УДК 72.01 Научная статья

Сергей Валерьевич Корниенко✉
д-р техн. наук, вед. науч. сотр. ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»; зав. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: skorn73@mail.ru

В ПОИСКАХ СОВЕРШЕННОГО ГОРОДА XXI ВЕКА. СОЛНЕЧНЫЙ ГОРОД

Цель исследования — поиск совершенного города, в котором приоритетной задачей является повышение энергоэффективности городских кварталов при наилучших условиях инсоляции жилой застройки. Выполнен анализ новых энергосберегающих технологий и подходов к оценке инсоляции зданий. Рассмотрены приемы городской застройки. Выполнены расчеты инсоляции и энергоэффективности зданий (на примере застройки 9-этажными жилыми домами серии КП—2000 массового применения). Доказано, что наилучшей является застройка по гелиотермической оси. Для замыкания периметра застройки рекомендуется использовать здания-вставки. Такая застройка сочетает в себе преимущества компактного городского квартала и солнечный потенциал линейной формы. По результатам комплексного расчета инсоляции помещений и фасадов впервые определен азимут гелиотермической оси, равный 21° для указанных зданий (48° с. ш.). Расположение зданий по гелиотермической оси рекомендуется в строчной застройке кварталов и микрорайонов. Это обеспечивает создание оптимальных санитарно-гигиенических условий по инсоляции. Между фасадами противостоящих зданий устанавливают разрывы не менее 2—2,5 высот более высокого здания, а между торцами — не менее одной высоты. При этом важно, чтобы каждая квартира имела жилые комнаты с благоприятной ориентацией по сторонам горизонта. Высокий уровень энергосбережения (62,4 %) достигается за счет эффективного использования солнечного излучения, объемно-планировочного решения, ориентации здания по гелиотермической оси, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, системы естественной вентиляции, а также применения энергосберегающих технологий. Еще более высокую эффективность использования энергии можно получить при интеграции возобновляемых источников энергии (фотоэлектрических панелей или фототермических систем) в здания. В этом случае прогнозируемое снижение расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по сравнению с контрольным зданием составляет 15 %, что дополнительно сокращает выбросы углекислого газа и повышает энергоэффективность. Полученные результаты развивают триаду «город, климат и энергия», способствуя решению приоритетной задачи повышения энергоэффективности городских кварталов при наилучших условиях инсоляции жилой застройки для поиска совершенного города XXI в.

Ключевые слова: идеальный город, солнечный город, городская застройка, городской квартал, инсоляция, энергоэффективность, климат, возобновляемые источники энергии, гелиотермическая ось, энергосберегающие технологии.

Для цитирования: *Корниенко С. В.* В поисках совершенного города XXI века. Солнечный город // Социология города. 2026. № 3. С. 80—92.
DOI: 10.35211/19943520_2026_3_80

Введение

Поиск идеального города всегда волновал человека. Еще Платоном (427—347 гг. до н. э.) в диалоге «Государство» были заложены основы концепции «идеальный город». В дальнейшем эта концепция развивалась в трудах Т. Мора (1478—1535), Т. Кампанеллы (1568—1639), Ф. Бэкона (1561—1626) и других ученых. Эти исследования оказали большое влияние на творчество итальянских архитекторов при строительстве городов-крепостей с использованием радиально-кольцевой системы, а также теоретиков, разрабатывавших социальные утопии (Кампанелла, 2024). В идеальном городе Солнце трактуется как образ, излучающий свет, тепло, жизнь.

Наша современная «углеродная цивилизация» сильно зависит от невозобновляемых источников энергии, запасы которых ограничены во всем мире (Табунщиков, 2023; Бродач, Шилкин, 2025; Клименко, Гинзбург, Демченко и др., 2016). Урбанизация — ключевой процесс перехода к более устойчивым способам производства и потребления энергии. Это объясняется тем, что современные города, занимая всего 2 % поверхности Земли, потребляют около 2/3 всей производимой в мире энергии и являются источником более 70 % антропогенных парниковых газов. Ожидается, что к 2050 г. в городах будет проживать 66 % населения мира (The World’s Cities in 2025, 2026).

Устойчивый город XXI в. — это солнечный город. В таком городе будет широко использована солнечная энергия для тепло- и холодоснабжения зданий, обеспечения достаточного естественного освещения и инсоляции, горячего водоснабжения и выработки электроэнергии. Однако использование солнечной энергии в городах — это вопрос не только внедрения новых технологий, но и совершенствования городской застройки с учетом местных климатических особенностей (Корниенко, 2023). Город, климат и энергия — это триада, которая на практике представлена и реализована недостаточно полно (Антюфеев, Корниенко, 2026).

