

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 25.02.2022 14:32:40  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра промышленного и гражданского строительства



### ЭКОАРХИТЕКТУРА

Методические указания по выполнению практических работ по  
дисциплине «Экоархитектура»  
для студентов направления подготовки 08.04.01

Курск 2017

УДК 624.012.4; 721.021:004; 624.011

Составитель: Бакаева Н.В.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *К.О. Дмитриева*

**Экоархитектура:** методические указания по выполнению практических работ/Юго-Зап. гос. ун-т; Бакаева Н.В.- Курск, 2017. - 22 с.: ил.4, табл. 2. - Библиогр.: 22 с.

Изложены особенности экоархитектуры.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство».

Предназначены для студентов всех профилей.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17 . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## 1 Энергосбережение в жилищно-строительной сфере

По оценке отечественных и зарубежных специалистов, одним из основных направлений улучшения экологической обстановки в мире и сохранения здоровья населения является снижение уровня потребления природных энергетических ресурсов.

Жилищно-строительная сфера - один из главных потребителей энергии как у нас в России, так и за рубежом. В нашей стране на нужды жилищно-строительного комплекса расходуется в год почти 240 млн т условного топлива, что составляет 20% всех потребляемых в стране топливно-энергетических ресурсов. Поэтому в условиях нарастающего в мире энергетического кризиса и роста стоимости энергоносителей снижение энергопотребления полностью отвечает принципам устойчивого развития, т.е. стратегии экологически устойчивого (самоподдерживающегося социально-экономического развития).

Энергосбережение предусматривает крайне экономное расходование энергетических ресурсов. Не случайно поэтому на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992) и последующих саммитах особое внимание обращалось на всемирное сбережение энергии и максимально эффективное ее использование.

То, что энергосбережение является магистральным путем устойчивого развития общества, объясняется, исчерпанностью (конечностью) органических природных энергетических ресурсов, резким повышением стоимости природных энергоресурсов, в связи с ростом энергопотребления и значительным усилением негативного антропогенного воздействия на естественные экологические системы и природные комплексы.

Экономически развитые страны Европы, а также США, Япония и другие стали уделять охрану повышенное внимание к проблемам энергосбережения после первого мирового энергетического кризиса в 70-е гг. Приоритетной была признана концепция, направленная на энергосбережение, а не на всевозрастающее производство новых энергоресурсов. В результате реализации этой программы к середине 90-х гг. годовой расход энергии в указанных странах в среднем был снижен на 30-40%.

В связи с резким удорожанием энергии организационные процессы по энергосбережению начались и у нас в России. Это направление официально было признано главным в энергетической стратегии страны.

В отечественном жилищно-строительном комплексе используются несколько видов энергоносителей: органическое топливо, электроэнергия и теплоэнергия. Существенные потери энергии наблюдаются на всех стадиях производимых работ - от транспортировки топлива до его использования в

строительных и жилищно-бытовых целях.

Один из крупнейших потребителей газа — промышленность строительных материалов — еще слабо использует неограниченные возможности энергосбережения. Так, например, коэффициент полезного действия (КПД) заводов по производству стекла часто не превышает 35—40%, на кирпичных заводах и предприятиях по производству керамических изделий потери теплоты в сушильных установках доходят до 52%, а в печи — 63 %. Огромное количество тепла уходит вместе с отходящими газами в окружающую среду при получении цементного клинкера по технологии мокрого способа и т.д.

И хотя в настоящее время практически для всех видов производств строительного профиля разработаны энергосберегающие, теплоутилизирующие установки и приняты другие теплозащитные меры, уровень энергоэффективности предприятий строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства у нас в стране значительно ниже зарубежного.

Мировая практика развития индустриальных стран показывает, что потребление энергии только в жилищном секторе может быть сокращено по крайней мере в 2 раза, если внедрять новейшие технологии производства и эксплуатации материалов и оборудования.

К основным факторам, определяющим непроизводительные потери энергии в строительной сфере, специалисты относят:

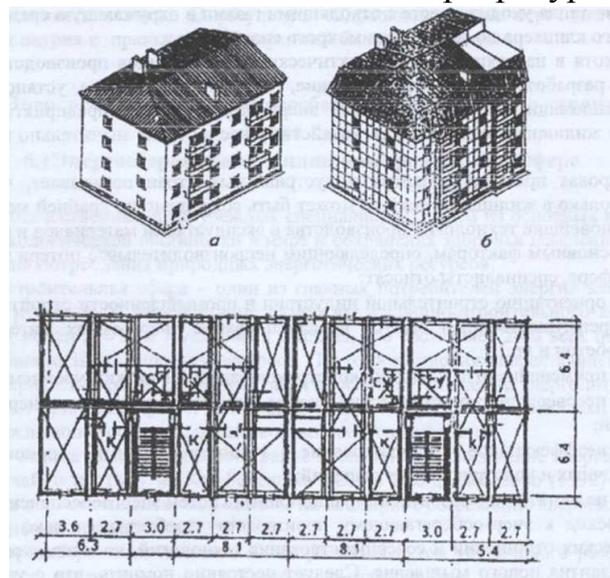
- ориентацию строительной индустрии и промышленности строительных материалов на преимущественный выпуск и использование энергоемких материалов (кирпич, керамзитобетон и др.);
- применение ограждающих конструкций зданий с низким уровнем теплозащиты;
- несовершенство технических систем теплоснабжения и инженерного оборудования зданий;
- неэффективное использование градостроительных приемов, объемно-планировочных и конструктивных решений;
- недостаточное развитие нетрадиционных систем энергообеспечения.

