

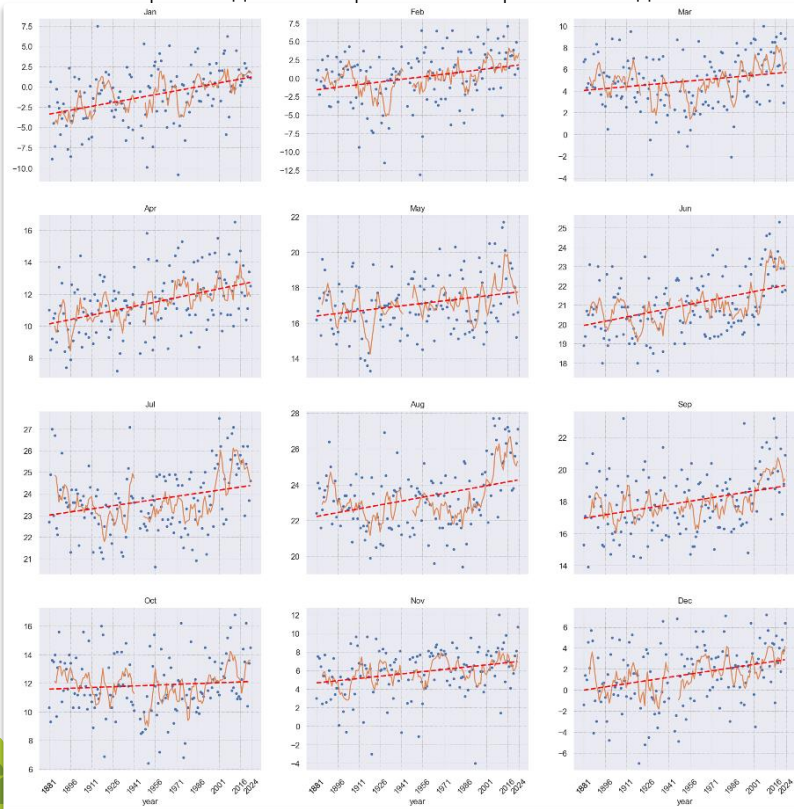
Потенциал солнечной энергетики для обеспечения систем кондиционирования в Краснодарском крае

Житцова Екатерина Юрьевна
kzhittsova@yandex.ru



Актуальность определяется:

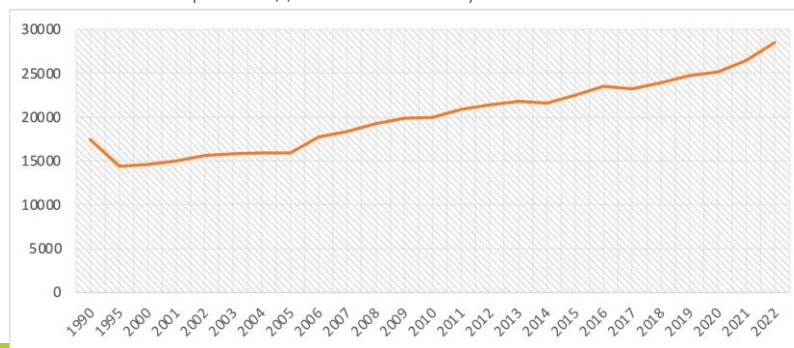
- 1) **Изменениями климата, которые наблюдаются в Краснодарском крае** (рис. Изменение среднемесячных значений температуры в Краснодаре). Составлено автором по данным справочного сервиса «погода и климат»



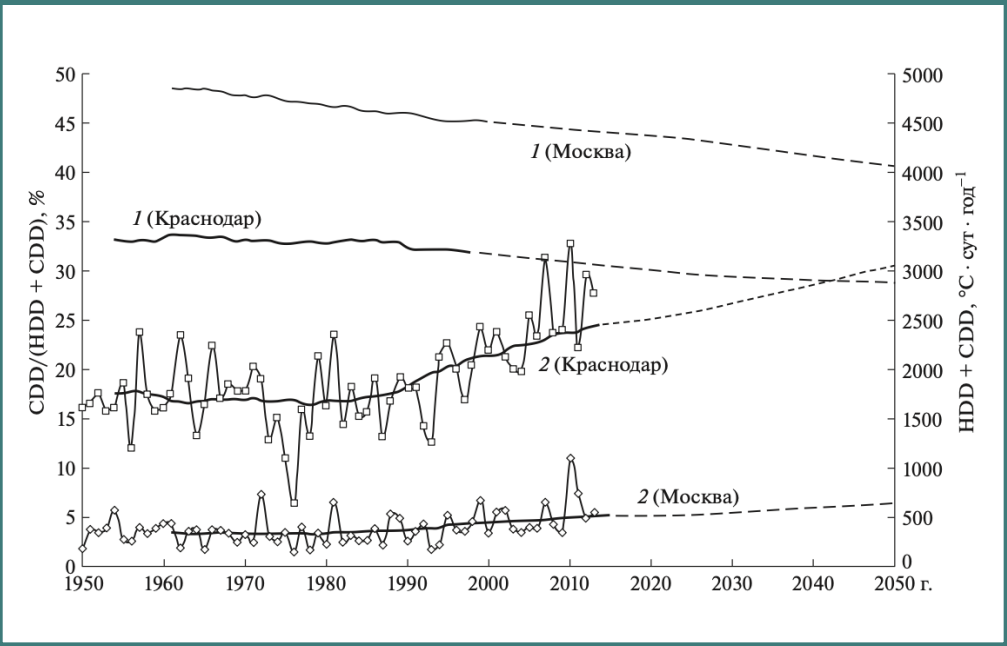
- 2) **Ростом рекреационной нагрузки в регионе** (рис. Объем услуг курортно-туристского комплекса Краснодарского края с учетом неорганизованного сектора, млрд.руб/год. Составлено автором по данным Федеральной службы гос. Статистики по Краснодарскому краю)