Цель данного *исследования* — поиск совершенного города, в котором приоритетной задачей является повышение энергоэффективности городских кварталов при наилучших условиях инсоляции жилой застройки.

Новые энергосберегающие технологии и подходы к оценке инсоляции зданий

Особое внимание уделяется поиску новых технологий для сокращения выбросов углекислого газа и повышения энергоэффективности зданий. Экономия энергии может достигать 26,5 % за счет использования системы управления отоплением на основе прогноза солнечного излучения и температуры наружного воздуха при сохранении комфортных условий в помещениях (Łokczewska, Cholewa, Staszowska et al., 2024). Усовершенствованный метод расчета прямого солнечного излучения на основе часовых значений позволяет уточнить энергетические характеристики

зданий (An, Yan, Guo et al., 2020). Подход к оптимальному размещению светильников на солнечных батареях увеличивает инсоляцию солнечных панелей на 39,5 %, при этом освещенность городских улиц в ночное время повышается на 26,2 % (Bajsanski, Stojakovic, Jovanovic et al., 2025). Новый метод моделирования поступлений солнечной энергии в городских условиях на основе машинного обучения обеспечивает высокую точность (до 86 %) результатов (Lodhi, Tan, Wang et al., 2025). Развитие подходов к моделированию солнечных теплопоступлений повышает качество проектирования, снижает эксплуатационные риски, позволяет более эффективно использовать возобновляемые источники энергии (Maged, Abo-Zahhad, Haridy et al., 2026). Плотность застройки является основным фактором, влияющим на эффективность системы пассивного солнечного отопления (Song, Liu, Liu, Ren, 2025). Размеры зданий в плане и разность их высот оказывают наибольшее влияние на падающее солнечное излучение на крыши (Boccalatte, Thebault, Ménézo et al., 2022). Охлаждающий эффект зеленых и белых крыш может превышать 30 °C (Frei, 2023). В (Marinić-Kragić, Čabo, Jurčević, Nizetić, 2023) раскрыт механизм охлаждения фотоэлектрических панелей для частичного устранения эффекта «горячей точки». Метод регулирования плотности городской застройки с помощью «солнечных блоков» позволяет создавать компактные городские кварталы (Vartholomaios, 2015).

Однако не потеряли своей актуальности исследования, связанные с оценкой санитарно-гигиенических факторов инсоляции зданий. Специалистами НИИСФ РААСН дано научное обоснование необходимости выполнения нормативных требований строительной физики для обеспечения комфортных условий для пациентов, находящихся в больничных палатах (Умнякова, Шубин, Шмаров, Смирнов, 2021). Точность метода измерения продолжительности инсоляции с помощью широкоугольного объектива «рыбий глаз» и солнечной карты составляет не более ±10 мин (Шмаров, Земцов, 2022). Развитие этого метода применительно к условиям затенения небосвода гетерогенными пространственными структурами в виде деревьев для смягчения эффекта городского теплового острова дано в (Korniyenko, Dikareva, 2022). На основе анализа требований инсоляции российских и европейских норм показано, что российские нормы обеспечивают более высокую плотность городской застройки (Шмаров, Земцов, Сладкова, Поповский, 2025). Применение адаптивного освещения помещений развивает подходы к проектированию зданий с пониженным потреблением энергии, повышенной экологичностью и комфортностью (Гагарин, Шмаров, Коркина, 2025).

Следует подчеркнуть, что оценка инсоляции производится, как правило, для фиксированного расположения здания. Это является недостатком, так как не позволяет выбрать наилучшее расположение зданий на территории застройки и оценить их энергоэффективность для этих условий.

Приемы городской застройки

Здания на территории городской застройки могут располагаться различным образом.

Линейная городская застройка широтной ориентации, когда ряды зданий расположены вдоль оси «восток — запад», часто используется как «акустический щит» при защите придомовых территорий от шума. Однако она накладывает существенные ограничения на планировку зданий, поскольку инсоляция жилых комнат, ориентированных на северную сторону горизонта, отсутствует.

При линейной городской застройке меридиональной ориентации ряды зданий расположены вдоль оси «север — юг». Такая форма застройки способствует пассивному солнечному отоплению квартир и использована во многих энергоэффективных районах, таких как SolarCity в Линц-Пихлинге (Австрия), район Viikki (Финляндия), Residencial Parque Goya и Valdespartera (Испания).

