

На правах рукописи



**КЛЕВЕЦ КСЕНИЯ НИКОЛАЕВНА**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ  
СТРОИТЕЛЬСТВА НА СТАДИИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗА СЧЕТ  
ПАССИВНОГО СОЛНЕЧНОГО НАГРЕВА**

05.23.19 – Экологическая безопасность строительства  
и городского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Симферополь – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,  
советник РААСН  
**Дворецкий Александр Тимофеевич**

Официальные  
оппоненты:

**Шеина Светлана Георгиевна**  
доктор технических наук, профессор,  
советник РААСН

ФГБОУ ВО «Донской государственный  
технический университет» (г. Ростов-на-Дону),  
заведующая кафедрой «Городское строительство и  
хозяйство»

**Щукина Татьяна Васильевна**  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет» (г. Воронеж), профессор  
кафедры «Жилищно-коммунальное хозяйство»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Волгоградский государственный технический  
университет» (г. Волгоград)

Защита состоится «27» апреля 2019 г. в 14<sup>30</sup> на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.094.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» <https://www.swsu.ru>.

Отзывы на автореферат направлять в диссертационный совет по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет».

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
д.т.н., доцент

Бакаева Наталья Владимировна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время актуальны вопросы повышения экологической безопасности и снижения техногенного воздействия деятельности человека в строительном комплексе, экономии невозобновляемых ресурсов, освоения источников возобновляемой энергии. Научное обоснование и разработка экологически безопасных, энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий являются важным направлением в исследованиях по повышению экологической безопасности строительства и городского хозяйства.

Одним из способов повышения экологической безопасности зданий является использование солнечной энергии в виде пассивного солнечного нагрева, что соответствует целому ряду требований Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (редакция, действующая с 1 марта 2017 года), в частности Статьи 36 «Требования в области охраны окружающей среды при проектировании зданий, строений, сооружений и иных объектов»; а также государственной программе Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики», разработанной Минэнерго России и утвержденной постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 321, одной из задач которой является развитие энергосбережения и повышение энергоэффективности в строительной отрасли.

Для районов с высоким уровнем солнечной радиации (от 2000 до 2500 солнечных часов в год) повышение экологической безопасности объектов строительства за счет снижения выбросов углекислого газа, может быть достигнуто путем применения энергоэффективных, ресурсосберегающих, биопозитивных технологий - устройств пассивного солнечного нагрева (УПСН). Они представляют собой простые, удобные конструкции, которые часто применяются в строительстве жилых домов, т.к. некоторые из них являются обязательным элементом зданий (например, окно или летнее помещение в южных регионах РФ). УПСН способствуют повышению ресурсосбережения за счет использования экологически чистой возобновляемой солнечной энергии, а также снижению выбросов углекислого газа, образовывающегося при сжигании органического топлива для обогрева зданий.

Однако, в настоящее время отсутствуют методики предварительной оценки потенциала участка застройки, которые позволили бы выполнить предпроектный выбор наиболее целесообразного вида УПСН, а также определить его влияние на показатели экологической безопасности объекта строительства.

Все перечисленные качества УПСН свидетельствуют о том, что они являются энергоэффективными и ресурсосберегающими конструкциями, которые способствуют обеспечению экологической безопасности при разработке и усовершенствовании архитектурно-планировочных, компоновочных решений объектов различного назначения при их проектировании, возведении и реконструкции, что подтверждает актуальность темы исследований.

**Степень разработанности темы исследования.** Интерес к изучению вопросов обеспечения экологической безопасности и энергоэффективности нашел свое отражение в многочисленных исследованиях отечественных и зарубежных научных школ, в частности: Брэдшоу В., Бэйкера Н., Вайцзеккера Э., Израэля Ю.А., Колера Ш., Маркуса Т.А., Медоуз Д.Л., Морриса Э.Н., Мартынова В.Л., Сергейчука О.В., Файста В., Черешнева И.В., Шуберта Р., Шубина И.Л., Эраты Б. и др.

В Российской Федерации принцип приоритета экологической безопасности среды жизнедеятельности человека положен в основу современных исследований таких ученых как Алексашина В.В., Азаров В.Н., Бакаева Н.В., Гордон В.А., Графкина М.В., Дворецкий А.Т., Емельянов С.Г., Ильичев В.А., Колчунов В.И., Леденёв В.И., Огородников И.А., Петрова З.К., Сапрыкина Н.А., Сидоренко В.Ф., Слесарев М.Ю., Теличенко В.И., Тетиор А.Н., Хомич В.А., Широков Е.Н., Щербина Е.В. и др.

Труды Башмакова И.А., Берегового Л.Н., Бродач М.М., Гагарина В.Г., Ежова В.С., Козлова А.И., Козлова В.В., Коркиной Е.В., Михеева А.П., Соловьева А.К., Табунщикова Ю.А., Шилкина Н.В., Щукиной Т.В. и др. посвящены разработке энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий, изучению влияния климата на архитектурно-планировочные решения биопозитивных объектов строительства, влияния солнечной радиации на тепловой баланс зданий, и выполнению теплотехнических расчетов.

Методы многокритериальной оценки объектов исследований разрабатывались многими отечественными и зарубежными специалистами, среди которых, в первую очередь, следует отметить российского ученого Азгальдова Г.Г., как основного автора квалиметрии – науки о комплексной оценке качества объектов, и американского математика Саати Т. – автора широко известного метода анализа иерархий, а также Варжапитяна А.Г., Федюкина В.К. и др. В работах Смирновой С.Н., Шеиной С.Г. и др. рассматривается применение метода многокритериальной оценки для выбора энергоресурсо-сберегающих решений, реализуемых на этапе проектирования жилых зданий.

**Цель работы** – повышение экологической безопасности объектов строительства за счет применения устройств пассивного солнечного нагрева и совершенствования их архитектурно-планировочных и конструктивных решений.

**Объект исследования** – научно-прикладные основы повышения экологической безопасности объектов строительства с использованием энергоэффективных архитектурно-планировочных проектных и конструктивных решений.

**Предмет исследования** – методы обеспечения экологической безопасности строительных объектов с применением энергоэффективных, ресурсосберегающих устройств пассивного солнечного нагрева.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить сравнительный анализ методов обеспечения экологической безопасности объектов строительства с применением устройств пассивного солнечного нагрева, а также методов оценки их экологической эффективности.

2. Сформулировать научный подход к оценке гелиопотенциала участка строительства, как одной из составляющих экологической безопасности объектов строительства.

3. Построить алгоритм обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием устройств пассивного солнечного нагрева.

4. Разработать показатели комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением устройств пассивного солнечного нагрева.

5. Разработать методику повышения экологической безопасности вновь строящихся и реконструируемых объектов строительства за счет применения устройств пассивного солнечного нагрева.

**Научная новизна** заключается в том, что:

- предложен способ оценки экологической безопасности объектов строительства с УПСН на основе сопоставления показателей экологической, энергетической и экономической эффективности различных видов УПСН;

- разработан алгоритм предпроектной оценки гелиопотенциала участка строительства с целью применения в размещаемых на нем объектах устройств пассивного солнечного нагрева;

- предложен алгоритм обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием УПСН на основе разработанных карт изолиний климатических условий местности строительства;

- предложены показатели комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН и способы их расчета, включающие в себя параметры экологической эффективности, стоимости, комфорtnости и эстетичности.