Переход к энергосберегающему производству требует не только реформирования экономических отношений и совершенствования технологий, но и изменения всего образа жизни, развития нового мышления. Следует постоянно помнить, что с учетом нынешней экологической обстановки в мире, альтернативы энерго- и ресурсосберегающим технологиям как в мире, так и в нашей стране не существует.

Введение новых российских теплотехнических требований гоставило перед проектировщиками и строителями ряд сложных задач, требующих безотлагательного их решения. Главным направлением экологичного энергопотребления в сфере строительства и эксплуатации зданий и сооружений считается осуществление полного комплекса энергосберегающих мероприятий: градостроительных, архитектурно-планировочных, конструктивных, инженерных и эксплуатационных. При этом, по его мнению, удельная доля энергосбережения за счет совершенствования градостроительных решений должна составить 8—10 %, архитектурно-планировочных — до 15%, конструктивных систем — до 25%, инженерных систем — до 30%, технологии эксплуатации (включая установку приборов учета, контроля и регулирования тепло- и электропотребления) — до 20%.

Энергосберегающие градостроительные решения, должны включать:

- 1) установление моратория на расширение границ городов в течение 20—30 лет, с целью более рационального использования городских магистральных теплопроводов и других энергосистем;
- 2) включение в генпланы, программы и бизнес-планы застройки жилых кварталов мероприятий по ликвидации сквозных воздухообразующих пространств;
- 3) организацию замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий;
- 4) использование естественной теплоты Земли и развитие подземной урбанизации с целью экономии энергоресурсов.



*Рисунок 1 - Устройство мансард из объемных блок-комнат с повышенными тепло-защитными свойствами; а, б ■ общий вид дома до и после реконструкции; в-план мансарды*

В целях энергосбережения необходимо также правильное размещение и взаиморасположение зданий и жилых комплексов, использование защитных свойств рельефа и т.д. К эффективным решениям в области энергосберегающего архитектурно-планировочного направления относят строительство ширококорпусных жилых домов с сокращением удельной площади ограждающих конструкций на 1 м<sup>2</sup> площади жилья, возведение мансардных этажей на существующих зданиях для предотвращения сверхнормативных потерь тепла через покрытия и др.

При архитектурном проектировании жилых домов с целью сбережения энергии прибегают также к таким мерам, как упрощение конфигурации домов, оптимальная ориентация их по ветру и по солнцу, оптимизация внутренней планировки и т. д.

В различных странах, в том числе и в России, при утеплении наружных стен крупнопанельных домов широко используется многослойная теплоизоляционная система (МТИС) «мокрого» типа. Академическим институтом инвестиционно-строительных технологий

РААСН для всех климатических поясов России разработан сухой способ утепления наружных стен (рисунок 6.2).

Теплоэффективная архитектура дома немыслима без увеличения сопротивления теплопередачи окон, так как через них проходит от 20 до 70% всех потерь. При этом имеют значение типы остекления, виды остекленных пространств, типы теплоизоляции остекления.

Существующие на сегодня в России повышенные нормативные теплозащитные требования могут быть выполнены лишь при использовании оконного заполнения из древесины и стеклопластика с тройным остеклением либо стеклопакетов с двойным остеклением и слоем пленки.



Рисунок 6.2 Конструктивная система элементов для утепления наружных стен зданий унине сальным сухим способом'. 4 - крепёжный элемент длиной S+80

Весомый вклад в энергосбережение в строительной сфере могут внести оптимальные конструктивные системы, применяемые при возведении и эксплуатации зданий. Известно, что при действующей практике проектирования и строительства более 60 % тепла уходит через ограждающие конструкции: внешние стены, потолок, крышу, окна, двери и фундамент. Поэтому основной резерв теплосбережения кроется в надежной теплоизоляции всего корпуса жилого дома.

Следует отметить, что в России на душу населения производится

теплоизоляционных материалов в несколько раз меньше, чем в экономически развитых странах. Объем выпуска этих материалов на 1000 жителей в Японии составляет — 350 м<sup>3</sup>, Финляндии — 416 м<sup>3</sup>, США — 496 м<sup>3</sup>, в России — 120 м<sup>3</sup>. К сожалению, в нашей стране практически не производятся ценнейшие утеплители из базальта и вермикулита. Недостаточно используются весьма перспективные отечественные материалы на основе вспученного перлита, теокар на основе торфа, тизол на основе гипса и др.

В районах с холодным климатом через фундамент здания теряется от 20 до 30 % тепла от общих потерь через ограждающие конструкции. Для снижения этого показателя необходима тщательная теплоизоляция основы здания вместе с мероприятиями по водоотведению, парозащиты и достаточной вентиляции подвальных помещений.

К основным мероприятиям по сбережению энергии при проектировании и строительстве жилых зданий и сооружений относятся:

- энергосберегающий образ жизни;
- обучение энергосберегающему проектированию и строительству;
- использование искусственной вентиляции с рекуперацией тепла и уменьшением неконтролируемого воздухообмена;
- сбережение электроэнергии на освещение с помощью новых типов светильников (в основном люминесцентных ламп) и использование более эффективных холодильников, телевизоров и др.;
- использование строительных материалов с минимальной затратой энергии на их добычу и транспортировку;
- использование строительной техники без тяжелых энергоемких строительных машин и оборудования;
- рациональная организация строительных работ и сокращение сроков строительства;
- компьютерное математическое моделирование, оптимизация всех теплозащитных характеристик и контроль за работой инженерных систем.