Главным недостатком линейной застройки является создание визуально однообразного жилого пространства, которое сложно адаптировать к окружающему природному ландшафту.

Застройка городского квартала по периметру способствует разнообразию функций и впечатлений, повышению устойчивости городов, компактному развитию территорий. Однако городской квартал в этом случае может оказаться недостаточно энергоэффективным, так как различные фасады зданий могут создавать взаимное затенение.

Преодолеть указанные недостатки может городская застройка по гелиотермической оси (Бунин, Саваренская, 1979). Такая застройка сочетает преимущества компактного городского квартала и солнечный потенциал линейной формы. Для замыкания периметра квартальной застройки могут быть использованы здания-вставки.

Гелиотермическая ось — направление, по которому продольная ось здания отклоняется на определенный угол от меридиана по ходу часовой стрелки на восток. Это разновидность диагональной ориентации, используемой в градостроительстве для создания оптимальных условий инсоляции и микроклимата помещений.

Направление гелиотермической оси изменяется в зависимости от географической широты пункта. Гелиотермическая ось делит кардиоиду продолжительности инсоляции на равные части, характеризуя степень нагрева в течение дня различно ориентированных фасадов. Это позволяет:

– сравнить световые и тепловые условия для различно ориентированных фасадов;

– оценить тепловой эффект;

– учесть неравномерность распределения тепловой составляющей инсоляции по сторонам горизонта и при необходимости применить солнцезащитные средства.

Инсоляция зданий

Объект исследования представляет собой застройку 9-этажными жилыми домами серии КП—2000 массового применения (рис. 1). Такая застройка сочетает в себе преимущества крупнопанельного домостроения и квартальной застройки, а следовательно, имеет потенциал дальнейшего развития.

Дом компонуется из торцевых и рядовых блок-секций. Количество секций определяется проектным решением.

Поскольку различные секции имеют сходные архитектурно-планировочные решения, расчет выполнен для рядовой блок-секции здания. Согласно проекту рядовая блок-секция состоит из шести однокомнатных и двух двухкомнатных квартир, расположенных на этаже.

Для солнцезащиты в летний период года предусмотрены затеняющие элементы в виде лоджий.



Рис. 1. Общий вид 9-этажного жилого дома серии КП—2000 в Дзержинском районе г. Волгограда (фото автора статьи)

Расчет инсоляции выполнен согласно ГОСТ Р 57795—2017 «Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции» по инсоляционному графику, разработанному для 48° с. ш.

Расчет инсоляции проведен на 22 марта (или 22 сентября) в расчетных точках каждой жилой комнаты 1-го этажа рядовой блок-секции, с учетом расположения и размеров затеняющих элементов здания.

В расчетах продолжительности инсоляции не учитывался первый час после восхода и последний час перед заходом солнца. Погрешность расчета по инсоляционному графику не превышала 10 мин.

Для определения гелиотермической оси расчет выполнен при ориентации блок-секции по 24 румбам. Начальное положение продольной оси блок-секции совпадает с осью «север — юг», при этом главный фасад сориентирован на запад, а дворовый фасад — на восток. Азимут продольной оси блок-секции отсчитывается от направления север по часовой стрелке.

На главный фасад ориентированы 6 жилых комнат (с первой по шестую), на дворовый — 4 (с седьмой по десятую). Двухкомнатные квартиры включают жилые комнаты 1, 10 и 6, 7 двухсторонней ориентации, что учитывалось при определении продолжительности инсоляции.

Результаты расчета инсоляции жилых комнат квартир приведены на рис. 2. Красными линиями выделены границы допустимой инсоляции помещений.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	180	250	270	270	220	280	200	250	210	250
15	130	210	230	230	160	240	250	290	260	290
30	30	140	170	170	90	170	300	350	300	350
45	0	90	120	120	30	120	340	390	350	390
60	0	10	50	50	0	60	380	440	390	440
75	0	0	0	0	0	0	430	490	440	490
90	0	0	0	0	0	0	470	490	500	490
105	0	0	0	0	0	0	470	460	510	460
120	70	0	70	70	40	0	420	380	430	370
135	120	20	120	120	90	0	390	350	390	340
150	180	100	180	180	150	60	340	300	340	290
165	230	170	240	240	210	120	290	250	290	240
180	270	210	270	270	260	180	250	210	250	210
195	320	260	320	320	300	230	200	150	200	140
210	370	310	370	370	350	280	140	80	140	70
225	420	350	420	420	390	320	80	20	80	10
240	470	390	470	470	440	360	20	0	10	0
255	500	440	530	530	490	410	0	0	0	0
270	480	500	600	600	500	480	0	0	0	0
285	420	510	530	530	460	480	0	0	0	0
300	350	430	460	460	390	460	0	0	0	30
315	320	390	410	410	350	420	20	90	20	90
330	280	340	360	360	310	370	80	150	90	150
345	230	290	320	320	260	320	150	200	160	200