**Теоретическая значимость** работы заключается в развитии новых методических подходов к созданию экологически безопасной городской среды при проектировании и реконструкции объектов строительства, за счёт использования ресурсосберегающих, архитектурно-планировочных проектных решений с применением УПСН.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается в следующем:

- предложенные способы повышения экологической безопасности при разработке и совершенствовании архитектурно-планировочных и конструктивных решений строительных объектов с применением энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий пассивного солнечного нагрева могут послужить основой для устойчивого развития городов и поселений в климатических условиях юга России;

- разработанная предпроектная оценка гелиопотенциала участка строительства способствует рациональному выбору архитектурно-планировочных и технических решений по повышению экологической безопасности объектов строительства за счет применения УПСН;

- разработанный инструментарий в виде карт изолиний существенно упрощает и ускоряет процесс оценки экологической эффективности светопрозрачной конструкции, применяемой для пассивного солнечного нагрева;

- предложенные способы математического и компьютерного моделирования УПСН являются универсальными и применимы для различных климатических условий и конструктивных решений УПСН, а также комплексной оценки показателей экологической безопасности объектов строительства;

- разработанная методика повышения экологической безопасности объектов строительства за счет устройств пассивного солнечного нагрева, позволяет выполнить выбор лучшего вида УПСН для вновь строящегося или реконструируемого объекта строительства по результатам комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН.

**Методология и методы исследования.** В работе использованы следующие методы исследования: анализ опубликованных ранее материалов и электронных ресурсов по смежным отраслям науки – экология и экологическая безопасность, архитектурное проектирование, энергоэффективное проектирование, строительная физика, теплофизика, квадиметрия; расчет и построение геометрических и компьютерных моделей УПСН; геометрическое моделирование для предпроект-

ной оценки гелиопотенциала участка застройки; использование математического моделирования для численного определения показателей повышения энергоэффективности и экологической безопасности зданий; использование системного анализа и квалиметрии для комплексной оценки объектов строительства с применением различных УПСН.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- алгоритм предпроектной оценки гелиопотенциала участка строительства с целью применения в размещаемых на нем объектах УПСН;
- инструментарий для оценки экологической безопасности зданий с использованием УПСН в виде карт изолиний климатических условий местности строительства, полученных на основе математического моделирования;
- алгоритм обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием УПСН;
- показатели комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН;
- методика повышения экологической безопасности объектов строительства на стадии их проектирования и реконструкции за счет применения УПСН.

**Степень достоверности результатов работы.** Достоверность научных положений и выводов обеспечена применением современных методов построения математических, геометрических и компьютерных моделей, теоретически обоснованных методов оценки теплотехнических потерь через оболочку здания и расчета теплопоступлений через светопрозрачные конструкции в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались на двух научных семинарах: ЮЗГУ (г. Курск, 1.07.2017 г.) и ОГУ (г. Орел, 15.09.2018 г.), а также на международных конференциях различных уровней: IX Крымская международная научно-практическая конференция «Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн» (г. Симферополь, НАПКС, 2012 г.); XV Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы геометрического моделирования» (г. Мелитополь, ТГАУ, 2013 г.); X Международная крымская конференция «Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн» (г. Симферополь, НАПКС, 2013 г.); II Всеукраинская научно-техническая конференция «Энергоэффективность в строительстве. Современные конструктивные системы, эффективные материалы и инженерное оборудование» (г. Киев, НИИСК, 2014 г.); Международная крымская научно-практическая конференция «Энергоресурсосбережение и экологическая безопасность» (г. Симферополь, НАПКС, 2014 г.), II Крымская международная научно-практическая конференция «Энергоресурсосбережение и экологическая безопасность» (г. Симферополь, КФУ АСиА, 2015 г.), III Крымская международная научно-практическая конференция «Безопасность среды жизнедеятельности» (г. Симферополь, КФУ АСиА, 2016 г.), Научно-практическая конференция с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017» (г. Севастополь, СевГУ, 2017 г.), IV Международная научно-практическая конференция «Методология безопасности среды жизнедеятельности» (г. Симферополь, КФУ АСиА, 2017 г.).

**Реализация результатов работы.** Материалы исследований использовались при выполнении НИР:

- По плану ФНИ Российской академии архитектуры и строительных наук и Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской

Федерации с 2018 года в рамках НИР 7.6.6. «Научные основы методологии повышения энергетической эффективности и экологической безопасности строительной отрасли юга России за счет пассивного солнечного нагрева зданий».

- «Разработка методики проектирования энергоэффективного одноквартирного дома для климатических условий Крыма». Решение президиума ВР АРК от 04.02.2014 № 1587 – 6/12 «О назначении грантов Автономной республики Крым молодым учёным».

- Разработанные модели климата РФ и алгоритм описания климатических условий нашли отражение и применение при составлении Свода Правил 1325800.2017 «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования», утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 декабря 2017 г. № 1615/пр.

- По запросу № 171168 от 12.12.2012 в НАПКС (в настоящее время – структурное подразделение АСиА, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского») был выполнен проект по реконструкции строящегося здания в г. Ялта по ул. Рабочая 33-а, ООО «АрхПлейнинг групп», с целью приведения его в соответствие с требованиями санитарно-гигиенических норм по инсоляции.

Результаты диссертационного исследования нашли свое применение при составлении рабочих программ, при чтении курсов лекций и практикумов для студентов архитектурно-строительного факультета Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Строительство» и «Градостроительство» профилей «Промышленное и гражданское строительство», «Производство строительных конструкций, изделий и материалов», «Градостроительное проектирование», по направлению подготовки магистров «Строительство» профиля «Энергоэффективные умные здания и сооружения».

Использование предложенных в исследовании алгоритмов предпроектной оценки гелиопотенциала участка строительства, обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием УПСН, построения карт изолиний климатических условий, комплексной оценки экологической безопасности устройств пассивного солнечного нагрева и методики повышения экологической безопасности объектов строительства за счет устройств пассивного солнечного нагрева позволяют расширить профессиональные знания и навыки при изучении дисциплин: «Энергоэффективность зданий и сооружений», «Пассивная низкоэнергетическая архитектура (отопительный период)», «Пассивная низкоэнергетическая архитектура (период охлаждения)», «Строительная климатология».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Работа изложена на 172 страницах, из них 124 основного текста. Содержит 44 рисунка, 27 таблиц, список литературы из 138 источников и шесть приложений.

**Публикации.** По теме представленных в работе исследований опубликовано 13 научных работ, в том числе 9 статей в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, 1 статья в журнале, индексируемом в базе Scopus.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность избранной темы, степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи работы, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены методология и методы диссертационного исследования, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и сведения об апробации результатов проведенных исследований.

**В первой главе** представлен обзор литературы по основным методам экономии энергии за счет использования экологически чистой солнечной энергии в проектных решениях зданий в мировой практике строительства.

На основе опыта зарубежных стран в области оценки экологически чистого и устойчивого развития строительства, в России была разработана и введена в действие в 2011 году рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания – СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство». Во всех методах оценки зданий, взятых за основу данного стандарта, учитывается не только экологическая, но и энергетическая, а также инновационная составляющая, которым полностью соответствуют устройства пассивного солнечного нагрева.

В основе предлагаемого подхода повышения экологической безопасности урбанизированных территорий лежит принцип повышения показателя ресурсосбережения объектов строительства. В диссертации результат применения УПСН в объектах строительства приобретает физическое осмысление в виде снижения выбросов углекислого газа в атмосферный воздух (рисунок 1).

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА НЕВОЗНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И  
ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЯ. СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ CO<sub>2</sub>

УСТРОЙСТВА ПАССИВНОГО СОЛНЕЧНОГО НАГРЕВА - РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ,  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ, БИОПОЗИТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Рисунок 1. Способы повышения экологической безопасности объектов строительства за счет применения пассивного солнечного нагрева

В первой главе проведен анализ многочисленных зарубежных и отечественных биопозитивных архитектурно-планировочных проектных решений за последние десятилетия, который позволил сформулировать принципы и приемы проектирования, служащие для повышения экологической безопасности вновь строящихся и реконструируемых зданий. Применение УПСН в объектах строительства способствует созданию не просто здания с низким показателем потребления энергии на отопление и охлаждение, но и позволяют создать комфортный микроклимат, благоприятную для человека среду обитания, способствуя повышению биосферной совместности урбанизированных территорий.

