов в архитектуре может стать средством формирования нового высокотехнологичного образа современных зданий.

Использование возобновляемых источников энергии для России является особенно актуальной задачей, т.к. суровый климат требует больших энергозатрат на отопление и содержание зданий, а обширная площадь не позволяет обеспечить надежное и эффективное энергоснабжение на всей территории страны. Наша страна обладает огромным потенциалом в использовании альтернативных источников энергии (таблица 1) [19]. Так, пока еще слабо развитые районы севера обладают огромными возможностями по использованию энергии ветра, среднегодовое значение скорости которого превышает 8 м/с (необходимый минимум для эффективной работы ветрогенератора составляет 3 м/с). Уровень солнечной радиации на Северном Кавказе, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке превышает 5 кВт·ч/м<sup>2</sup>·день, что вполне сопоставимо по уровню с такими странами как Испания и Италия, являющиеся одними из лидеров в использовании солнечной энергии. Территории Центральной России, на сегодняшний день являющейся основным потребителем энергии, не обладает ярко выраженными природными условиями, что с одной стороны делает ее комфортной для проживания, с другой – требует совместного использования нескольких различных типов объектов альтернативной энергетики. Кроме того Центральные области обладают развитым сельским хозяйством, что формирует хорошую базу для развития такого направления как биотопливная энергетика.

Таблица 1. Оценка потенциала возобновляемых источников энергии России [19]

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т у.т./год	Технический потенциал, млн. т у.т./год		Экономический потенциал, млн. т у.т./год	
		2010	2020	2010	2020
Солнечная энергия	2 205400	9695	29900	62,5	180
Энергия ветра	44326	2216	3324	11	18
Малая гидроэнергетика	402	126	160	70	91
Энергия биомассы	467	129	170	69	88
Геотермальная энергия	29200	11869	1300	114	125
Низкопотенциальное тепло (тепловые насосы)	563	194	220	53	70
<b>ИТОГО по ВИЭ</b>	<b>2 251158</b>	<b>24229</b>	<b>35074</b>	<b>320</b>	<b>572</b>

Сегодня большое количество фирм в России и за рубежом занимается проектированием и разработкой рекомендаций по использованию в зданиях и сооружениях энергоустановок, работающих на неисчерпаемых и возобновляемых источниках энергии. В основном эти работы затрагивают инженерно-технические аспекты проектирования. Вместе с тем помимо грамотного выбора и размещения оборудования важно также учитывать его влияние на внешний облик строения.

Художественные приемы использования объектов альтернативной энергетики в архитектуре основаны на принципе стилистического единства, предполагающего решение ряда задач, связанных с дизайном инженерного оборудования и приемами его интеграции в структуру зданий и генерального плана с целью создания выразительной стилистически цельной архитектурной композиции. Художественные приемы интеграции средств альтернативной энергетики, в первую очередь, связаны с архитектурой оснащаемого здания и характером его окружения. В этом отношении можно выделить два основных подхода к проектированию – адаптация интегрированных установок к уже сложившемуся характеру застройки и создание новых архитектурно-художественных решений, использующих объекты альтернативной энергетики как основной элемент художественного образа. Как видим, в первом случае дизайн и способ интеграции средств альтернативной энергетики подчиняются уже сложившемуся художественному решению здания, во втором – являются его определяющим элементом.

Требования к обеспечению эффективного, удобного и безопасного использования территории и располагаемых на ней строений лежат в основе разработки проектных решений. Для различных природно-климатических условий применяются определенные архитектурно-типологические характеристики застройки [10]. Поэтому перед началом проектирования для каждого объекта необходимо определить и проанализировать весь комплекс факторов, которые, влияют на вид, расположение и способы интеграции в архитектуру средств альтернативной энергетики.

Основным требованием при выборе способа интеграции энергетических установок в архитектуру является создание условий для их оптимальной работы и удобства обслуживания. Объекты альтернативной энергетики могут быть выполнены в виде пристроенных, надстроенных и встроенных в общий объем элементов. Пристроенные установки, представляют собой отдельную структуру, расположенную в плане рядом со зданием и конструктивно связанную с ним, надстроенные – располагаются на кровле. Установки, встроенные в объем, интегрируются в конструкции здания, образуя с ними единую структуру.

Образ здания с использованием объектов альтернативной энергетики может по-разному формироваться в зависимости от расстояния наблюдателя [13]. Для зданий, восприятие которых осуществляется с больших расстояний, наиболее эффективно использование установок формирующих его силуэт, главным образом за счет применения надстроенного и пристроенного типа интеграции. С расстояния 100-500 м, когда форма здания играет основную роль в восприятии его образа, целесообразно использование объектов альтернативной энергетики, встроенных в объем. В непосредственной близости от здания хорошо читается фактура фасадов и кровли, в этом случае большой выразительный эффект может быть достигнут благодаря сочетанию различных материалов отделки и элементов установок.