Рис. 2. Матрица инсоляции жилых комнат 1—10 (в минутах) при различной ориентации продольной оси блок-секции здания (0—345°)

Как видно из рис. 2, нормативная продолжительность инсоляции, равная двум часам, не обеспечивается при ориентации продольной оси блок-секции здания в пределах сектора горизонта для жилых комнат однокомнатных квартир: 2 — 34—156°; 3 и 4 — 45—135°; 5 — 21—145°; 8 — 199—325°; 9 — 213—339°.

Нормативная продолжительность инсоляции обеспечивается не менее чем в одной жилой комнате двухкомнатных квартир при ориентации продольной оси блок-секции здания в пределах всего круга горизонта (0—360°).

При ориентации продольной оси блок-секции в пределах секторов горизонта 21—156° и 199—339° нормативная продолжительность инсоляции не обеспечивается как минимум для одной жилой комнаты.

Матрица инсоляции помещений (см. рис. 2) использована для расчета инсоляции фасадов (рис. 3). Средняя продолжительность инсоляции фасада заданной ориентации вычислена как среднеарифметическое значение продолжительности инсоляции жилых комнат, выходящих на данный фасад.

Из рис. 3 видно, что главный и дворовый фасады имеют сходный инсоляционный режим, что указывает на равноэффективность световых и тепловых условий для различно ориентированных фасадов.

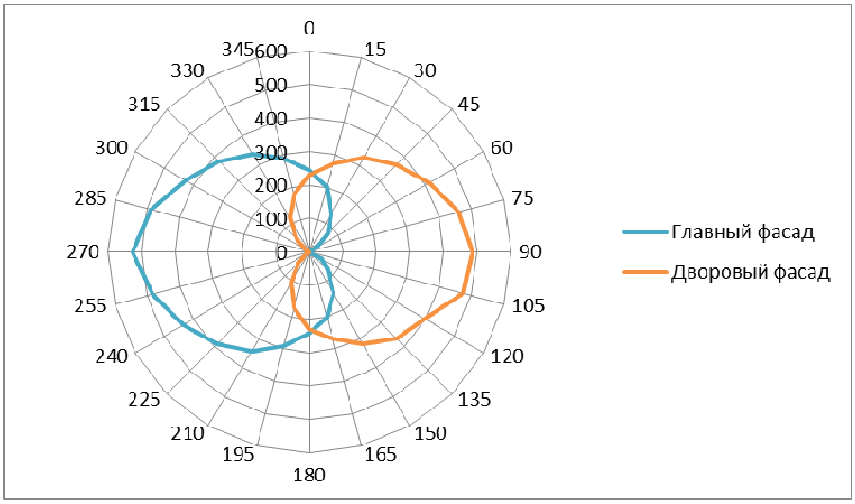


Рис. 3. Кардиоиды средней продолжительности инсоляции (в минутах) главного и дворового фасадов при различной ориентации продольной оси блок-секции здания (0—345°)

По результатам комплексного расчета инсоляции помещений и фасадов впервые определен азимут гелиотермической оси, равный 21° для городской застройки 9-этажными жилыми домами серии КП—2000 массового применения.

Расположение зданий по гелиотермической оси рекомендуется в строчной застройке кварталов и микрорайонов. Это обеспечивает создание оптимальных санитарно-гигиенических условий по инсоляции. Между фасадами противостоящих зданий устанавливают разрывы не менее 2—2,5 высот более высокого здания, а между торцами — не менее одной высоты. При этом важно, чтобы каждая квартира имела жилые комнаты с благоприятной ориентацией по сторонам горизонта.

Энергоэффективность зданий

Оценка энергоэффективности выполнена для 4-секционного 9-этажного жилого дома серии КП—2000 массового применения.