Характерной особенностью биопозитивных зданий, проектируемых для юга России, является применение УПСН, которые располагаются на южном фасаде здания. Это связано с тем, что вертикальная плоскость южной ориентации наиболее выгодна с точки зрения количества солнечной радиации как в отопительный, так и в летний период года (рисунок 2).

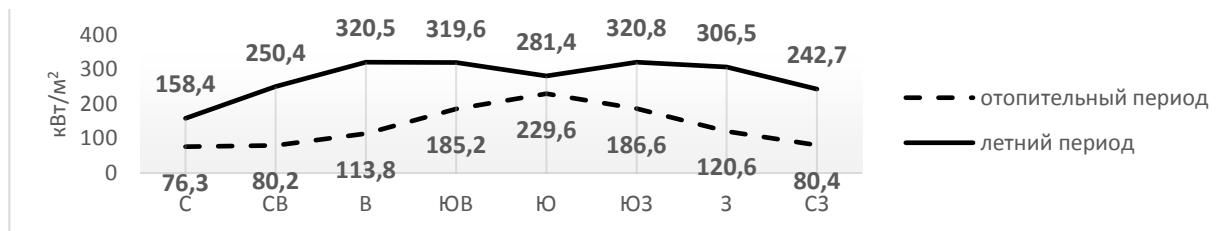


Рисунок 2. Средняя суммарная солнечная радиация за отопительный период, поступающая на вертикальные поверхности разной ориентации при действительной облачности для г. Ялта (44,5° с.ш., 34,2° в.д.), кВт/м<sup>2</sup>

**Во второй главе** с целью повышения экологической безопасности объектов строительства путем совершенствования их архитектурно-планировочных и компоновочных решений предложены и сформулированы следующие исходные гипотезы и предпосылки:

1. Экологический эффект применения УПСН – это результат снижения выбросов углекислого газа в атмосферный воздух. Для того, чтобы оценить экологический и экономический эффект применения УПСН в объектах строительства, необходимо определить их энергетическую эффективность:

$$M_{CO_2} = f_1(\Delta Q); \quad (1)$$

$$S_i = f_2(\Delta Q), \quad (2)$$

где  $\Delta Q$  – избыток тепловой энергии от устройства солнечного нагрева, кВт·ч;  $M_{CO_2}$  – количество не выброшенного в атмосферный воздух углекислого газа, за счет снижения энергопотребления в отопительный период, кг;  $S_i$  – стоимость сэкономленного за счет пассивного нагрева топлива, руб.

2. В районах с высоким показателем солнечной радиации в отопительный период целесообразно применять ресурсосберегающие энергоэффективные устройства пассивного солнечного нагрева. Энергетическая эффективность УПСН выражается показателем избытка тепловой энергии,  $\Delta Q$ , кВт·ч, – это разница между тепловыми поступлениями от солнечной радиации через светопрозрачную конструкцию УПСН и тепловыми потерями через нее же:

$$\Delta Q = Q^{\text{пост}} - Q^{\text{пот}}, \quad (3)$$

где  $Q^{\text{пост}}$  – тепловые поступления от солнечной радиации через устройство пассивного солнечного нагрева, кВт·ч;  $Q^{\text{пот}}$  – тепловые потери через устройство пассивного солнечного нагрева, кВт·ч.

3. Перед началом проектирования объекта строительства, включающим в себя УПСН, необходимо произвести **оценку гелиопотенциала** участка строительства, которая позволит заранее определиться с архитектурно-планировочными и техническими решениями будущего объекта строительства. Показателями гелиопотенциала участка строительства являются *направление склона участка, уклон рельефа, %, затененность участка, %*.

4. При высоком гелиопотенциале участка строительства, возможно применение любого вида УПСН, поэтому необходим алгоритм более конкретизированного предпроектного выбора целесообразного вида УПСН для дальнейшего его применения в объекте строительства. При этом, основной целью является подбор светопрозрачной конструкции для УПСН, которая позволяет получить положительное значение показателя избытка тепловой энергии:  $\Delta Q > 0$ .

5. С целью ускорения и упрощения предпроектной оценки экологической эффективности УПСН можно разработать *карты изолиний градусо-суток отопительного периода, солнечной радиации и избытка тепловой энергии*, при

условии применения в конструкции УПСН светопрозрачных элементов с минимально допустимым сопротивлением теплопередаче в местности строительства.

6. Помимо экологической эффективности, УПСН характеризуются и другими показателями, такими как эстетическая выразительность, комфортность в эксплуатации, стоимость, соответствие требованиям санитарно-гигиенических и других строительных норм. Учесть все эти показатели позволит комплексная оценка экологической безопасности всех видов УПСН по наиболее важным для лица, принимающего решение, показателям.

*Алгоритм предпроектной оценки гелиопотенциала участка строительства* осуществляется по трем показателям и включает в себя следующие этапы:

1. Подготовка исходных данных об участке строительства и близлежащей территории.

2. Геодезическая съемка участка строительства. Определение ориентации склона рельефа по сторонам света и процента его уклона.

3. Расчет процента затенения участка строительства в отопительный период при помощи солнечной карты или компьютерной программы по расчету инсоляции, например, «СИТИС Солярис».

4. Определение гелиопотенциала участка строительства для применения УПСН на основе предложенной таблицы-классификатора (таблица 1).

5. Выбор применяемого УПСН и технических решений повышения энергетической и экологической эффективности объектов строительства в зависимости от гелиопотенциала участка строительства (таблица 2).

Таблица 1 – Классификатор предпроектной оценки гелиопотенциала участка строительства для применения УПСН

Ориентация склона рельефа	Уклон рельефа, %	Средняя продолжительность затенения участка в отопительный период, %				
		≤10%	11-20%	21-30%	31-40%	≥41%
Южная, Юго-восточная, Юго-западная	<10%	B1	OB1	C1	OH1	H
	10-20%	B2	OB2	C2	OH2	H
	>20%	B3	OB3	C3	OH3	H
Восточная, Западная	<10%	B1	OB1	C1	OH1	H
	10-20%	OB2	C2	OH2	H	H
	>20%	OB3	C3	OH3	H	H
Северная, Северо-восточная, Северо-западная	<10%	B1	OB1	C1	OH1	H
	10-20%	C2	OH2	H	H	H
	>20%	C3	OH3	H	H	H

Таблица 2 - Варианты технических решений с целью повышения экологической безопасности объекта строительства и предпроектного выбора УПСН в зависимости от гелиопотенциала участка

Гелиопотенциал участка	Варианты архитектурно-планировочных и технических решений с целью повышения экологической безопасности объекта строительства и предпроектного выбора УПСН		
	1	2	3
Высокий	B1	Можно применять любой вид УПСН, широкий выбор архитектурно-планировочных решений.	
	B2	Можно применять любой вид УПСН. Рекомендуется устройство цокольного этажа.	