Резервы строительного комплекса в области экологичного энергопотребления огромны. В последние годы в нашей стране намечается повышение эффективности использования топливно- энергетических ресурсов, чему в немалой степени способствовали принятые законодательные и нормативные документы в области энергосбережения.

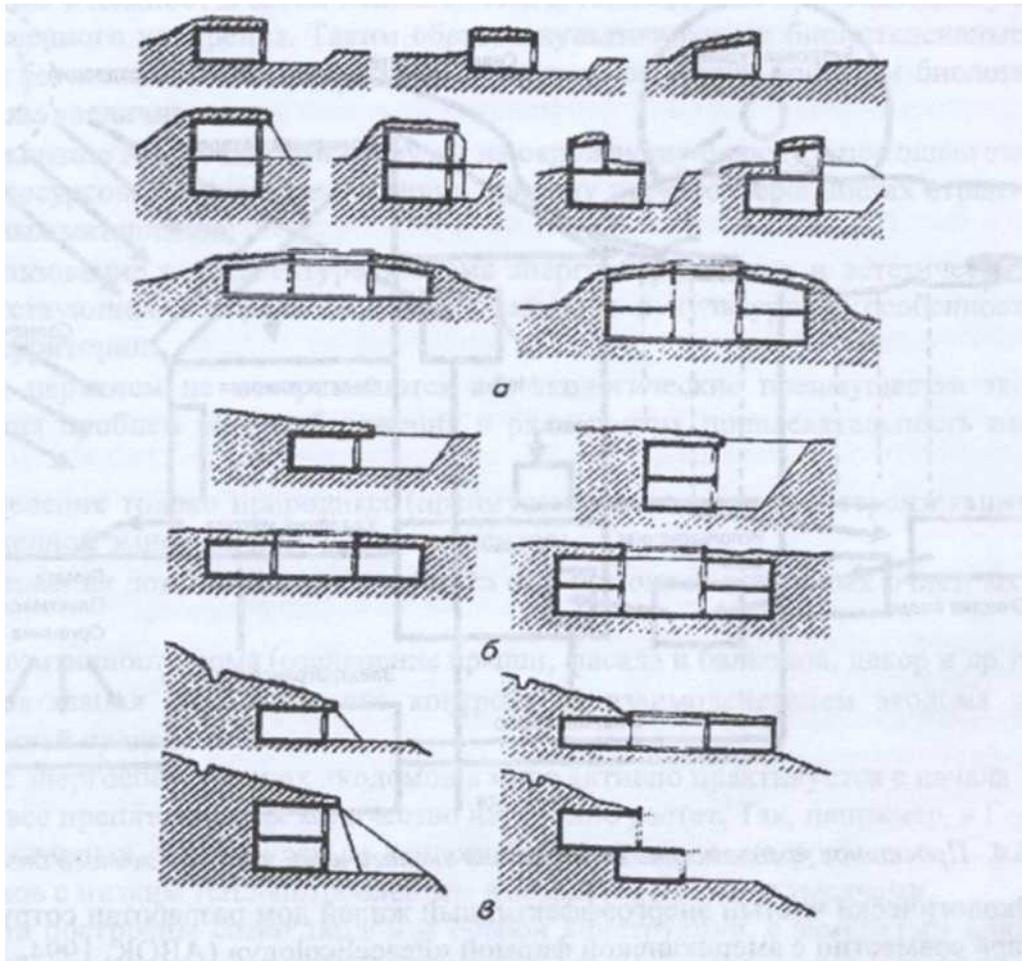
### **Энергосберегающие заглублённые здания**

Сбережение энергоресурсов в жилищно-строительной сфере может быть достигнуто и с помощью строительства заглубленных жилых зданий,

которые принято называть энергосберегающими. По глубине заложения их подразделяют на иолу заглубленные (отвальные), заглубленные (мелкого и глубокого заложения) и врезанные в склоны (рисунок 6.3), а по характеру объемно-планировочного решения — на возвышающиеся, врезанные в крутые откосы, здания с внутренними двориками и здания сквозного типа.

Необходимый эффект снижения энергозатрат при эксплуатации заглубленных зданий может быть достигнут лишь при соблюдении ряда требований, касающихся выбора места для строительства, определения типа сооружения и глубины его заложения, размещения на участке и ориентации, наличия соответствующего инженерного оборудования и т.д.

Эффективность уменьшения энергопотребления во многом будет определяться защитной толщей грунта (обсыпкой), а также компактностью планировочных решений (предпочтительнее кубическая и близкие к ней формы), конструктивными решениями теплоизоляции и гидроизоляции.



*Рисунок 6.3. Типы зданий в зависимости от степени заглубления:*

а - полузаглубленные, б - заглубленные, в- врезанные в склоны

## Энергосберегающий экодом

Экодомом называют автономный малоэтажный дом, в котором в максимально возможной степени используются природные процессы для обеспечения его жизнедеятельности, включая энергообеспечение и переработку всех видов отходов. Это своеобразная экологическая антропогенная экосистема, биологически активный объект. Он включает в себя и окружающий участок ландшафта, в пределах которого осуществляется полная утилизация отходов и повышается биологическая активность почвы.