Размещение на генеральном плане малых архитектурных форм, оснащенных средствами альтернативной энергетики, может не только повысить производительность энергосистемы, но и дополнить образ застройки [11]. Установки, расположенные на общем участке, образуют вместе со зданием единый ансамбль. Объекты альтернативной энергетики могут быть размещены в элементах наружного освещения, в конструкциях беседок и навесов, в элементах мощения дорог, а также в виде самостоятельных художественно оформленных элементов. Кроме того, использование отдельно от зданий объектов некоторых типов – биотопливных установок, крупных ветрогенераторов –

позволит увеличить их мощность, не нагружая конструкции здания, и обеспечит необходимые санитарные и противопожарные разрывы.

Сегодня существует множество различных видов объектов альтернативной энергетики, но наибольшее распространение в архитектуре получили **объекты гелиоэнергетики**, которые производят до 1,2% мировой энергии [16]. Главным образом эти установки представлены фотоэлектрическими элементами и солнечными коллекторами, используемыми для производства электроэнергии, отопления и горячего водоснабжения зданий. Конструкция основных рабочих элементов объектов гелиоэнергетики выполняется в виде жестких панелей или гибкой пленки, имеющих характерную текстуру поверхности. Для эффективной работы такие элементы требуют определенной ориентации, обеспечивающей максимальную освещенность поверхности солнцем [9]. Таким образом, архитектурно-художественные решения зданий с интегрированными объектами гелиоэнергетики характеризуются спецификой формообразования и использованием декоративного эффекта поверхности солнечных панелей в сочетании с другими материалами отделки фасадов (рис. 1).

Формообразование зданий, использующих объекты гелиоэнергетики в своей структуре, выражается в пластике фасада и кровли, которую образуют расположенные под оптимальным углом к солнцу ограждающие конструкции с интегрированными в них установками (рис. 1а). Композиция может состоять из ряда последовательно расположенных наклонных плоскостей, образующих зубчатый профиль, однако для уменьшения взаимного затенения конструкций предпочтительно объединение солнечных панелей в единую поверхность. Допускается, хотя и является менее эффективной, интеграция объектов гелиоэнергетики в горизонтальные и вертикальные конструкции с южной ориентацией.

Современная технология производства тонкопленочных фотоэлектрических элементов делает также возможным создание сложной криволинейной поверхности энергоактивного покрытия [18]. Солнечные коллекторы, располагаемые на небольшом расстоянии от поверхности ограждающих конструкций, также формируют многоуровневую пластику фасада. Примером здания, в котором объекты гелиоэнергетики совмещены с ограждающими конструкциями, может служить центр оптоволоконных исследований OPTIC в Санкт-Асафе в Великобритании (рис. 1б). Эффективно расположенные гелиоустановки в этом проекте не только обеспечивают центр необходимой энергией, но и подчеркивают образ предприятия, занимающегося высокотехнологичным наукоемким производством.

Для оптимальной ориентации объекты гелиоэнергетики часто располагают на специальных выносных конструкциях, которые позволяют практически не изменять форму самого здания. Архитектурный образ в этом случае формируется структурой из наклонных плоскостей солнечных батарей или коллекторов, которая накладывается на основной объем здания (рис. 1в). Использование дополнительных конструкций, оборудованных системой гелиослежения, не только значительно увеличивает производительность энергосистемы, но и создает принципиально новые архитектурно-художественные решения, превращая монументальное недвижимое здание в «живую машину» [1]. Ярким примером применения этой технологии является эко-здание во Фрайсбурге в Германии (рис. 1г).

Солнечные панели обладают характерной текстурой поверхности, могут иметь различную форму и цветовое решение, комбинирование которых может послужить основой для создания выразительной архитектурной композиции [2]. Так, сочетание фотоэлектрических панелей и солнечных коллекторов образует мозаичный узор на поверхности фасада научно-исследовательского центра «Fiat» (рис. 1д), а применение фотоэлектрических элементов нестандартной конфигурации помогает создать сложный высокотехнологичный образ выставочного павильона Германии (арх. бюро «HAGER Group») на Международной выставке «Expo 2015» в Милане (рис. 1е).

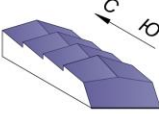
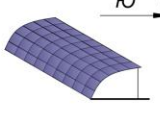
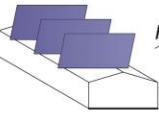
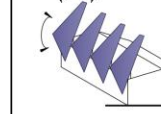




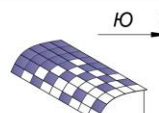
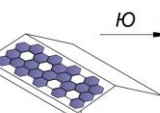
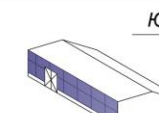
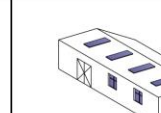
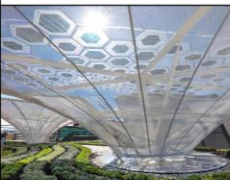