1	2	3
Относительно высокий	B3	Можно применять любой вид УПСН. Рекомендуется прием террасирования и/или заглубления в грунт северного фасада здания.
	OB1	Можно применять любой вид УПСН. Рекомендуется устройство цокольного этажа, с целью снижения затененности южного фасада за счет повышения высоты здания; скатная кровля со смещением для устройства верхнего ряда южноориентированных окон.
	OB2	Можно применять любой вид УПСН. Рекомендуется устройство нежилого цокольного этажа, по возможности ориентация жилых помещений на юг.
	OB3	Можно применять любой вид УПСН. Рекомендуется террасирование, заглубление здания в грунт, повышение этажности здания с целью увеличения процента освещенности южного фасада.
	C1	Рекомендуется устройство солнечных пространств и/или стены Тромба, повышение этажности с целью снижения процента затененности южного фасада.
	C2	Рекомендуется устройство солнечных пространств и/или стены Тромба, устройство нежилого цокольного этажа и повышение этажности здания, с целью снижения процента затененности южного фасада.
	C3	Рекомендуется устройство солнечных пространств и/или стены Тромба, прием террасирования и/или заглубления здания в грунт.
	OH1	Рекомендуется устройство стены Тромба, повышение этажности с целью снижения процента затененности южного фасада.
	OH2	Рекомендуется устройство стены Тромба, повышение этажности с целью снижения процента затененности южного фасада, устройство цокольного нежилого этажа.
Низкий	OH3	Рекомендуется устройство стены Тромба, многоэтажное строительство с целью снижения процента затененности южного фасада, первые этажи здания – нежилого назначения. Светопрозрачные конструкции фасадов северной ориентации рекомендуется выполнять с высоким показателем энергосбережения.
	H	Устройство стены Тромба. Группировка и ориентация как можно большего количества жилых и отапливаемых помещений на юг. Повышение этажности здания с целью снижения процента затененности южного фасада. Применение энергосберегающих светопрозрачных конструкций.

В работе были рассмотрены четыре вида наиболее распространенных и простых УПСН – прямой солнечный нагрев (окно), пристроенное солнечное пространство, встроенное солнечное пространство и стена Тромба, расположенные на южном фасаде. Южная ориентация рассматриваемых УПСН связана с тем, что она является наиболее благоприятной для размещения светопрозрачных конструкций с точки зрения энергетических поступлений от солнечной радиации в отопительный период (см. рисунок 2).

Во второй главе предложен **алгоритм обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием УПСН** (рисунок 3). Экологический эффект от применения УПСН определяются наличием избытка тепловой энергии от пассивного солнечного нагрева. Суть предпроектного выбора целесообразного вида УПСН сводится к подбору светопрозрачной конструкции и определению удельной величины избытка тепловой энергии в отопительный период через эту конструкцию,  $\Delta Q$ , Вт·ч/м<sup>2</sup>. Если тепловые поступления через выбранную светопрозрачную конструкцию будут больше тепловых потерь через эту же конструкцию, то имеет место избыток тепловой энергии, следовательно, будет осуществляться пассивный солнечный нагрев. Формулы для расчета тепловых поступлений получены путем тождественных преобразований формул (В.1, В.2) СНиП 23-101-2004 «Тепловая защита зданий».

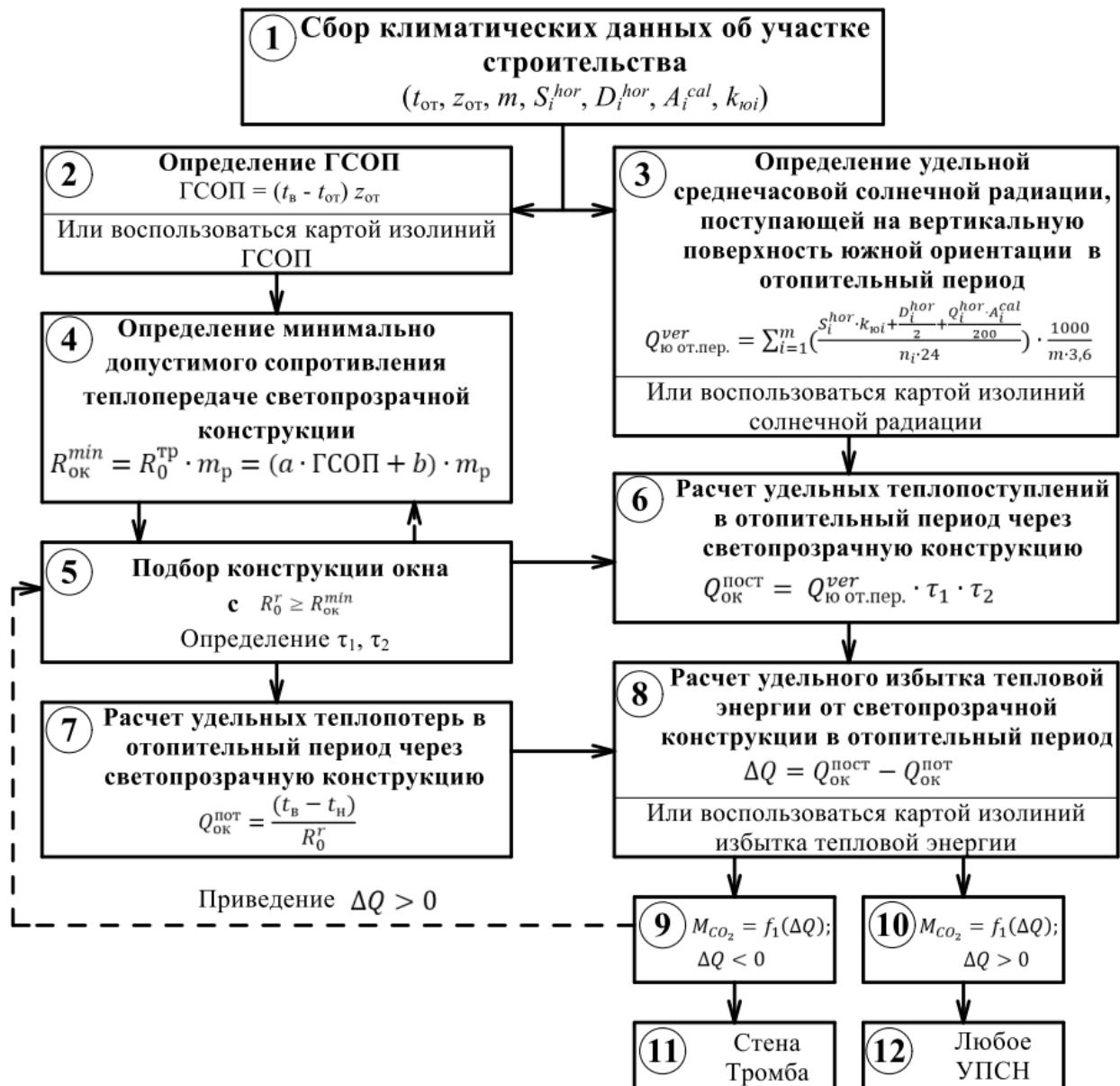


Рисунок 3. Схема алгоритма обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием УПСН

В формулах, представленных на рисунке (3), использованы следующие обозначения:  $t_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха в отопительный период,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $z_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода, сут/год;  $m$  – количество месяцев в отопительном периоде;  $S_i^{\text{hor}}$  – прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в  $i$ -м месяце отопительного периода, МДж/ $\text{м}^2$ ;  $D_i^{\text{hor}}$  – рассеянная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в  $i$ -м месяце отопительного периода, МДж/ $\text{м}^2$ ;  $Q_i^{\text{hor}}$  – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности для  $i$ -го месяца отопительного периода, МДж/ $\text{м}^2$ ;  $A_i^{\text{cal}}$  – альбедо деятельной поверхности в  $i$ -м месяце отопительного периода, %;  $S_i^{\text{hor}}, D_i^{\text{hor}}, Q_i^{\text{hor}}, A_i^{\text{cal}}$  – в соответствии с СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты», определяются по данным «Научно-прикладного справочника по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные». Части 1 - 6, вып. 1-34. - Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1989 – 1998;  $k_{\text{ioi}}$  –