Главное отличие экодому от традиционного дома — это наличие в нем систем жизнеобеспечения, организованных по принципу экосистем, и его независимость от городских сетей аналогичного назначения. При этом он не является полностью замкнутой искусственной экосистемой, подобно создаваемым ранее в США системам, стимулированным

космическими программами и оказавшимися непригодными для длительного пребывания в них человека из-за ухудшения микробиологического состава внутренней среды. Экодом — это открытая система, тесно связанная с окружающей природной средой и образующая с ней единую экологическую систему (рисунок 6.4).

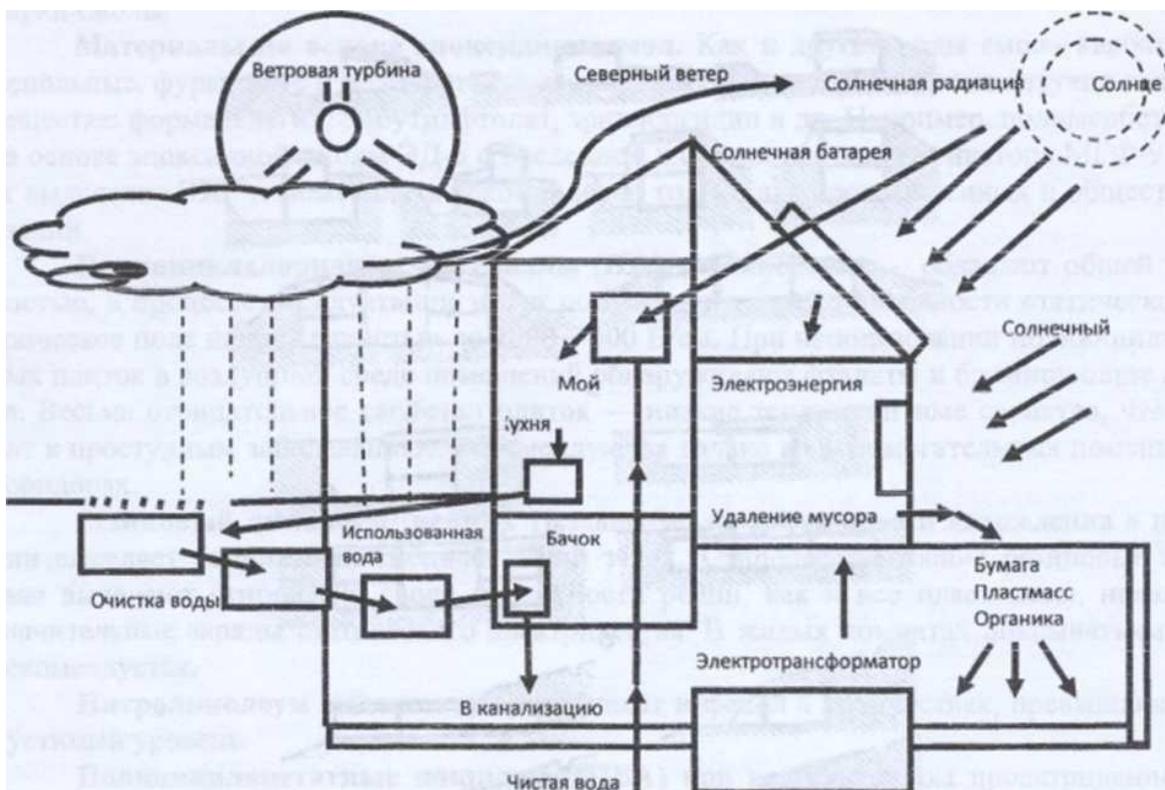


Рисунок 4-Проектное предложение по созданию экологически чистого жилого дома

Экологически чистый энергоэффективный жилой  
дом разработан сотрудниками  
НПО

«Инсолар» совместно с американской фирмой «PeaceEcology» (АВОК, 1994. № 1-2). Теплоснабжение, горячее водоснабжение и кондиционирование осуществляются в нем с помощью нетрадиционных источников энергии. По сравнению с традиционными аналогами существующее инженерное оборудование позволяет снизить!» затраты энергии на эксплуатацию на 60-70%.

Основные преимущества экоддома в энергосбережении и сохранении окружающей среды в сравнении с обычными малоэтажными домами следующие:

отсутствие дорогостоящих централизованных коммуникаций теплоснабжения и канализации. Использование при необходимости автономных электрогенераторов и артезианских вод (при их наличии);

эффективное энергосбережение за счет высокой степени теплоизоляции офаж- дающих конструкций. Сбережение энергии при вентиляции и кондиционировании;

непрерывное использование солнечной энергии для обогрева дома и приготовления горячей воды. В лучших конструктивных образцах экоддомов за счет этого источника получают до 80% энергии;

освещение экоддома, как правило, электрическое с использованием экономичных источников света: галогенных и люминесцентных ламп, которые могут работать и от солнечных батарей;

утилизация с помощью биореакторов всех видов органических отходов, которые перерабатываются в компост и затем используются в теплице и на приусадебном участке в качестве естественного удобрения. Таким образом культивируются биоинтенсивные системы земледелия без использования химикатов и подкормок извне, при этом биологическая активность почвы увеличивается;

уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду с помощью экономии материальных ресурсов, применение щадящих природу ресурсосберегающих строительных и возобновляемых материалов;

» использование в архитектуре экоддома энергосберегающих и эстетических принципов, соответствующих историческим, национальным и культурным особенностям его обитателей и территории.