Здание состоит из двух торцевых и двух рядовых блок-секций. Общее количество квартир — 128. Здание крупнопанельное железобетонное с поперечными несущими стенами. Наружные стены здания выполнены в виде трехслойных керамзитобетонных панелей с эффективным утеплителем. Окна с остеклением однокамерными стеклопакетами в ПВХ-переплетах. Здание с мансардным этажом. Покрытие здания совмещенное сборное железобетонное с эффективным утеплителем. Техподполье холодное, вентилируется наружным воздухом. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения с автоматическим регулированием теплоотдачи отопительных приборов.

Расчет теплового баланса здания выполнен согласно СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» на основе удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Градусо-сутки отопительного периода ГСОП = 3952. Отапливаемый объем здания 29 998 м^3. Показатель компактности здания 0,26 м$^{-1}$.

Для оценки возможного использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в здании, таких как фотоэлектрические панели для генерации электроэнергии или фототермические системы для горячего водоснабжения, расчет выполнен по двум вариантам: контрольный (без ВИЭ) и при использовании ВИЭ (рис. 4).

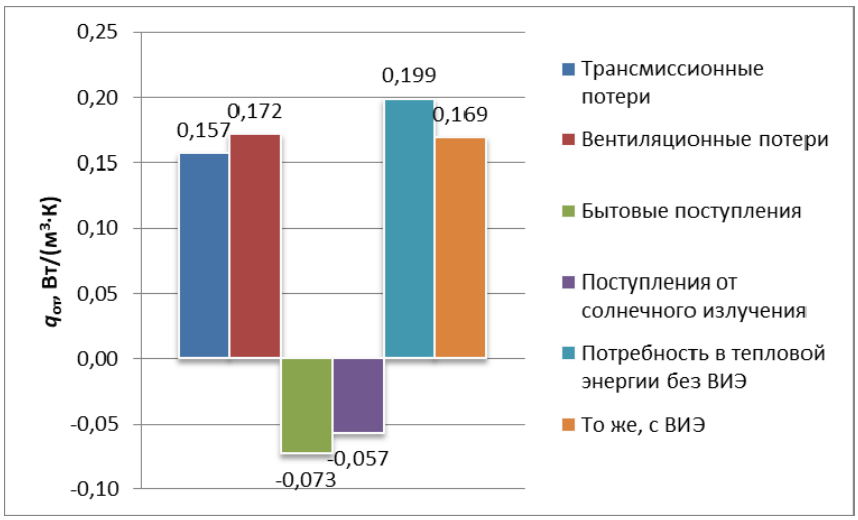


Рис. 4. Тепловой баланс здания в Вт/(м^3·К)

Как видно из рис. 4, удельная теплозащитная характеристика здания $k_{об}$ = = 0,157 Вт/(м^3·К), что меньше требуемого значения $k_{об}^{треб}$ = 0,194 Вт/(м^3·К). Следовательно, комплексное требование теплозащиты здания удовлетворяется.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию контрольного здания $q_{от}$ = 0,199 Вт/(м^3·К), что меньше требуемого значения $q_{от}^{треб}$ = 0,319 Вт/(м^3·К). Высокий уровень энергосбережения (62,4 %) достигается за счет эффективного использования солнечного излучения, объемно-планировочного решения, ориентации здания по гелиотермической оси, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, системы естественной вентиляции, а также применения энергосберегающих технологий.

Еще более высокую эффективность использования энергии можно получить при интеграции ВИЭ в здание. В этом случае прогнозируемое снижение характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по сравнению с контрольным зданием составляет 15 %, что дополнительно сокращает выбросы углекислого газа и повышает энергоэффективность.

Заключение

Научной новизной работы является развитие концепции «солнечный город» с целью повышения устойчивости городов.

По результатам исследований сделаны следующие *выводы*:

1. Наилучшей является застройка по гелиотермической оси. Для замыкания периметра застройки рекомендуется использовать здания-вставки. Такая застройка сочетает в себе преимущества компактного городского квартала и солнечный потенциал линейной формы.

2. По результатам комплексного расчета инсоляции помещений и фасадов впервые определен азимут гелиотермической оси, равный 21° для городской застройки 9-этажными жилыми домами серии КП—2000 массового применения.

3. Расположение зданий по гелиотермической оси рекомендуется в строчной застройке кварталов и микрорайонов. Это обеспечивает создание оптимальных санитарно-гигиенических условий по инсоляции. Между фасадами противостоящих зданий устанавливают разрывы не менее 2—2,5 высот более высокого здания, а между торцами — не менее одной высоты. При этом важно, чтобы каждая квартира имела жилые комнаты с благоприятной ориентацией по сторонам горизонта.