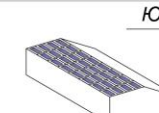
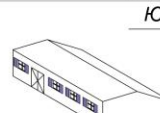
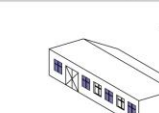
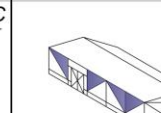



Форма здания			
а) Формирование пластики кровли	б) Формирование цельной поверхности фасада и кровли	в) Дополнительные неподвижные конструкции для установки солнечных панелей	г) Подвижные конструкции с системой гелиослежения
			
			
Проект энергоактивного моста в Лондоне	Здание центра оптоволоконных исследований ОПТИС, Санкт-Асаф, Великобритания	Солнечные батареи на крыше станции зарядки электромобилей	Эко-здание, Фрайбург, Германия
Текстура и цвет			
д) Мозаичное заполнение поверхности в виде узора	е) Солнечные панели сложной формы	ж) Текстура солнечных элементов как основное художественное средство	з) Светопрозрачные фотоэлектрические элементы
			
			
Солнечные панели и коллекторы Научно-исследовательский центр Fiat	Выставочный павильон Германии (HAGER Group) на Международной выставке Expo 2015 в Милане	Солнечные батареи, целиком покрывающие фасад здания	Энергоэффективные фонари верхнего света продовольственного рынка, Испания
Стилизация под архитектурные элементы			
и) Интеграция в конструкции	к) Интеграция в отдельные элементы зданий	л) Стилизация в виде элементов здания	м) Членение фасада
			
			
Фотоэлектрические элементы, интегрированные в черепицу. Церковь в Пфулен, Германия	Ставни с интегрированными солнечными модулями	Фальшокно, заполненное фотоэлектрическими элементами	Солнечные панели в проемах здания Solar XXI, Португалия

Рис. 1. Приемы использования средств гелиоэнергетики в структуре зданий

Для достижения наибольшей выработки энергии, солнечные панели часто покрывают весь фасад здания, и текстура фотоэлектрических элементов является в этом случае основным художественным средством (рис. 1ж). Иногда задействуются также светопрозрачные конструкции. Энергоэффективное остекление в этом случае может быть выполнено в виде массива из отдельных интегрированных фотоэлектрических модулей

или полупрозрачной пленки. Фонари верхнего света продовольственного рынка в Испании демонстрирует эффективное сочетание такого полупрозрачного фотоэлектрического покрытия с бесцветным и цветным остеклением, напоминающее работы Мондриана (рис. 1з).

Использование исторических стилей и стремление повысить энергоэффективность существующих зданий, не нарушая их архитектурного облика, требуют адаптации объектов альтернативной энергетики к уже сложившемуся художественному образу [1]. Эта цель достигается стилизацией установок под различные архитектурные элементы и их интеграцией в «традиционные» конструкции, например черепицу, соблюдая существующие членения фасада, словно бы заменяя «обычные» поверхности энергоактивным покрытием. По этому принципу выполнена конструкция кровли старинной церкви в городе Плауэн в Германии, южный скат которой целиком покрыт солнечными панелями, повторяющими форму и цвет, используемого ранее покрытия (рис. 1и). Размещение солнечных коллекторов в простенках между окнами органично дополняет архитектуру здания Solar XXI в Португалии (рис. 1к). Оконные ставни с интегрированными фотоэлектрическими элементами прекрасно впишутся в сельскую архитектуру (рис. 1л), а использование фальшокон, заполненных солнечными панелями, значительно повысит энергоэффективность здания, оставаясь практически незаметным для обычного зрителя (рис. 1м).

Отсюда видно, что основными направлениями при формировании архитектурно-художественного образа здания с использованием объектов гелиоэнергетики являются проектирование оптимальной формы ограждающих конструкций здания с интегрированными в них установками, использование дополнительной структуры из солнечных панелей, в том числе с применением подвижных модулей системы гелиослежения, а также сочетание различной формы и текстуры поверхности солнечных модулей и материалов отделки фасада. Для проектов, в которых важно сохранить уже сложившийся художественный образ здания, целесообразна стилизация интегрированных установок под характерные для используемого стиля архитектурные элементы и заполнение существующих членений фасада.

**Объекты ветроэнергетики** обеспечивают 3,7% от мирового производства энергии из возобновляемых источников и также активно используются в структуре зданий [16]. Ветряные мельницы использовались человечеством на протяжении нескольких тысяч лет, и сегодня применение ветряков актуально как никогда. Архитектурные решения интеграции объектов ветроэнергетики в структуру зданий связаны главным образом с проектированием формы будущего строения, обеспечивающей максимальную скорость воздушных потоков в районе ветряной турбины, и непосредственно дизайном ветрогенераторов (рис. 2). Чаще всего ветроустановки выполняются надстроеными, однако существуют примеры пристроенных и включенных в структуру здания.