Этим перечнем не исчерпываются все экологические преимущества экоддомов. Помимо решения проблем энергосбережения и ряда других привлекательность им могут придавать:

применение только природных (преимущественно местных)

строительных материалов с пониженной эмиссией летучих компонентов;  
консервация дождевой воды и очистка ее с помощью локальных  
очистных сооружений;

биоопозитивность дома (озеленение крыши, фасада и балконов, декор и др.);

автоматизация экологического контроля за взаимодействием экоддома и окружающей природной средой.

Создание энергосберегающих экоддомов в мире активно практикуется с начала 70-х гг. и, несмотря на все препятствия, их количество неуклонно растет. Так, например, в Германии число энергопассивных, т.е. с нулевым теплопотреблением, домов превысило 1 тысячу, а количество домов с низким теплопотреблением измеряется многими тысячами.

В Швеции построены сотни экоддомов особой конструкции, с замкнутым циклом во- до- и энергоснабжения и специальным биорсактором по переработке органических отходов. Активно используются альтернативные источники энергии: солнечные батареи, ветрогенераторы, генераторы биогаза.

Экоддома такого типа начинают строить и в России. Например, в настоящее время проектируется строительство экопоселения в Тамбовской области. В состав экоддомов будут входить зимние сады, теплицы, ориентированные на юг солнечные коллекторы, тепловые аккумуляторы, генераторы биогаза и т.д.

### **Нетрадиционные возобновляемые источники энергии в жилищно-строительной сфере**

Понятие устойчивого развития включает в себя как обязательный компонент постепенный переход от энергетики, основанной на сжигании органического топлива (нефть, уголь, газ и др.), к нетрадиционной (альтернативной) использующей возобновляемые экологически чистые источники энергии - солнце, ветер, энергию биомассы, подземное тепло и др.).

Основные преимущества возобновляемых источников энергии хорошо известны: практическая неисчерпаемость запасов и относительная экологическая безвредность, в связи с отсутствием побочных эффектов, загрязняющих природную среду. Сдерживает их развитие недостаточный на сегодняшний день технический уровень промышленных методов использования.

В жилищно-строительной сфере, как и во всех других видах человеческой деятельности, использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии получило широкое развитие.

Энергия Солнца. В современной мировой практике энергоснабжения излучение Солнца, возможно, главный нетрадиционный источник энергии.

Появилась новая отрасль энергетики — гелиоэнергетика, созданы специальные энергетические установки — гелиосистемы.

«Ливень» солнечной энергии неисчерпаем. Лишь незначительная часть излучения Солнца (0,02%) попадает в биосферу Земли, но и этого количества энергии достаточно, чтобы в тысячи раз перекрыть общую мощность всех электростанций мира.

К недостаткам солнечной энергии относят дискретность (прерывистость) ее поступления на поверхность Земли (по часам суток, времени года, географическим поясам) и зависимость от метеорологических условий. Например, в России специалисты рекомендуют размещать гелиополигоны южнее 55° с.ш. В связи с этим многие зарубежные ученые работают над проблемой выноса гелиосистем на околоземную орбиту. Предполагается к 2005 г. строительство в Европе 40 спутниковых солнечных электростанций, способных обеспечить около 20% потребности в электроэнергии. Однако не исключено, что это может причинить ущерб окружающей среде в процессе передачи энергии на Землю.

Существует два основных направления использования солнечной энергии:

1) выработка электрической энергии и 2) получение тепловой энергии (теплоснабжение).

Применение солнечных электрогенераторов находится все еще в начальной стадии, зато использование солнечного теплоснабжения для обогрева жилых зданий занимает в мировой практике уже значительное место.

Так, в США в 1977 г. насчитывалось около 1000 солнечных домов, в 90-е гг. число их превысило 15 тыс. Солнечные установки для подогрева воды имеются у 90% строений на Кипре и у 70% - в Израиле. Только за последние 15 лет в Японии построены сотой тысяч зданий с солнечным подогревом, что позволило резко уменьшить выбросы в атмосферу диоксида углерода и других парниковых газов.

Солнечная энергетика в России развита совершенно недостаточно, хотя половина ее территории находится в благоприятных для использования такой энергии условиях (поступает не менее 100 кВт·ч/м<sup>2</sup>, а в таких районах, как Дагестан, Бурятия, Приморье, Астраханская область и других - до 200 кВт·ч/м<sup>2</sup> солнечной энергии в год. Это очень удобно для энергоснабжения зданий. Как показали экспериментальные исследования, только за счет энергии солнечных лучей, падающих на ограждающие конструкции зданий, можно полностью решить энергетические проблемы, связанные с их обогревом, горячим водоснабжением и др.

Существует три вида гелиосистем, служащих для удовлетворения

тепловых нужд здания- пассивные, активные и смешанные.

*В пассивных* гелиосистемах сам дом служит приемником и преобразователем солнечной энергии, а распределение тепла осуществляется за счет конвекции. Основным элементом более дорогостоящей активной гелиосистемы является коллектор — приемник солнечной энергии, где солнечный свет преобразуется в тепло. Гелиоколлектор представляет собой теплоизолированный ящик: видимый свет от солнца проходит сквозь прозрачное покрытие (стекло или пленку), попадает на зачерненную панель и нагревает ее. При специальной конструкции коллектора внутри его достигается очень высокая температура, позволяющая успешно осуществлять горячее водоснабжение.