коэффициент пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную  $i$ -го месяца отопительного периода для южной ориентации;  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха в отапливаемом помещении,  $^{\circ}\text{C}$ , (в работе принята равной  $+20^{\circ}\text{C}$ );  $n_i$  – количество суток в  $i$ -том месяце отопительного периода, сут;  $R_{\text{ок}}^{\min}$  – минимально допустимое сопротивление теплопередаче светопрозрачной конструкции УПСН,  $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ ;  $R_o^{\text{тр}}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ ;  $\tau_1$  – коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений;  $\tau_2$  – коэффициент, учитывающий затенение светового проема окон непрозрачными элементами заполнения;  $Q_{\text{ю от.пер.}}^{ver}$  – среднечасовая удельная суммарная (прямая, рассеянная и отраженная) солнечная радиация на вертикальную поверхность (стены и окна) при действительных условиях облачности за отопительный период,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $Q_{\text{ок}}^{\text{пост}}$  – удельные тепловые поступления через окно южной ориентации за отопительный период,  $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;  $Q_{\text{ок}}^{\text{пот}}$  – удельные теплопотери через окно южной ориентации за отопительный период,  $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;  $\Delta Q$  – удельный избыток тепловой энергии за отопительный период,  $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;  $M_{\text{CO}_2}$  – количество не выброшенного в атмосферный воздух углекислого газа, за счет снижения энергопотребления в отопительный период, кг.

Разработан инструментарий в виде трех геометрических моделей карт изолиний климатических показателей местности строительства для Южного федерального и Северо-Кавказского округов, служащие для ускорения и упрощения процесса расчета экологической эффективности объектов строительства с использованием УПСН:

1. Карта изолиний градусо-суток отопительного периода (ГСОП) для территории юга России, которая позволяет определить показатель ГСОП для мест строительства, климатические данные о которых отсутствуют в строительных нормах (пункт 2 алгоритма на рисунке 3).

2. Карта изолиний суммарной солнечной радиации **при действительных условиях облачности**, поступающая на вертикальную поверхность южной ориентации за 1 час в отопительный период. Показатель солнечной радиации на вертикальную поверхность необходим для расчета тепловых поступлений через светопрозрачные конструкции (пункт 3 алгоритма на рисунке 3).

3. Карта изолиний избытка тепловой энергии в отопительный период, которая позволяет быстро определить целесообразность применяемых в объекте строительства светопрозрачных конструкций с точки зрения их экологической эффективности (рисунок 4, пункт 8 алгоритма на рисунке 3). Для построения карты были подобраны светопрозрачные конструкции с минимально допустимым сопротивлением теплопередаче в местности строительства в соответствии с СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты», а также рассчитана разница между тепловыми поступлениями и тепловыми потерями через эти светопрозрачные конструкции за отопительный период.

Все три карты могут существенно ускорить и упростить процесс расчета объективного показателя экологической эффективности объектов строительства с УПСН, а также восполняют недостающую в строительных нормах информацию о показателях климата местности строительства.

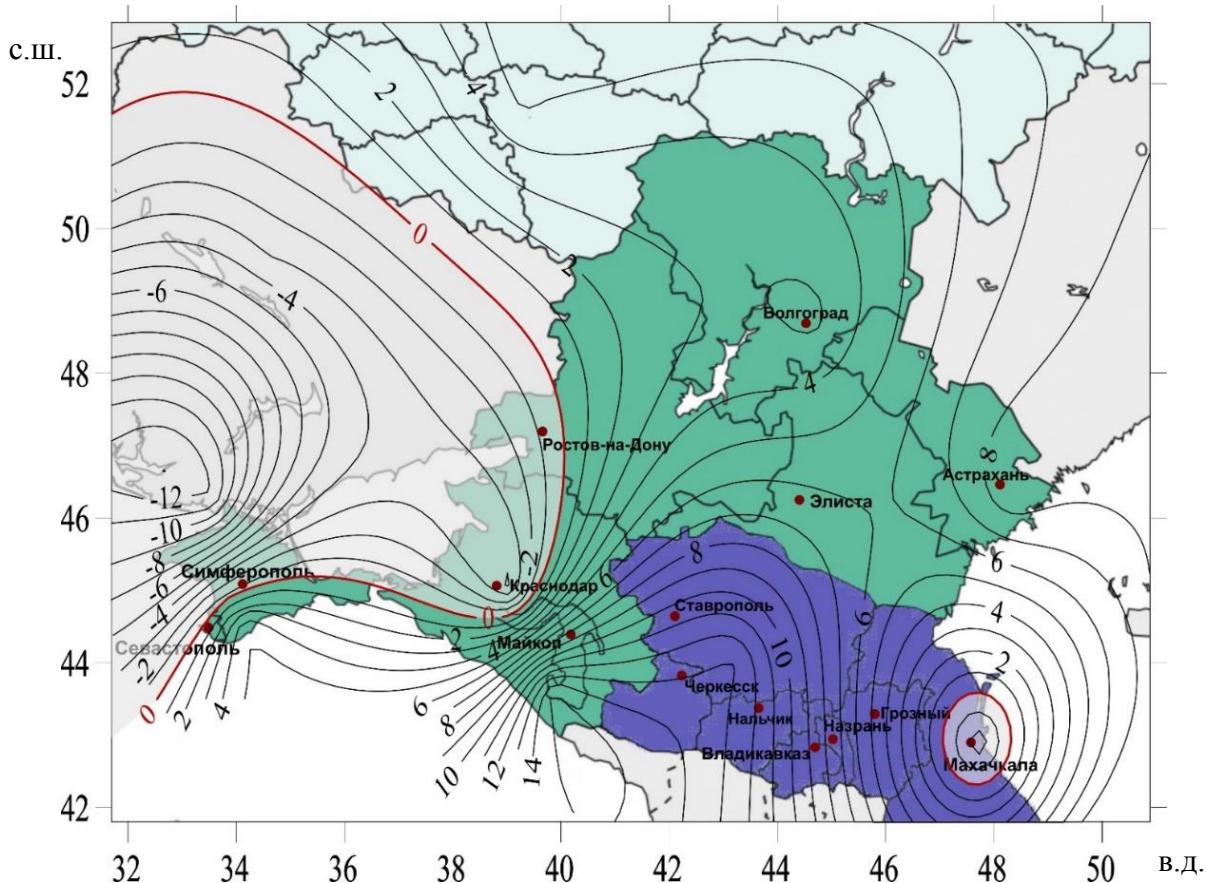


Рисунок 4. Карта изолиний удельного избытка тепловой энергии в отопительный период для окон южной ориентации с минимально допустимым сопротивлением теплопередаче для Южного федерального и Северо-Кавказского округов, Вт·ч/м<sup>2</sup>

**В третьей главе** представлен алгоритм выполнения комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН, ее показатели, а также подробное описание порядка расчета объективных показателей и оценки субъективных показателей. Расчет комплексной оценки основан на использовании методов квалиметрии.

**Алгоритм комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН:**

1. Постановка цели исследования объектов.
2. Создание экспертной группы.
3. Выбор показателей, характеризующих сравниваемые объекты.
4. Задать тип показателей – стимулятор или дестимулятор.
5. Задать весовые коэффициенты показателей.
6. Расчет значений объективных показателей.
7. Оценка субъективных показателей.
8. Задать предельно допустимые значения каждого показателя (эталон и брак).
9. Привести значения показателей к сопоставимому виду.
10. Выполнить нормировку на единицу весовых коэффициентов.
11. Вычислить интегральный показатель экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН (ИПЭБ).
12. Ранжировать сравниваемые объекты (по величине ИПЭБ).