4. Высокий уровень энергосбережения (62,4 %) достигается за счет эффективного использования солнечного излучения, объемно-планировочного решения, ориентации здания по гелиотермической оси, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, системы естественной вентиляции, а также применения энергосберегающих технологий.

5. Еще более высокую эффективность использования энергии можно получить при интеграции ВИЭ (фотоэлектрических панелей или фототермических систем) в здания. В этом случае прогнозируемое снижение характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по сравнению с контрольным зданием составляет 15 %, что дополнительно сокращает выбросы углекислого газа и повышает энергоэффективность.

Полученные результаты развивают триаду «город, климат и энергия», способствуя решению приоритетной задачи повышения энергоэффективности городских кварталов при наилучших условиях инсоляции жилой застройки для поиска совершенного города XXI в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Антюфеев А. В., Корниенко С. В. Новые энергоэффективные городские планировочные образования // Academia. Архитектура и строительство. 2026. № 2. С. 122—130.

Бродач М. М., Шилкин Н. В. Принципы ESG в строительстве: Создание устойчивой, экологически ответственной и социально ориентированной среды обитания // Энергосбережение. 2025. № 2. С. 4—6.

Бунин А. В., Саваренская Т.Ф. История градостроительного искусства: В 2-х т. 2-е изд. М., 1979.

Гагарин В. Г., Шмаров И. А., Коркина Е. В. Оценка энергетической и экономической эффективности проектирования адаптивного освещения помещений // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2025. № 9(1093). С. 23—25.

Кампанелла Т. Город Солнца, или рассуждения об идеальном государстве. М.: Амрита-Русь, 2024. 128 с.

Клименко В. В., Гинзбург А. С., Демченко П. Ф., Терешин А. Г., Белова И. Н., Касилова Е. В. Влияние урбанизации и потепления климата на энергопотребление больших городов // Доклады Академии наук. 2016. Т. 470. № 5. С. 519—524.

Корниенко С. В. Климатоп как климатический маркер урбанизированных территорий // Социология города. 2023. № 1. С. 100—112.

Табунщиков Ю. А. Экология среды обитания человека: реальность, которую игнорировать бесконечно опасно // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2023. № 3. С. 4—15.

Умнякова Н. П., Шубин И. Л., Шмаров И. А., Смирнов В. А. Обеспечение благоприятных условий в палатах инфекционных больниц в условиях пандемии коронавирусной инфекции // Жилищное строительство. 2021. № 3. С. 3—12.

Шмаров И. А., Земцов В. В. Экспериментальное определение продолжительности инсоляции с помощью широкоугольного объектива и солнечных карт с равнопромежуточной проекцией // Жилищное строительство. 2022. № 10. С. 34—39.

Шмаров И. А., Земцов В. В., Сладкова Ю. Н., Поповский Ю. Б. Проектирование жилых зданий с учетом требований инсоляции российских и европейских норм // Жилищное строительство. 2025. № 8. С. 3—10.

An J., Yan D., Guo S., Gao Y., Peng J., Hong T. An improved method for direct incident solar radiation calculation from hourly solar insolation data in building energy simulation // Energy and Buildings. 2020. Vol. 227. P. 110425.

Bajsanski I., Stojakovic V., Jovanovic M., Tepavcevic B. Optimizing the distribution of solar streetlights in inter-building spaces // Energy and Buildings. 2025. Vol. 347. P. 116280.

Boccalatte A., Thebault M., Ménézo C., Ramousse J., Fossa M. Evaluating the impact of urban morphology on rooftop solar radiation: A new city-scale approach based on Geneva GIS data // Energy and Buildings. 2022. Vol. 260. P. 111919.

Frei A. Thermal properties of green, white and other building roof materials and solar insolation: A case study in New York City // Building and Environment. 2023. Vol. 244. P. 110842.

Korniyenko S., Dikareva E. The sky visibility at shading by trees // Construction of Unique Buildings and Structures. 2022. Vol. 102. P. 10203.

Lodhi M. K., Tan Y., Wang X., Suprijanto A., Imran M. Advancing urban solar assessment: A deep learning and atmospheric modeling framework for quantifying PV yield and carbon reduction // Energy and Buildings. 2025. Vol. 338. P. 115717.

Łokczewska W., Cholewa T., Staszowska A., Wolszczak P., Guz Ł., Bocian M. et al. On the influence of solar insolation and increase of outdoor temperature on energy savings obtained in heating system with forecast control // Energy and Buildings. 2024. Vol. 320. P. 114650.