При интеграции объектов ветроэнергетики в структуру зданий можно выделить несколько подходов: применение высоких конструкций, доминирующих над окружающей застройкой помогает разместить ветрогенераторы в зоне сильных ветров; использование поверхности стен и кровли для концентрации и изменения направления воздушных потоков в районе ветряной турбины, которые вместе с тем формируют объем будущего здания и его художественный образ [15]. Наиболее выразительными примерами решений, использующих данные принципы интеграции объектов ветроэнергетики в архитектуру, могут служить небоскреб «Strata tower» в Лондоне (рис. 2а), проект Центра комплексных исследований в области энергетики в Пенсильвании (рис. 2б) и здание Всемирного торгового центра в Дубаи (рис. 2в). Проект небоскребов «Gullwing Twin Wind Towers» в Дубаи демонстрирует пример создания целой структуры из ветряков, сформировавшей весь его внешний объем и придающей зданию оригинальный футуристический вид (рис. 2г).


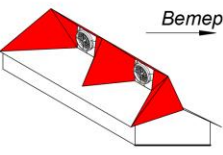
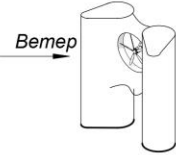
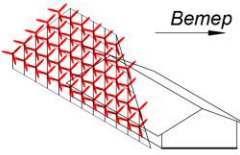





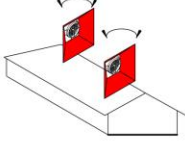
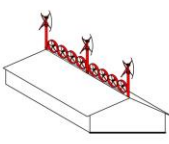
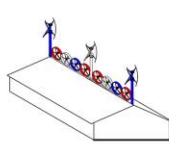





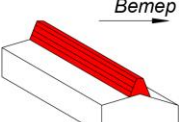
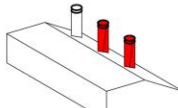
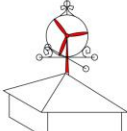




Форма здания			
а) Вертикальные объемы большой высоты	б) Аэродинамическая форма покрытия	в) Аэродинамическая форма стен здания	г) Структура из ветряков
			
			
Высотное здание "Strata tower". Лондон	Центр комплексных исследований в области энергетики, Пенсильвания, США	Всемирный торговый центр. Бахрейн	Небоскребы Gullwing Twin Wind Towers, Дубай
Дизайн ветроустановок			
д) Создание выразительного дизайна ветрогенератора	е) Ветряки со встроенными конфузорами	ж) Композиции из различных типов ветряных турбин	з) Колористическое решение ветряных установок
			
			
Современный ветрогенератор	Ветрогенератор со встроенным конфузуром	Ветряной и солнечный мост Solar Wind в Калабрии, Италия	Комбинированная установка ветряков и солнечных батарей
Адаптация к традиционным архитектурно-художественным решениям			
и) Размещение внутри существующих каркасных конструкций	к) Размещение в возводимых ветропрозрачных конструкциях	л) Стилизация в виде элементов здания	м) Использование характерных декоративных элементов
			
			
Эйфелева башня, Париж	RidgeBlade, ветрогенератор в защитном корпусе, установленный вдоль конька кровли	Проект ветрогенератора	Ветрогенератор замка Вилен, Франция, 1894г.

Рис. 2. Приемы использования средств ветроэнергетики в структуре зданий

Следует отметить, что вращающиеся элементы ветряных турбин всегда привлекают к себе большое внимание, что часто делает их композиционным центром. Современные ветрогенераторы обладают оригинальным дизайном, умелое использование которого позволяет создать необычный выразительный художественный образ (рис. 2д). Дополнительные элементы, применяющиеся в ветряных турбинах – конфузуров,

хвостовики – также могут стать важной частью внешнего облика здания (рис. 2е). Комбинирование разных по типу и размеру ветрогенераторов позволяет не только объединить их в сложную выразительную композицию, но и спроектировать эффективно работающую в изменяющихся условиях энергетическую систему (рис. 2ж). Колористическое решение поверхностей ветряных установок также является важным средством в формировании художественного образа здания (рис. 2з).

Интеграция объектов ветроэнергетики в существующую застройку является сложной инженерной и архитектурно-художественной задачей. В таких условиях приемы интеграции объектов ветроэнергетики не должны нарушать сложившийся архитектурный облик среды, что достигается грамотным подбором и размещением используемого оборудования [8]. Так, при модернизации Эйфелевой башни в Париже для сохранения силуэта сооружения ветряные турбины размещены внутри ее каркасных конструкций. Наклон и цвет лопастей ветряка повторяют наклон и цвет основного каркаса башни, практически теряясь в нем и не нарушая исторически сложившегося образа сооружения (рис. 2и). При необходимости ветрогенераторы могут быть установлены внутри дополнительно устраиваемых воздухопроницаемых конструкций, которые будут органично взаимодействовать с общим обликом здания, и защитят ветрогенератор от возможных поломок (рис. 2к). Сложный дизайн ветрогенераторов, выполненный в виде элементов здания (рис. 2л) или использующий декор, характерный для рассматриваемых архитектурных стилей, прекрасно впишется в историческую застройку. Примером такого решения может служить ветрогенератор замка Вилен во Франции установленный еще в 1894 году (рис. 2м).