Целью комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН является выявление интегрального показателя

экологической безопасности этих объектов, для последующего выбора наилучшего результата, которое будет иметь максимальную взвешенную сумму показателей.

В зависимости от поставленной цели комплексной оценки создается экспертная группа, в которую входят специалисты из данной предметной области. Члены экспертной группы совместно определяют набор показателей, согласовывают субъективную оценку качества объектов (например, комфортность и эстетическое восприятие), а также определяют значение весовых коэффициентов используемых показателей.

Комплексная оценка экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН выполнена с использованием *трех показателей экологической безопасности и одного экономического*: экологическая эффективность; показатель стоимости; показатель комфорта; эстетический показатель.

Все, используемые в исследовании показатели, относятся к стимуляторам, за исключением экономического показателя (стоимости конструкции УПСН), который должен минимизироваться. Тип показателя влияет на способ нормировки оценок показателей. Приведенный набор показателей содержит как объективные показатели (вычисляемые физические величины), так и показатели субъективной оценки качества объектов (комфортность и эстетические качества). Отметим также, что показатели комфорта и эстетичности являются сложными, т.е. состоят из нескольких вспомогательных показателей. При этом, под «комфортом» подразумевается удобство во время эксплуатации и обслуживания УПСН. Используемый набор показателей не содержит показатели, отражающие санитарно-гигиенические требования к помещениям, в которых используются УПСН. Это связано с тем, что требования по санитарно-гигиеническим нормам неявно включены в экономический показатель.

Для определения показателя экологической эффективности различных видов УПСН необходимо перевести показатель избытка тепловой энергии от пассивного солнечного нагрева в каждом УПСН в тонны условного топлива,  $Q_i^{\text{УТ}}$ , т.у.т. (в соответствии с ГОСТ Р 51750-2001):

$$Q_i^{\text{УТ}} = \Delta Q_i \cdot 0,12 \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

где  $\Delta Q_i$  – среднемесячный избыток тепловой энергии за  $i$ -тый расчетный период, кВт·ч, который определяется по формуле (3).

Средние тепловые потери и поступления через конструкцию, ограждающую отапливаемый объем и граничащую с УПСН, за  $i$ -тый расчетный период, кВт·ч, определяются для различных УПСН по формулам, представленным в таблице (3).

С целью обеспечения экологической безопасности объектов строительства с использованием УПСН и предпроектного выбора целесообразного вида УПСН (см. рисунок 3) предлагалось выполнять расчет ИТЭ для всего отопительного периода, но для более точных расчетов работы УПСН более рационально выполнять расчет ИТЭ для каждого месяца отопительного периода.

Поскольку, наиболее распространенным видом органического топлива, используемого для обогрева зданий, является природный газ, расчет валового выброса двуокиси углерода при сжигании газообразного топлива и отсутствии данных о его химическом составе производится по формуле:

$$M_{CO_2}^i = B_i^{\text{нат}} \cdot \rho_{CO_2} \cdot V_{rO_2} \quad (5)$$

где  $B_i^{\text{нат}}$  – расход натурального газообразного топлива за  $i$ -тый месяц, м<sup>3</sup>/мес.;  $\rho_{CO_2}$  - плотность двуокиси углерода, кг/м<sup>3</sup>, принимаемой по Технотехническому

справочнику. М.: Энергия, 1975 равной 1,9768 кг/м<sup>3</sup>;  $V_{rO_2}$  - объем трехатомных газов в продуктах сгорания газообразного топлива, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, принимается по «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод». - М.:Энергия, 1973. В соответствии с Постановлением Госкомстата от 23 июня 1999 г. №46 «Об утверждении «методологических положений по расчету топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой» при перерасчете тонн условного топлива в природный горючий газ (естественный) следует руководствоваться следующим коэффициентом перерасчета:

$$B_{\text{нат}} = Q_i^{\text{ут}} \cdot 1154 \quad (6)$$

Показатель  $V_{rO_2}$  для природного газа составляет 1,05 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, (для газопроводов «Средняя Азия – Центр», «Саратов – Москва», «Оренбург – Александровский гай» в соответствии с «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод.» - М.: Энергия, 1973.)

Таблица 3 – Формулы расчета теплопоступлений и теплопотерь через УПСН

№ п/п	Вид УПСН	Внешний вид УПСН	Формула расчета теп- ловых потерь через УПСН, $Q_i^{\text{пот}}$ , кВт·ч	Формула расчета тепловых по- ступлений через УПСН, $Q_i^{\text{пост}}$ , кВт·ч
1	2	3	4	5
1	Прямой солнечный нагрев (окно)		$Q_{\text{пн}i}^{\text{пот}} = \frac{A \cdot (t_B - t_i^H) \cdot 24 \cdot n_i}{R_{\text{ок}}^{\text{мин}} \cdot 1000}$	$Q_{\text{пн}i}^{\text{пост}} = Q_{\text{io}i}^{\text{ver}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot A$ $Q_{\text{io}i}^{\text{ver}} = S_i^{\text{hor}} \cdot k_{\text{io}i} + \frac{D_i^{\text{hor}}}{2} + \frac{Q_i^{\text{hor}} \cdot A_i^{\text{cal}}}{200}$
2	Пристроенное солнечное пространство		$Q_{\text{сп}i}^{\text{пот}} = \frac{A \cdot (t_B - t_{Bi}^{\text{сп}}) \cdot 24 \cdot n_i}{R_{\text{ок}}^{\text{мин}} \cdot 1000}$ $t_{Bi}^{\text{сп}} = \frac{\sum t_{Hj} \cdot \frac{A_j}{R_j}}{\sum \frac{A_j}{R_j}}$	$Q_{\text{сп}i}^{\text{пост}} = Q_{\text{io}}^{\text{ver}} \cdot \tau_1^2 \cdot \tau_2^2 \cdot A$
3	Встроенное солнечное пространство			
4	Стена Тромба		$Q_{\text{ct}i}^{\text{пот}} = \lambda_{\text{ct}} \cdot (t_B - t_i^H) \cdot A \cdot T_i^{\text{пот}} \cdot n_i$ $\lambda_{\text{ct}} = \frac{1}{R_{\text{ct}}^{\text{мин}} + \frac{1}{R_{\text{боз}}^{\text{мин}}} + \frac{1}{R_{\text{ок}}^{\text{мин}}}}$ $T_i^{\text{пот}} = 24 - T_i^{\text{cb}} - 1$	$Q_{\text{ct}i}^{\text{пост}} = q \cdot (t_{\text{воз}} - t_B) + \lambda_{\text{ct}} \cdot (t_{\text{ct}} - t_B) \cdot A$ $q = a \cdot b \cdot v \cdot \gamma \cdot C$ <p>Уравнения теплового баланса:</p> $q \cdot (t_{\text{воз}} - t_B) = \alpha(v) \cdot [t_{\text{ct}} - 0,5 \cdot (t_{\text{воз}} + t_B)] \cdot A,$ $q \cdot (t_{\text{воз}} - t_B) + \lambda_{\text{ct}} \cdot (t_{\text{ct}} - t_B) \cdot A = Q_{\text{пн}i}^{\text{пост}} - \lambda_{\text{ок}} \cdot [0,5 \cdot (t_{\text{воз}} + t_B) - t_i^H] \cdot A$ $\alpha(v) = 8,7 + 2,6 \cdot v$