Использование солнечных установок в режиме круглогодичного горячего водоснабжения зданий экономически целесообразно практически для всей южной части Российской Федерации.

В последние годы созданы установки с сезонным аккумулированием тепла, что позволяет, даже в условиях Сибири, сохранить до 30% топливных ресурсов и использовать их для обогрева небольших домов в зимний период. Необходимы дальнейшие поиски, позволяет применение солнечной энергии не только в южных, но и в северных районах России, особенно учитывая, что в Норвегии и Финляндии такой опыт уже имеется.

Использование солнечной энергии в жилищно-строительной сфере не ограничивается только теплоснабжением жилых зданий. Так, АО «ПИ-2» разработало серию проектов гелиополигонов (стационарных и мобильных, сезонного и круглогодичного действия), в которых впервые в мире для термовлажностной обработки сборных железобетонных конструкций и изделий была использована солнечная энергия без промежуточных превращений. После укладки гелиопокрытия (СВИТАП) железобетонное изделие превращается в аккумулятор тепла, после чего начинает действовать другой источник тепла — экзотермия цемента.

Строительство таких гелиополигонов позволяет сократить объемы строительно-монтажных работ, повысить долговечность и качество изделия, снизить его стоимость, отказаться от котельной, теплотрасс, пропарочных камер, уменьшить нагрузку на окружающую среду и, главное, экономить условное топливо.

**Энергия ветра.** Направление энергетики, связанное с ветровой энергией, называют ветроэнергетикой, а здания, в которых энергия ветра преобразуется в электрическую, тепловую и другие виды— ветроэнергоактивными.

повторяемости около 60—90% и, следовательно, может использоваться лишь в районах спостоянным ветром (Крайний Север, побережье Охотского

моря, Камчатка, Курилы, Прикаспийская низменность и др.).

В ветроэнергоактивном здании энергия ветра преобразуется с помощью ветрового колеса, размещенного в нем.

Ветроэнергетика имеет большое будущее. За последние 20 лет она прошла путь от небольших агрегатов до современной многомиллиардной отрасли, обеспечивающей большое количество энергосистем. В 2001 г. ветротурбины, мощность которых составляет 4000 мегаватт, генерировали

«чистую» электроэнергию в более чем в 30 странах мира. Только в США работает 9000 ветровых электроустановок, в Дании - 1500. По данным Европейской

**Металлургические шлаки** - высококачественное сырье для производства шлако- портландцементов, шлаковаты, гипсошлаковых блоков, щебня и др. Годовой объем выхода шлаков металлургических заводов исчисляется многими десятками миллионов тонн. В нашей стране очень высок объем утилизации доменных шлаков, 80% выхода которых идет для изготовления шлакопортландцемента и пористых заполнителей.

В последние годы все большее применение в качестве крупного и мелкого заполнителя в бетонах получают создаваемые по безотходной технологии шлаковая пемза (термозит) и шлакостеклогрануляты, которые не уступают природному щебню по большинству показателей. Например, прочность бетона на шлаковом цементе на 15-20% выше, чем на гранитном.

Широко известен ценнейший конструктивный материал шлакоситалл, обладающий высокими физико-механическими и химическими свойствами, а также экологической чистотой. Исключительно большое значение для производства портландцементного клинкера и шлакопортланд-цементов высокого качества имеет гранулированный доменный шлак, придающий цементу антикоррозийность, повышенную прочность, текучесть и быстроту твердения.

Новый продукт - в России на лесопромышленных комплексах и деревообрабатывающих комбинатах ежегодно образуется свыше 200 млн м<sup>3</sup> отходов **древесины**. Важнейшим направлением рационального, экологически целесообразного использования древесины и других строительных отходов в строй индустрии является производство различных древесных бетонов: арболита, фибролита, опилкобетона, королита и др.

Наиболее известным из этих экологически чистых дешевых строительных материалов является арболит. При устройстве ограждающих конструкций и перегородок используют королит

— теплоизоляционный материал, состоящий из коры, цемента (или строительного гипса) и добавок. В промышленности строительных материалов широкое применение находит ценнейшее экологически чистое

сырье, вырабатываемое из отходов целлюлозно-бумажного производства — лигносульфонаты, обладающие обеспыливающими, пластифицирующими, пенообразующими и другими ценными свойствами.

Несмотря на огромные объемы и разнообразие видов вторичного минерального сырья еще недостаточно используются в строительной индустрии отходы химического комплекса. Некоторые находят лишь электротермофосфорные шлаки (шлакопортланд-цемент, силикатный кирпич), отходы содового производства (автоклавное производство материалов, газолиз), кубовые остатки перегонных производств, битумы (ячеистые бетоны с добавками нефти, битума и др.) и некоторые другие.

Помимо рассмотренных выше золошлаковых отходов, металлургических шлаков, продуктов переработки древесины и отходов химического производства при производстве строительных материалов находят применение и другие виды техногенного сырья (таблица 6.1).