Использование в архитектуре объектов ветроэнергетики требует применения в зданиях высоких конструкций и проектирования определенной аэродинамической формы стен и кровли в районе установки, которые становятся характерной чертой будущих строений. Высоко расположенные вращающиеся элементы ветряных турбин становятся центром архитектурной композиции, что значительно повышает требования к дизайну ветрогенераторов и применяемых в них элементах. В случае, когда необходимо скрыть ветрогенераторы, они могут быть размещены внутри существующих или вновь проектируемых воздухопроницаемых конструкций. Дизайн объектов ветроэнергетики при использовании в застройке исторических архитектурных стилей может быть выполнен с использованием характерных для рассматриваемой эпохи декоративных элементов.

**Биотопливная энергетика** на сегодняшний день является одним из наиболее перспективных направлений энергетики. За последние десять лет объемы производства в этой отрасли выросли в семь раз, а доля от всей произведенной энергии за 2015 год составила 2% [16]. Биогазовые комплексы способны обеспечить здания электроэнергией, применяться для их отопления и горячего водоснабжения, приводить в движение механические устройства. И хотя биотопливные установки чаще всего представляют собой отдельные сооружения, они влияют на формирование архитектурной среды и активно используются в концепциях зданий и городов будущего (рис. 3).

Проекты «Небесная ферма», концептуальное строение «Harvest Green Project» компании «Romses Architects», проект «Hydrogenase» и небоскреб-ферма «Dragonfly» демонстрируют оригинальные архитектурные решения по включению биогазовых комплексов в структуру зданий (рис. 3а). Большинство таких проектов представляют собой городские фермы или теплицы, интегрированные в здания другого назначения. Связано это с тем, что производство биотоплива осуществляется путем переработки органических веществ растительного и животного происхождения, поэтому основной задачей при использовании этих установок в архитектуре является обеспечение их сырьевой базой. Внешний вид зданий с интегрированными объектами биотопливной энергетики, как правило, характеризуется большими стеклянными фасадами, сквозь которые видны выращиваемые внутри растения. Основными выразительными средствами в этом случае являются сама форма здания и членения стеклянного фасада.



Интеграция в здания	Художественные решения биогазовых установок		
а) Городские фермы, совмещенные с другими типами зданий	б) Композиция из нескольких установок	в) Размещение установок в павильонах	г) Дизайн ограждающих конструкций установок
Проект здания Harvest Green Project, Ванкувер, Канада	Сочетание различных объемов в архитектуре биогазового комплекса	Биогазовая установка "БИО-10", УкрАгроБиоГаз	Декоративные изображения на поверхности метантенки
Адаптация к окружающей застройке	Художественные решения участков для выращивания энергетических культур		
д) Членения фасада и декоративные элементы, используемые в окружающей застройке	е) Архитектурно-планировочная организация территории, сеть площадок и дорожек	ж) Сочетание разных сортов энергетических культур	з) Включение ландшафтных композиций из декоративных растений и МАФ
Газгольдеры Московского газового завода, Москва, 1914.	Круги на полях, Великобритания, 2008 г.	Поля цветущего амаранта - одной из наиболее эффективных энергетических культур	Беседка в поле, Франция

Рис. 3. Приемы архитектурно-художественных решений биогазовых комплексов

Однако сейчас биотопливные установки практически не используются в структуре зданий-потребителей, что связано со сложностью производственных процессов, большом количестве вспомогательных инженерных средств и крупными размерами их отдельных элементов [13]. Расстояние от мест обработки биоотходов до жилых районов в зависимости от типа, мощности и конструктивных особенностей предприятия должно составлять от 300 м до 1000 м<sup>1</sup>. В связи с этим наибольшее распространение современные биотопливные установки получили в сельской местности, в местах с развитым сельским хозяйством и представляют собой отдельно стоящие производственные сооружения. Чаще всего в качестве объектов биотопливной энергетики используются биогазовые установки – метантенки (биогазовые реакторы) и газгольдеры, которые, как правило, представляют собой конструкции промышленного изготовления, максимально оптимизированные для выполнения производственных процессов. В связи с этим особенно важно повысить художественную выразительность и оригинальность таких типовых элементов.

Сегодня компании предлагают достаточно широкий выбор оборудования: установки различной вместимости от 50 до 2000 кг перерабатываемого сырья в сутки, метантенки, имеющие вертикальную или горизонтальную ось реактора. По степени заглубления в грунт различают надземные, частично заглубленные и подземные реакторы. При этом в

<sup>1</sup> СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны, санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

биогазовых комплексах часто используется несколько таких установок, что дает возможность объединения и создания сложной пространственной композиции из нескольких различных типов таких объектов (рис. 3б).