где использованы обозначения из формул (рисунок 3); а также  $Q_{\text{пн}i}^{\text{пот}}$  – средние за  $i$ -тысяч месяц тепловые потери через конструкцию УПСН «прямой солнечный нагрев», кВт·ч;  $Q_{\text{сп}i}^{\text{пот}}$  – средние за  $i$ -тысяч месяц тепловые потери через конструкции, граничащие с отапливаемым объемом и солнечным пространством, кВт·ч;  $Q_{\text{ct}i}^{\text{пот}}$  – тепловые потери через стену Тромба за  $i$ -тысяч месяц отопительного периода, кВт·ч;  $Q_{\text{пн}i}^{\text{пост}}$  – тепловые поступления при прямом солнечном нагреве за  $i$ -тысяч месяц, кВт·ч;  $Q_{\text{сп}i}^{\text{пост}}$  – тепловые поступления от

солнечного пространства за  $i$ -тый месяц, кВт·ч;  $Q_{cTi}^{\text{пост}}$  – тепловые поступления через стену Тромба в  $i$ -тый месяц, кВт·ч;  $Q_{\text{юи}}^{\text{ver}}$  – средняя суммарная солнечная радиация за  $i$ -тый месяц отопительного периода, которая поступает на вертикальную поверхность южной ориентации при средней облачности для места строительства, кВт/м<sup>2</sup>; А – площадь светопрозрачной конструкции УПСН, через которую осуществляется пассивный солнечный нагрев, м<sup>2</sup>;  $A_j$  – площадь ограждающей конструкции солнечного пространства  $j$ -той ориентации, м<sup>2</sup>;  $T_i^{\text{св}}$  – продолжительность светового дня в  $i$ -том месяце, ч;  $T_i^{\text{пот}}$  – время в течение которого происходят тепловые потери через стену Тромба в  $i$ -том месяце, ч;  $n_i$  – количество суток в  $i$ -том месяце, сут;  $R_{\text{ст}}^{\text{min}}$  – сопротивление теплопередаче массивной части стены Тромба, м<sup>2</sup>·°C/Вт;  $R_{\text{воз}}^{\text{min}}$  – сопротивление теплопередаче воздушной прослойки между стеной и остеклением стены Тромба, м<sup>2</sup>·°C/Вт;  $R_j$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции солнечного пространства  $j$ -той ориентации, м<sup>2</sup>·°C/Вт;  $t_i^H$  – расчетная температура наружного воздуха в  $i$ -тый месяц отопительного периода для ограждающей конструкции, °C;  $t_{bi}^{\text{сп}}$  – температура внутри солнечного пространства в  $i$ -том месяце, °C;  $t_{nj}$  – наружная температура воздуха для ограждающей конструкции солнечного пространства  $j$ -той ориентации, °C;  $t_{\text{воз}}$  – расчетная температура воздуха, поступающего в отапливаемое помещение из воздушной прослойки стены Тромба, °C;  $t_{\text{ст}}$  – расчетная температура поверхности массивной части стены Тромба, °C;  $\tau_1$  – коэффициент затенения непрозрачными элементами;  $\tau_2$  – коэффициент относительного пропускания солнечной энергии;  $\lambda_{\text{ст}}$  – теплопроводность массивной части стены Тромба, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $q$  – приведенное тепло, поглощаемое движущимся воздухом, за время его прохождения вдоль стены, Вт/°C;  $a$  – ширина стены Тромба, м;  $b$  – толщина воздушной прослойки стены Тромба, м;  $v$  – скорость движения воздуха в воздушной прослойке стены Тромба, м/с;  $\gamma$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, принимается для воздуха с температурой +20°C, равная 1,205 кг/м<sup>3</sup>;  $C$  – удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг·°C, равная 1005 Дж/кг·°C;  $\alpha(v)$  – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью массивной части стены Тромба и движущимся воздухом, Вт/°C. В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» представлена формула расчета  $\alpha(v)$  для скорости не менее 1 м/с. В работе принято, что скорость воздуха равна 0,3 м/с, поэтому зависимость коэффициента теплообмена от скорости воздуха описана выражением, приведенным в книге Богословского А.Н., Сканави А.Н. Отопление. – М.: Стройиздат, 1991. – С. 49.

Для оценки показателей комфорtnости был проведен опрос среди 30 респондентов, потенциальных жителей объектов строительства с УПСН, разделенных на 3 возрастные группы: до 35 лет, 35-50 лет, старше 50. Для оценки эстетических показателей, был проведен опрос среди 10 респондентов, имеющих специальное образование в области архитектуры или дизайна.

При оценке показателя экономической эффективности в качестве базового значения выбиралась стоимость окна. Стоимость остальных УПСН дана в относительных единицах.

Эталонное значение показателя выбирается либо экспертным методом в соответствии с нормативами или лучшими мировыми аналогами, либо принимаются равным лучшему наблюдаемому значению, увеличенному на небольшую величину, например, на 5% (для стимуляторов); в случае дестимуляторов лучшее значение уменьшается на 5%.

Бракованное значение может быть также задано экспертным методом, либо быть меньше худшего наблюдаемого значения (например, на 5%) для стимуляторов; для дестимуляторов бракованное значение увеличивается на 5%.

Весовые коэффициенты показателей задают экспертным методом и выражают в баллах, после чего переводят в относительные единицы, путем нормирования на единицу их суммы.

Интегральный показатель экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН (ИПЭБ) равен взвешенной сумме значений показателей экологической безопасности каждого объекта. Для удобства анализа результатов расчета ИПЭБ выражают в относительных единицах путем деления на наибольший из полученных значений.

На основе проведенных исследований была разработана *методика повышения экологической безопасности объектов строительства на стадии их проектирования за счет применения устройств пассивного солнечного нагрева*, которая представлена в четвертой главе:

1. *Предпроектная оценка гелиопотенциала участка строительства с целью применения в расположаемых на нем объектах строительства УПСН.* В результате проведения оценки гелиопотенциала участка строительства мы получаем рекомендации по повышению экологической безопасности объекта строительства за счет архитектурно-планировочных решений, а также выбора УПСН в зависимости от гелиопотенциала участка. В случае, если нет четкой рекомендации по выбору УПСН, необходимо перейти к следующему пункту данной методики.

2. *Предпроектный выбор целесообразного вида УПСН.* С помощью карты изолиний избытка тепловой энергии, или без нее, определить показатель ИТЭ для светопрозрачной конструкции с минимально допустимым сопротивлением теплопередаче. В случае, если этот показатель имеет положительное значение, продолжить выбор УПСН, перейдя к следующему пункту методики. Если показатель ИТЭ имеет отрицательное значение, можно либо остановиться на выборе такого УПСН как стена Тромба, либо продолжить подбор светопрозрачной конструкции, пока показатель ИТЭ не примет положительное значение.

3. *Комплексная оценка экологической безопасности объектов строительства с применением УПСН.* Провести комплексную оценку экологической безопасности объектов строительства с различными видами УПСН по наиболее важным для лица, принимающего решение, показателям – экологическая, энергетическая или экономическая эффективность УПСН, стоимость УПСН, эстетический показатель и показатель комфорта.

4. *Выбор лучшего вида УПСН для вновь строящегося или реконструируемого объекта строительства по результатам комплексной оценки экологической безопасности УПСН.* Проанализировать полученные результаты комплексной оценки, выполнив ранжирование интегральных показателей экологической безопасности объектов строительства с различными УПСН, и сделать выбор применяемого в дальнейшем УПСН.

Апробация методики состоялась на примере жилого здания в городе Ялта с использованием различных видов УПСН, расположенных на южном фасаде. Площадь остекления каждого вида УПСН составила 10 м<sup>2</sup>.