Maged A., Abo-Zahhad E. M., Haridy S., Rashwan A., Mokhtar I., Chen Y. et al. Double stacking ensemble learning for solar irradiance prediction in data-scarce regions to support building energy design // Energy and Buildings. 2026. Vol. 361. P. 117479.

Marinić-Kragić I., Čabo F. G., Jurčević M., Nizetić S. Mitigation of hot-spot effect via back side cooling techniques: A potential for electrical and thermal performance improvement // Energy and Buildings. 2023. Vol. 288. P. 113010.

Song J., Liu Y., Liu B., Ren J. Seasonal effects of residential morphology on insolation shadow ratio in Xi'an: A machine learning approach // Building and Environment. 2025. Vol. 282. P. 113291.

The World's Cities in 2025: Data Booklet. United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2026. URL: https://www.un.org/development/desa/pd/content/world's-cities-2025-data-booklet (accessed: 12.08.2026).

Vartholomaios A. The residential solar block envelope: A method for enabling the development of compact urban blocks with high passive solar potential // Energy and Buildings. 2015. Vol. 99. Pp. 303—312.

Research Article

Sergey V. Korniyenko✉

Doctor of Engineering Sciences, Leading Researcher, FSBI TsNIIP of the Ministry of Construction of Russia; Head of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: skorn73@mail.ru; ORCID: 0000-0002-5156-7352

IN SEARCH OF A PERFECT CITY OF THE XXI CENTURY. SOLAR CITY

Abstract. The purpose of the research is to find a perfect city in which the priority is to improve the energy efficiency of urban areas under the best conditions for insolation of residential buildings. Analysis of new energy-saving technologies and approaches to assessing the insolation of buildings was carried out. Urban development techniques are considered. Calculations of insolation and energy efficiency of buildings were performed in case study, using the example of building 9-storey residential buildings of the KP series 2000 mass use. It has been proven that the best is building along the heliothermal axis. It is recommended to use insertion buildings to close the building perimeter. Such development combines the advantages of a compact urban area and solar potential. Based on the results of a comprehensive solar study of premises and facades, the azimuth of the heliothermal axis was determined for the first time, equal to 21 deg for these buildings (48 N). The location of buildings along the heliothermal axis is recommended in the horizontal development of neighborhoods and microdistricts. This ensures the creation of optimal sanitary and hygienic conditions for insolation and aeration. Gaps of at least 2—2.5 heights of a higher building are installed between facades of opposing buildings, and at least one height is installed between ends. At the same time, it is important that each apartment has living rooms with a favorable orientation on the sides of the horizon. A high level of energy saving (62.4 %) is achieved due to the effective use of solar radiation, space-planning solution, orientation of the building along the heliothermal axis, heat-protective properties of enclosing structures, natural ventilation system, as well as the use of energy-saving technologies. Even higher energy efficiency can be obtained by integrating renewable energy sources (photovoltaic panels or photothermal systems) into buildings. In this case, the predicted decrease in the characteristic of heat energy consumption for heating and ventilation compared to the control building is 15 %, which further reduces carbon dioxide emissions and improves energy efficiency. The results obtained develop the triad "city, climate and energy", contributing to the solution of the priority task of increasing the energy efficiency of urban areas under the best conditions for insolation of residential buildings to search for a perfect city of the 21st century.

Key words: perfect city, solar city, urban development, city block, insolation, energy efficiency, climate, renewable energy, heliothermal axis, energy-saving technologies.

For citation: Korniyenko S. V. (2026) In search of a perfect city of the XXI century. Solar city. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 3, pp. 80—92 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2026_3_80

REFERENCES

An J., Yan D., Guo S., Gao Y., Peng J., Hong T. (2020) An improved method for direct incident solar radiation calculation from hourly solar insolation data in building energy simulation. *Energy and Buildings*, vol. 227, p. 110425.

Antyufeev A. V., Kornienko S. V. (2026) Innovation energy-efficient urban planning formations. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academy. Architecture and Building], no. 2, pp. 122—130 (in Russian).

Bajsanski I., Stojakovic V., Jovanovic M., Tepavcevic B. (2025) Optimizing the distribution of solar streetlights in inter-building spaces. *Energy and Buildings*, vol. 347, p. 116280.

Boccalatte A., Thebault M., Ménézo C., Ramousse J., Fossa M. (2022) Evaluating the impact of urban morphology on rooftop solar radiation: A new city-scale approach based on Geneva GIS data. *Energy and Buildings*, vol. 260, p. 111919.