Биогазовые установки могут быть размещены внутри специально построенных павильонов (рис. 3в). Такое решение повышает удобство обслуживания и ремонта оборудования, обеспечит условия для его оптимальной работы, а главное – придает комплексу выразительный вид. Архитектурно-художественные решения таких павильонов могут быть выполнены в общем ключе с окружающей застройкой или контрастировать с ней.

Уникальный образ биогазового комплекса можно создать также средствами дизайна внешних поверхностей установок, используя графические композиции и декоративные элементы (рис. 3г). Так, например, нанесенный на ограждающие поверхности рисунок «растворит» внешне непривлекательные сооружения и дополнит окружающую застройку, а ряд из нескольких метантенков, окрашенных в разные цвета, придаст комплексу яркий, запоминающийся образ. Аналогичное решение, примененное к инженерным системам, можно увидеть в Национальном центре искусства и культуры Жоржа Помпиду в Париже и в производственном цехе «Высота 239» на Челябинском трубoproкатном заводе.

Когда особенно важно сохранить характер окружающей застройки, использование декоративных элементов, характерных для окружающих зданий и сооружений, при проектировании установок поможет вписать объекты биотопливной энергетики в существующую среду. Близким к такому решению является Московский газовый завод, построенный в 1914 году Фальшокна, декоративная кладка карнизов, цоколь и пилястры, устроенные по периметру газгольдеров, не только придают выразительность архитектуре комплекса, но и создают образ типичного городского здания, помогая органично разместить крупные промышленные сооружения в центре города (рис. 3д).

Естественных биоотходов для полноценного энергоснабжения зданий, часто бывает недостаточно, поэтому биотопливные комплексы необходимо обеспечивать дополнительной сырьевой базой. Для этих целей используются культуры растений, которые при переработке в биореакторе способны выдавать большое количество биогаза. Самой распространенной культурой является силосная кукуруза, которая дает урожай до 70 тонн биомассы с гектара, что достаточно для выработки 30 тыс. м<sup>3</sup> биогаза или 30 МВт×ч энергии (с учетом 30% потерь на работу установки). Другим видом сырья является амарант, который помимо высоких характеристик по выработке биогаза очень красив и обладает ценными лекарственными свойствами [7].

Энергетические культуры предлагается выращивать на отдельных участках, расположенных вблизи биогазового комплекса. Целесообразным представляется благоустройство и параллельное использование этой территории для нужд населения. На таких участках возможно устройство парковых прогулочных зон, размещение спортивных сооружений, водоемов, сохраняя при этом необходимые площади для подготовки сырьевой базы биогазовых установок [5]. Достижение художественной выразительности такой территории достигается средствами ландшафтной архитектуры, планировкой территории, использованием растительных композиций и малых архитектурных форм. Внешне близкими к такому решению, хотя и имеющими другое происхождение, являются так называемые круги на полях – огромные узоры из выкошенной травы, возникающие на сельхозугодиях. Созданная по такому же принципу сеть дорожек и площадок будет эффектно смотреться с возвышенности, и восприниматься изнутри (рис. 3е).

Для того чтобы пейзаж не выглядел унылым и однообразным, рекомендуется сочетать разные виды растений. Так, амарант имеет красивые соцветия, отличающиеся по форме и цвету у разных сортов, которые летом ярким ковром заполняют все поле (рис. 3ж). Допускается также вблизи дорожек и площадок для создания выразительных

ландшафтных композиций использовать декоративные растения и малые архитектурные формы [4] (рис. 3з).

Как показано выше, современные объекты биотопливной энергетики – это крупные промышленные комплексы, расположенные в сельской местности. Повышение художественной выразительности таких объектов осуществляется средствами дизайна отдельных элементов установок и их объединением в единую выразительную пространственную композицию. Прилегающая территория, используемая для выращивания энергетических культур, формируется средствами ландшафтной архитектуры и образует вместе с биотопливным комплексом общую архитектурно-ландшафтную среду.

Приоритетными задачами строительной науки и практики в настоящее время стали проблемы повышения энергетической эффективности архитектурных объектов и необходимость модернизации архитектуры энергоактивных зданий с использованием средств альтернативной энергетики. Поэтому вопрос разработки архитектурно-художественных приемов интеграции объектов альтернативной энергетики является одним из самых важных для современной архитектуры.