Ниже представлена сводная таблица исходных данных для расчета ИПЭБ объектов строительства с применением УПСН, а также непосредственно результат проведения комплексной оценки.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета ИПЭБ объектов строительства с применением УПСН

№ п/п	Исходные данные	Показатель экол. эффективности (кол-во не выброшенного углекислого газа), кг	Показатель стоимости, о.е.	Показатель комфортности, балл	Эстетический показатель, балл	ИПЭБ объектов стр-ва, о.е.
1	Прямой солнечный нагрев	529	1,5	8	8,3	0,97
2	Пристроенное солнечное пространство	507	4	7,2	7,1	0,53
3	Встроенное солнечное пространство	461	4	7,5	8,1	0,57
4	Стена Тромба	2508	3	6,4	6,9	1
5	Вес показателя	9	9	8,6	8,6	
6	Тип показателя	1	0	1	1	
7	Эталон показателя	2550	1,4	10	10	
8	Брак показателя	450	4,1	1	1	

Максимальная взвешенная сумма показателей соответствует объекту строительства с применением стены Тромба. Следующий результат у объекта строительства с прямым солнечным нагревом, т.е. с окном на южном фасаде. Такое распределение мест связано с тем, что стена Тромба имеет почти в пять раз лучший результат по показателю экологической эффективности. Низкий результат показателя комфортности и эстетического показателя в большей степени связан с тем, что многие респонденты скептически относятся к «остеклению глухой стены». Именно поэтому, высшие оценки по комфортности и эстетике получил прямой солнечный нагрев – это простая и популярная конструкция.

В **приложениях** диссертации представлены исходные данные для построения карт изолиний климатических условий местности строительства, справка и свидетельство о внедрении результатов исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что в диссертации получили развитие научные основы обеспечения экологической безопасности объектов строительства за счет применения устройств пассивного солнечного нагрева.

Получены следующие основные **результаты**:

1. Выполнен анализ существующих технологий проектирования биопозитивных зданий с применением устройств пассивного солнечного нагрева, а также методов обеспечения экологической безопасности объектов строительства и оценки их экологической эффективности.

2. Разработан алгоритм предпроектной оценки гелиопотенциала участка строительства с целью применения в размещаемых на нем объектах устройств пассивного солнечного нагрева, а также даны рекомендации по управлению разработкой и совершенствованию архитектурно-планировочных, компоновочных решений с использованием устройств пассивного солнечного нагрева в объектах строительства при их проектировании в зависимости от показателя гелиопотенциала участка строительства.

3. Проведен анализ климатических показателей Южного федерального и Северо-Кавказского округов, в результате чего было разработано три карты изолиний, предназначенных для ускорения, упрощения и оптимизации работы по расчету объективного показателя экологической эффективности объектов строительства с УПСН.

4. Предложены показатели комплексной оценки экологической безопасности объектов строительства с применением устройств пассивного солнечного нагрева: экологическая эффективность, стоимость, комфортность и эстетический показатель.

5. Разработана методика повышения экологической безопасности вновь строящихся и реконструируемых объектов строительства за счет применения устройств пассивного солнечного нагрева.

Проведенные исследования показали целесообразность использования разработанной методики повышения экологической безопасности объектов строительства на стадии их проектирования за счет пассивного солнечного нагрева и позволяют дать следующие **рекомендации**:

- оценку гелиопотенциала участка строительства и выбор наиболее эффективного вида применяемого УПСН целесообразно выполнять на стадиях предпроектного предложения и технико-экономического обоснования;

- представленные карты изолиний градусо-суток отопительного периода и солнечной радиации существенно упрощают и ускоряют процесс определения исходных данных о местности строительства, необходимых для оценки экологических показателей объектов строительства и могут быть разработаны для всей территории РФ;

- использованные в работе способы математического и компьютерного моделирования являются универсальными и применимы для комплексной оценки показателей экологической безопасности объектов строительства;

- результаты исследований могут быть использованы при формировании требований к проектированию и реконструкции объектов строительства в климатических условиях юга РФ;

- предложенные в диссертации рекомендации по повышению экологической безопасности при разработке и совершенствовании архитектурно-планировочных и компоновочных решений строительных объектов с применением энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий пассивного солнечного нагрева могут послужить основой для устойчивого развития городов и поселений в климатических условиях юга России.

## СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:**

1. Клевец, К.Н. Энергоэффективное строительство в климатических условиях схожих с крымскими [Текст] / К.Н.Клевец // Строительство и техногенная безопасность, 2012. – Вып. 41 – С.117-122. (0,44 п.л.)

2. Клевец, К.Н. Влияние тепловых поступлений через окна южного фасада на создание комфортных условий в помещении [Текст] / К.Н.Клевец // Строительство и техногенная безопасность, 2013. – Вып.48 – С.88-92. (0,5 п.л.)

3. Дворецкий, А.Т. Анализ влияния разных типов устройств остекленной веранды на тепловой баланс энергоэффективного дома [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец** //

Строительство и техногенная безопасность, 2014. – № 5(55). – С.54-60. (0,56 п.л. / 0,28 п.л. автора)

4. Дворецкий, А.Т. Энергоэффективная архитектура зданий в смешанном климате [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец**, Д.А.Дворецкий // Жилищное строительство, 2015. – № 3. – С.14-18. (0,75 п.л. / 0,25 п.л. автора)

5. Дворецкий, А.Т. Пассивный солнечный нагрев здания [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец** // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, 2015.– Вып. 3(11). – С.85-91. (0,5 п.л. / 0,25 п.л. автора)

6. Дворецкий, А.Т. Избыток тепловой энергии в системах пассивного солнечного нагрева [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец** // Строительство и реконструкция, 2016. – № 5(67). – С.84-91. (0,63 п.л. / 0,31 п.л. автора)

7. Дворецкий, А.Т. Оценка экологической безопасности устройств прямого солнечного нагрева [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец** // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, 2017.– Вып. 4(20). – С.107-112. (0,5 п.л. / 0,25 п.л. автора)

8. Дворецкий, А.Т. Карта изолиний градусо-суток отопительного периода для территории Российской Федерации / А.Т.Дворецкий, Т.В.Денисова, **К.Н.Клевец** // Строительство и техногенная безопасность, 2016. – Вып. 4(56). – С.14-18. (0,43 п.л. / 0,11 п.л. автора)

9. Дворецкий, А.Т. Перспективы развития пассивной солнечной архитектуры юга России [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец**, М.А.Моргунова, Т.В.Денисова, В.В.Алексашина // Строительство и реконструкция, 2017. – № 6(74). – С.76-84. (0,75 п.л. / 0,15 п.л. автора)

#### **Публикация в журнале, входящем в международную базу данных Scopus:**

10. Alexander T. Dvoretsky, Accounting of climatic features in designing solar shading devices [Text] / A.T.Dvoretsky, A.V.Spiridonov, **K.N.Klevets** // Light & Engineering, 2018. – Vol.26, №2. – P.162-166. (0,5 п.л. / 0,1 п.л. автора)

#### **Отраслевые издания и материалы конференций:**

11. Дворецкий, А.Т. Оценка влияния энергоэффективности здания на безопасность среды обитания [Текст] / А.Т.Дворецкий, **К.Н.Клевец**, М.А.Моргунова // Сборник статей научно-практической конференции с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017» 11-15 сентября 2017 года. – Севастополь, СевГУ, 2017. – С.341-345. (0,37 п.л. / 0,12 п.л. автора)

12. Клевец, К.Н. Моделирование климатических условий юга России и оценка загрязнения окружающей среды в отопительный период [Текст] / **К.Н.Клевец**, А.Т.Дворецкий, Т.В.Денисова // Сборник статей научно-практической конференции с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017» 11-15 сентября 2017 года. – Севастополь, СевГУ, 2017. – С.621-623. (0,31 п.л. / 0,1 п.л. автора)

Подписано в печать 26.02.2019 г. Формат 60x90/16

Гарнитура Times New Roman. Объем 1,0 усл. п.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета Сектором оперативной полиграфии

ФГБОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,  
Академия строительства и архитектуры, 295493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181.