Brodach M. M., Shilkin N. V. (2025) ESG Principles in Construction: Creating a Sustainable, Environmentally Responsible and Socially Oriented Environment. *Energosberezhenie* [Energy Saving], no. 2, pp. 4—6 (in Russian).

Bunin A. V., Savarenskaya T. F. *Istoriya gradostroitel'nogo iskusstva: V 2-kh tomakh* [History of urban planning art: in 2 volumes]. 2nd ed. Moscow, 1979 (in Russian).

Frei A. (2023) Thermal properties of green, white and other building roof materials and solar insolation: A case study in New York City. *Building and Environment*, vol. 244, p. 110842.

Gagarin V. G., Shmarov I. A., Korkina E. V. (2025) Assessment of energy and economic efficiency of designing adaptive lighting of premises. *BST: Byulleten stroitelnoy tekhniki* [BST: Bulletin of Construction Equipment], vol. 1093, no. 9, pp. 23—25 (in Russian).

Kampanella T. (2024) *Gorod Solntsa ili rassuzhdeniya ob ideal'nom gosudarstve*. [City of the Sun or reasoning about the ideal state]. Moscow: Amrita-Rus, 128 p. (in Russian).

Klimenko V. V., Ginzburg A. S., Demchenko P. F., Tereshin A. G., Belova I. N., Kasilova E. V. (2016) The impact of urbanization and climate warming on the energy consumption of large cities. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], vol. 470, no. 5, pp. 519—524 (in Russian).

Kornienko S. V. (2023) Climatop as a climate marker for urbanized areas. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 1, pp. 100—112 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2023_1_100

Korniyenko S., Dikareva E. (2022) The sky visibility at shading by trees. *Construction of Unique Buildings and Structures*, vol. 102, p. 10203 (in Russian).

Lodhi M. K., Tan Y., Wang X., Suprijanto A., Imran M. (2025) Advancing urban solar assessment: A deep learning and atmospheric modeling framework for quantifying PV yield and carbon reduction. *Energy and Buildings*, vol. 338, p. 115717.

Łokczewska W., Cholewa T., Staszowska A., Wolszczak P., Guz Ł., Bocian M. et al. (2024) On the influence of solar insolation and increase of outdoor temperature on energy savings obtained in heating system with forecast control. *Energy and Buildings*, vol. 320, p. 114650.

Mageda A., Abo-Zahhad E. M., Haridy S., Rashwan A., Mokhtar I., Chen Y. et al (2026) Double stacking ensemble learning for solar irradiance prediction in data-scarce regions to support building energy design. *Energy and Buildings*, vol. 361, p. 117479.

Marinić-Kragić I., Čabo F. G., Jurčević M., Nizetić S. (2023) Mitigation of hot-spot effect via back side cooling techniques: A potential for electrical and thermal performance improvement. *Energy and Buildings*, vol. 288, p. 113010.

Shmarov I. A., Zemtsov V. V. (2022) Experimental determination of the duration of insolation using a wide-angle lens and solar maps with equidistant projection. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], no. 10, pp. 34—39 (in Russian).

Shmarov I. A., Zemtsov V. V., Sladkova Yu. N., Popovskiy Yu. B. (2025) Design of residential buildings taking into account the requirements of insolation of Russian and European standards. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], no. 8, pp. 3—10 (in Russian).

Song J., Liu Y., Liu B., Ren J. (2025) Seasonal effects of residential morphology on insolation shadow ratio in Xi'an: A machine learning approach. *Building and Environment*, vol. 282, p. 113291.

Tabunshchikov Yu. A. (2023) Human habitat ecology: a reality that is endlessly dangerous to ignore. *ABOK*, no. 3, pp. 4—15 (in Russian).

The World's Cities in 2025: Data Booklet. United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2026. URL: https://www.un.org/development/desa/pd/content/world's-cities-2025-data-booklet (accessed: 12.08.2026).

Umnyakova N. P., Shubin I. L., Shmarov I. A., Smirnov V. A. (2021) Ensuring favorable conditions in the wards of infectious diseases hospitals in the context of a coronavirus pandemic. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], no. 3, pp. 3—12 (in Russian).

Vartholomaios A. (2015) The residential solar block envelope: A method for enabling the development of compact urban blocks with high passive solar potential. *Energy and Buildings*, vol. 99, pp. 303—312.

Поступила в редакцию 13.08.2026 *Received 13.08.2026*

Принята в печать 28.08.2026 *Accepted for publication 28.08.2026*