## Литература

1. Аронова Е.С. Оценка целесообразности использования технологий солнечной энергетики в исторической застройке Санкт-Петербурга и климатических условиях Северо-запада / Е.С. Аронова, А.В. Ефимов // Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». – 2 (23). – М.: МАРХИ, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/aronova\\_murgul/abstract.php](http://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/aronova_murgul/abstract.php)
2. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии / О.К. Афанасьева. Диссертационная работа на соис. уч. степ. канд. арх., – М., 2009. – с.110.
3. Башнет А. Архитектурная интеграция фотоэлектрических систем и солнечных коллекторов в здания / А. Башнет // Норвежский Университет науки и технологии Факультет архитектуры и изобразительного искусства Кафедра архитектурного проектирования, истории и технологии. – Тронхейм, 2012.
4. Благовидова Н.Г. Экологическая направленность проектирования в конкурсных работах студентов московского архитектурного института / Н.Г. Благовидова, А.М. Разгулова // Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». – 3 (36). – М.: МАРХИ, 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marhi.ru/AMIT/2016/3kvart16/blagovidova/abstract.php>
5. Веркалец И.М. Принципы и методы архитектурно-планировочной организации рекреационных ландшафтов с учетом эстетики природной окружающей среды / Веркалец И.М. // Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». – 1 (26). – М.: МАРХИ, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marhi.ru/AMIT/2014/1kvart14/verkalets/abstract.php>
6. Ефимов А.В. Мировые художественные течения и архитектурное творчество. Часть 1 / А.В. Ефимов // Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». – 3 (36). – М.: МАРХИ, 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marhi.ru/AMIT/2016/3kvart16/efimov/abstract.php>

7. Лаврухина О.С. Стимуляторы выработки биогаза / О.С.Лаврухина // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/05/13035>
8. Мелен П. Ветрогенераторы на крыше здания / П. Мелен, К. Бриско, М. Дек // Здания высоких технологий: электронный журнал. – 2013. – № 3. – С.47-57 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://zvt.abok.ru/upload/pdf\\_issues/11.pdf](http://zvt.abok.ru/upload/pdf_issues/11.pdf)
9. Мургул В.А. Возможности использования солнечной энергии для энергоснабжения жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга и улучшения качества городской среды / В.А.Мургул // Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». – 1 (22). – М.:МАРХИ, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/murgul/abstract.php>
10. Мягков М.С. Город, архитектура, человек и климат / М.С. Мягков, Ю.Д. Губернский, Л.И. Конова, В.К. Лицкевич. – М.: Архитектура-С, 2007. – с. 262.
11. Поляков И.А. Гелиоархитектура / И.А.Поляков, С.В. Ильвицкая // Архитектура и строительство России. – 2016. – №1-2 (217-218). – С.166-167.
12. Поляков И.А. Развитие архитектуры и природы как единой системы / И.А. Поляков, С.В Ильвицкая // Естественные и технические науки. – М.: «Спутник +», 2014. – № 11-12(78). – С. 443-444.
13. Рябов А.В. Объекты альтернативной энергетики в архитектуре зданий / А.В.Рябов. – М.: Аналитик, 2012.
14. Селиванов Н.П. Энергоактивные здания / Н.П. Селиванов, А.И. Мелуа, С.В. Зоколей и др.; Под ред. Э.В. Сарнацкого, Н.П. Селиванова. – М.: Стройиздат, 1988.
15. Семикин П.П. Принципы формирования архитектуры высотных зданий с возобновляемыми источниками энергии / П.П.Семикин. Диссертационная работа на соиск. уч. ст. канд. арх. – М., 2014. – С. 40 – 41.
16. Состояние возобновляемой энергетики 2016: глобальный отчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21\\_GSR2016\\_KeyFindings\\_RUSSIAN.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_KeyFindings_RUSSIAN.pdf)
17. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
18. Чесноков С.А. Использование тонкопленочных солнечных модулей в архитектуре / С.А. Чесноков, А.Г. Чесноков, С.Г. Прилипко // ОАО «ГИС», 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://glassinfo.ru/index.php?page=page42>
19. Шеповалова О.В. Использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергообеспечения сельских зданий / О.В. Шеповалова // Ползуновский вестник. – №2/2. – 2011.

## References

1. Aronova E.S., Murgul V. The evaluation of the appropriateness for using solar energy technologies in the historical building of St. Petersburg and the climatic conditions of the north-west region. Magazine "AMIT". No.2 (23), 2013. Available at: [http://marhi.ru/eng/AMIT/2013/2kvart13/aronova\\_murgul/abstract.php](http://marhi.ru/eng/AMIT/2013/2kvart13/aronova_murgul/abstract.php)