Многие районы России не обеспечены природным сырьем в необходимом количестве, а в других — их запасы значительно исчерпаны, что приводит к значительным затратам на их транспортировку из обеспеченных районов. Это нецелесообразно ни с экономической, ни с экологической точки зрения, так как подобные перевозки сопровождаются неизбежными экологическими нарушениями.

Поэтому с развитием техники и ухудшением в стране экологической ситуации все большее значение в строительной отрасли начинает приобретать техногенное сырье. К нему относят самые разнообразные промышленные отходы и побочные продукты: металлургические шлаки, бокситовые и другие шламы, отходы горно-обогатительных комбинатов (ГОК), золу и золошлаковые отходы ТЭС, отходы углеобогащения, вторичные полимеры, продукты переработки древесины и др.

**Техногенное сырье** рассматривается многими специалистами как национальное достояние, как исключительно ценный продукт, аккумулирующий в себе ранее затраченные инвестиционные и энергетические ресурсы. Его использование в производстве строительных материалов во многих случаях оказалось значительно дешевле, чем разработка и освоение природных запасов.

Использование техногенного сырья для производства строительных материалов с экологической точки зрения весьма перспективно: 1) резко сокращаются объемы добычи дефицитных природных строительных материалов; 2) утилизируется и химически прочно связывается огромное количество загрязняющих окружающую среду промышленных отходов; 3) освобождаются ценные земельные участки, отчуждаемые под хвосто- и

шламохранилища и др. Только иод хранение золошлаковых отходов ТЭС отчуждаются огромные территории.

В строительной индустрии находят широкое применение многие виды промышленных отходов и побочных продуктов. Приводим несколько примеров их использования.

**Зола и золошлаковые отходы (ЗШО).** В настоящее время в России ежег одно образуются десятки миллионов тонн золошлаковых отходов. Каждые сутки работы на угле ТЭС накапливается до 1 тыс. т золы и шлака. Подавляющая их часть направляется в отвалы, а в строительной индустрии утилизируется лишь 3—5% ЗШО. Для сравнения: в Америке и Германии - 40-60%. При этом в США из 20 млн т ежегодно образующихся зол уноса только для изготовления бетона утилизируется 7 млн т.

*Золошлаковые отходы* — незаменимый компонент формовочных смесей для получения высококачественных строительных материалов. Их используют для производства ячеистого бетона, силикатного кирпича, пенозолсиликата, аглопорита, асфальтового основания дорожных одежд и т.д. ЗШО считаются прекрасным цементосберегающим материалом. При производстве бетонов введение зол позволяет экономить до 100 Кг/М<sup>3</sup> цемента, а при использовании добавок- модификаторов - до 200 кг/м<sup>3</sup> Одновременно улучшается структура цементного теста и повышаются теплозащитные свойства конструкций.

Замена в бетоне или растворе 15% цемента на золу уноса или металлургический шлак, что технологически допускается, в перерасчете на мировые объемы их применения,

**Металлургические шлаки** - высококачественное сырье для производства шлако- портландцементов, шлаковаты, гипсошлаковых блоков, щебня и др. Годовой объем выхода шлаков металлургических заводов исчисляется многими десятками миллионов тонн. В нашей стране очень высок объем утилизации доменных шлаков, 80% выхода которых идет для изготовления шлакопортландцемента и пористых заполнителей.

В последние годы все большее применение в качестве крупного и мелкого заполнителя в бетонах получают создаваемые по безотходной технологии шлаковая пемза (термозит) и шлакостеклогранулят, которые.

Новый продукт - в России на лесопромышленных комплексах и дрсвопсрерабаты- вающих комбинатах ежегодно образуется свыше 200 млн м<sup>3</sup> отходов **древесины**. Важнейшим направлением рационального, экологически целесообразного использования древесины и других строительных отходов в строй индустрии является производство различных древесных бетонов: арболита, фибролита, онилкобетона, королита и др.

Наиболее известным из этих экологически чистых дешевых

строительных материалов является арболит. При устройстве ограждающих конструкций и перегородок используют королит

— теплоизоляционный материал, состоящий из коры, цемента (или строительного гипса) и добавок. В промышленности строительных материалов широкое применение находит ценнейшее экологически чистое сырье, вырабатываемое из отходов целлюлозно-бумажного производства — лигносульфонаты, обладающие обеспыливающими, пластифицирующими, пенообразующими и другими ценными свойствами.

Несмотря на огромные объемы и разнообразие видов вторичного минерального сырья еще недостаточно используются в строительной индустрии отходы химического комплекса. Некоторые находят лишь электротермофосфорные шлаки (шлакопортланд-цемент, силикатный кирпич), отходы содового производства (автоклавное производство материалов, азогипс), кубовые остатки перегонных производств, битумы (ячеистые бетоны с добавками нефтсбитума и др.) и некоторые другие.

Помимо рассмотренных выше золошлаковых отходов, металлургических шлаков, продуктов переработки древесины и отходов химического производства при производстве строительных материалов находят применение и другие виды техногенного сырья (таблица 6.1).