2. Afanas'eva O.K. *Arhitektura maloehtaznyh zhilyh domov s vozobnovlyaemymi istochnikami ehnergii. (kand. dis.)* [The architecture of low-rise residential buildings with renewable energy sources (Cand. Dis.)]. Moscow, 2009, p.110.
3. Basnet Arju. *Arhitekturnaja integracija fotoelektricheskikh sistem i solnechnyh kollektorov v zdaniya* [Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings. Master's Thesis in Sustainable Architecture. Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Arts Department of Architectural Design, History and Technology]. Trondheim, June, 2012.
4. Blagovidova N., Razgulova A. Ecological focus of designing in the contest of Moscow Architectural institute student's projects. No.3 (36), 2016. Available at: <http://marhi.ru/eng/AMIT/2016/3kvart16/blagovidova/abstract.php>
5. Verkalets I. Principles and methods of architectural design recreational landscapes with regard to aesthetics natural environment. Magazine "AMIT". No. 1 (26), 2014. Available at: <http://marhi.ru/eng/AMIT/2014/1kvart14/verkalets/abstract.php>
6. Efimov A. World artistic trends and architectural creativity. Part 1. Magazine "AMIT". No. 3 (36), 2016. Available at: <http://marhi.ru/eng/AMIT/2016/3kvart16/efimov/abstract.php>
7. Lavrukhina O.S. *Stimulyatory vyrabotki biogaza. Ehlektronnyj zhurnal "Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii"* [Modern scientific research and innovation]. No.5, 2012. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2012/05/13035>
8. Melen P., Brisko K., Dek M. *Vetrogeneratory na kryshe zdaniya. Ehlektronnyj zhurnal "Zdaniya vysokikh tekhnologij"* [Wind turbines on the roof. Magazine "Buildings of high technology"]. No. 3, 2013, pp.47-57. Available at: [http://zvt.abok.ru/upload/pdf\\_issues/11.pdf](http://zvt.abok.ru/upload/pdf_issues/11.pdf)
9. Murgul V. Capabilities of using the solar energy for energy supply of the dwelling buildings of the historical area of Saint-Petersburg and for city environment quality improvement. Magazine "AMIT". No. (22), 2013. Available at: <http://marhi.ru/eng/AMIT/2013/1kvart13/murgul/abstract.php>
10. Myagkov M.S., Gubernskij Y.D., Konova L.I., Lickevich V.K. *Gorod, arhitektura, chelovek i klimat* [City, architecture, people and climate]. Moscow, 2007, p. 262.
11. Polyakov I.A., Il'vitskaya S.V. *Gelioarkhitektura. Zhurnal "Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii"* [Gelioarkhitektura. Magazine "Russian Architecture and Construction"]. Moscow, 2016, no.1-2 (217-218), pp.166-167.
12. Polyakov I.A., Il'vitskaya S.V. *Razvitie arkhitektury i prirody kak edinoj sistemy. Zhurnal "Estestvennye i tekhnicheskie nauki"* [Development of architecture and nature as a system Magazine "Natural and Technical Sciences"]. Moscow, 2014, no.11-12(78), pp.443-444.
13. Ryabov A.V. *Ob"ekty al'ternativnoj ehnergetiki v arkhitekture zdaniy* [Objects of alternative energy in the architecture of buildings]. Moscow, 2012.
14. Selivanov N. P., Melua A.I., Zokolej S.V. Sarnatskij E.V. *Ehnergoaktivnye zdaniya* [Energy active buildings]. Moscow, 1988.
15. Semikin P.P. *Principy formirovaniya arkhitektury vysotnyh zdaniy s vozobnovlyaemymi istochnikami ehnergii. (kand. dis.)* [Principles of formation of architecture of high-rise buildings with renewable energy sources. (cand. dis.)]. Moscow, 2014, pp.40-41.

16. *Sostoyanie vozobnovlyaemoj ehnergetiki 2016: global'nyj otchet* [Renewables 2016 Global Status Report Key]. Available at: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21\\_GSR2016\\_KeyFindings\\_RUSSIAN.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_KeyFindings_RUSSIAN.pdf)
17. Tvardell D. *Vozobnovlyaemye istochniki ehnergii* [Renewable energy sources]. Moscow, 1990.
18. Chesnokov S.A. Chesnokov A.G., Prilipko S.G. *Ispol'zovanie tonkoplennichnykh solnechnykh modulej v arkhitekture. OAO «GIS»* [Using thin-film solar modules in the architecture. "GIS"]. 2014. Available at: <http://glassinfo.ru/index.php?page=page42>
19. Shepovalova O.V. *Ispol'zovanie vozobnovlyaemyh istochnikov ehnergii v kompleksnyh sistemah ehnergoobespecheniya sel'skih zdaniy. Polzunovskij vestnik* [The use of renewable energy sources in integrated energy systems rural buildings. Polzunovskii Herald]. – №2/2. – 2011.

## ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

### **Поляков Илья Алексеевич**

Аспирант, кафедра Архитектура, Архитектурный факультет,  
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, Россия  
e-mail: [il-90.12@mail.ru](mailto:il-90.12@mail.ru)

### **Ильвицкая Светлана Валерьевна**

Доктор архитектуры, профессор, заведующая кафедрой «Архитектура»,  
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, Россия  
e-mail: [ilvitskaya@mail.ru](mailto:ilvitskaya@mail.ru)

## DATA ABOUT THE AUTHORS

### **Polyakov Ilya**

Postgraduate Student, Chair «Architecture», State University of Land Use Planning, Moscow,  
Russia  
e-mail: [il-90.12@mail.ru](mailto:il-90.12@mail.ru)

### **Ilvitskaya Svetlana**

Professor, Head of Department «Architecture», State University of Land Use Planning, Moscow,  
Russia  
e-mail: [ilvitskaya@mail.ru](mailto:ilvitskaya@mail.ru)