Таблица 6.1.-Основные виды строительных материалов и используемое для их производства природное и техногенное сырье

Основные виды строительных материалов	Минеральное сырье	
	1 Природнос	Техногенное
1	2	3
Цементы	Карбонатные породы (известняк, мел, мергель), глинистые породы (глины, суглинки, лесс), опоки, трепелы, туф, пемза, гипс	Гранулированные металлургические шлаки, золошлаковые отходы ТЭС, отсеvy дробления карбонатных пород, нефелиновый шлам
Мягкие кровельные и гидроизоляционные материалы (рубероид, пергамин, толь и пр.)	Песок строительный, гравий, слюда дробленая, тальк молотый	Отходы обогащения асбеста, слюды, пескиотсев
Сборные железобетонные и бетонные конструкции и изделия	Щебень, гравий, песок строительный, естественные пористые заполнители	Золошлаковые отходы ТЭС (как добавка в бетон)
Стеновые блоки (крупные блоки из ячеистого и плотную силикатобетона, стеновые и шлакобетонные блоки, блоки из естественного камня)	Пильный камень (известняк, туф, доломит, песчаник)	Золошлаковые отходы ТЭС, гранулированные металлургические шлаки
Строительный кирпич и керамическая черепица	Тугоплавкие и легкоплавкие глины, суглинки, супеси, лессы, диатомит, песок строительный	Золошлаковые отходы ТЭС, отходы углеобогащения, металлургические шлаки, горелые породы, бокситовые и нефелиновые шламы
Строительная керамика (сани- тарно-технические изделия из фарфора, фаянса, плитки для облицовки стен, плитки для полов, керамические канализационные и дренажные трубы, кислотоупорные изделия	Огнеупорная, тугоплавкая, бетонитовая глина, песок кварцевый	Золошлаковые отходы ТЭС, отходы углеобогащения, хвосты флотации руд цветных металлов, отсеvy камнедробления

Перудные строительные материалы (щебень, гравий, песок строительный, песчано-гравийная смесь, бутовый камень, облицовочные камни)	Магматические (гранит, габбро, диорит), метаморфические (гнейсы, кварцит), осадочные горные породы	Металлургические и электротермофосфорные шлаки, золошлаковые отходы ТЭС, отходы сухой магнитной сепарации железных руд, отсеvy переработки строительного, облицовочного пильного камня
Пористые заполнители (керамзит, аглопорит, перлит и вермикулит вспученные, шунгизит, щебень и песок из вулканических шлаков)	Легкоплавкие глины, сушлинки, супеси, перлиг, шунгизосодержащие сланцы, глинистые сланцы, бентонит, вермикулит, вулканические туфы, базальты, опоки, диатомиты, грепелы	Металлургические шлаки, отходы углеобогащения, отсеvy камнепечения (туфов), шламы глиноземного производства, золошлаковые отходы ТЭС
Известняковые, гипсовые вяжущие материалы и изделия из них (известь, гипс, известняково-цементный цемент)	Гипс, известняк, мел, диатомит, трепел, опоки, пемза, туф	Доменные шлаки, нефелиновые шламы, золошлаковые отходы ТЭС, фосфогипсы, борогипсы, отходы переработки карбонатных пород
Теплоизоляционные материалы (минеральная вата, базальтовое волокно и другие тепло- и звукоизоляционные изделия)	Базальт, диорит, сиенит, известняк, доломит, глинистые сланцы, диатомит, вермикулит, перлит и др.	Металлургические, электротермофосфорные шлаки, золошлаковые отходы ТЭС
Товарный бетон, строительные растворы, асфальтобетон	Щебень, гравий, песок строительный	Золошлаковые отходы ТЭС, отходы флотации серных, медно-колчеданных, марганцевых руд, металлургические шлаки

Значительный интерес представляет использование отходов промышленности в такой материалоемкой отрасли строительства, как устройство оснований фундаментов зданий и сооружений. Исследования, проведенные НИИОСП, показали, что для этих целей наиболее пригодны вскрышные и отвальные породы, у которых завершился процесс

самораспада, а также доменные сталеплавильные шлаки (таблица 6.2). При устройстве оснований из этих отходов их уплотняют, трамбуют, используют глубинное уплотнение с помощью мелких взрывов и др.

**Таблица 6.2-** Использование отходов при устройстве оснований зданий и сооружений

Виды отходов	Возможность использования отходов	Способ устройства
1	2	3
Вскрышные и шахтные породы	При устройстве оснований под фундаменты, подсыпок и обратных засыпок	Уплотнение тяжелыми трамбовками, пневмокатками и пневмотрамбовками
Хвосты обогащения	При устройстве плотин, ограждающих дамб хвостохранилищ и наращивания	Послойное уплотнение
Шлаки: доменные	Строительство зданий и сооружений на основаниях из литых доменных шлаков	Поверхностное уплотнение тяжелыми трамбовками
	В дорожном строительстве при устройстве насыпей и подсыпок (гранулированный шлак, шлаковый щебень)	Послойное уплотнение катками
Сталеплавильные (устойчивые от распада и набухающие)	При устройстве оснований сооружений (опыт незначительный)	Уплотнение основания, устройство столбчатых фундаментов
Золы, золошлаки	При возведении насыпей, устройстве дамб наращивания	Послойное уплотнение
	В промышленном и гражданском строительстве для устройства подсыпок и обратных засыпок фундаментов	Трамбование
	Для оснований сооружений (опыт незначительный)	Глубинное уплотнение мелкими взрывами, поверхностное уплотнение трамбовками и устройство компенсирующей подушки

Шламы: нефелиновый	Для устройства дамб шлакоаккумулятора	Послойное уплотнение пневмокатами
Фосфогипс	При устройстве дорожных насыпей и оснований под искусственные покрытия	Послойное уплотнение пневмокатами