- 3) **Возрастающим энергопотреблением, и, как следствие, увеличением энергетического дефицита в регионе** (рис. энергопотребление Краснодарского края 1990-2022 г.г. Составлено автором по данным Росстата)



Характеристики, позволяющие оценить затраты энергии на отопление и охлаждение зданий и сооружений



Изменение потребности в энергии на обеспечение комфортных условий в зданиях (отопление, вентиляция и кондиционирование) HDD + CDD (кривые 1) и доля энергозатрат на охлаждение воздуха CDD/ (HDD + CDD) (кривые 2) для гг. Москва и Краснодар (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)

CDD для Краснодара при разных значениях базовой температуры. Составлено автором на основе статистических данных сервиса «погода и климат»

Месяц	Среднее значение CDD за 2018–2023 г.	Значение CDD за 2023 год
Январь	0	0
Февраль	0	0,2
Март	1,3	0,3
Апрель	13,8	5,1
Май	60,6	41
Июнь	167,1	121,4
Июль	218,4	202,9
Август	220	280,1
Сентябрь	83	112
Октябрь	21,9	30,2
Ноябрь	1,3	6,5
Декабрь	0	0
Сумма	787,4	799,7

$$CDD = \overline{(T_m - T_b)} \cdot \Delta t_{охл}, \text{ при } T_m > T_b \quad \text{Cooling Degree Days (ГСОХП)}$$

$$HDD = \overline{(T_m - T_b)} \cdot \Delta t_{отп}, \text{ при } T_m < T_b \quad \text{Heating Degree Days (ГСОП)}$$

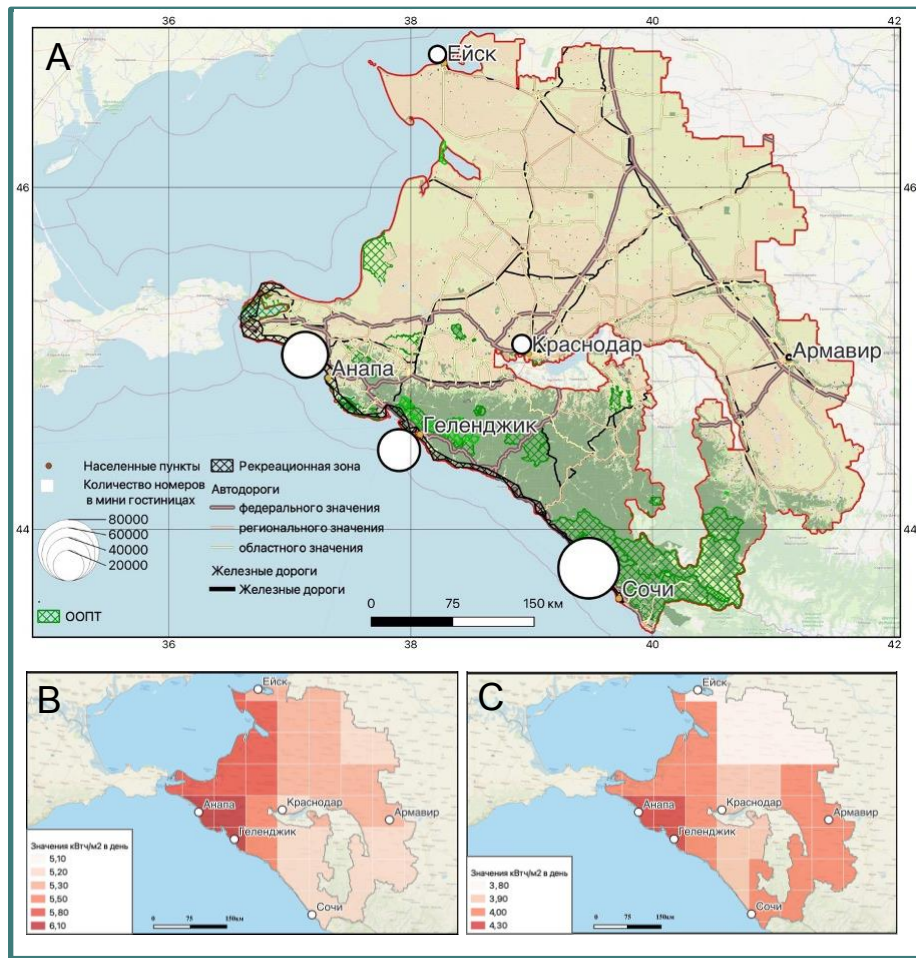
Города Краснодарского края, выбранные для исследования

В работе рассмотрены шесть городов Краснодарского края:
Анапа, Армавир, Геленджик, Ейск, Краснодар, Сочи.
Выбор данных городов обусловлен следующими причинами:

- **Являются одними из крупнейших городов края, где развита рекреация;**
- **Имеют различное географическое положение и отличаются по ресурсам солнечной энергии и климатическим условиям** (в части средних температур воздуха в теплый период года, что определяет потребности в энергии для систем кондиционирования);
- **Доступны для анализа благодаря наличию статистических данных,** позволяющих оценить количество систем кондиционирования, общей площади крыш жилого фонда малой и средней этажности и других характеристик.

Подписи схем:

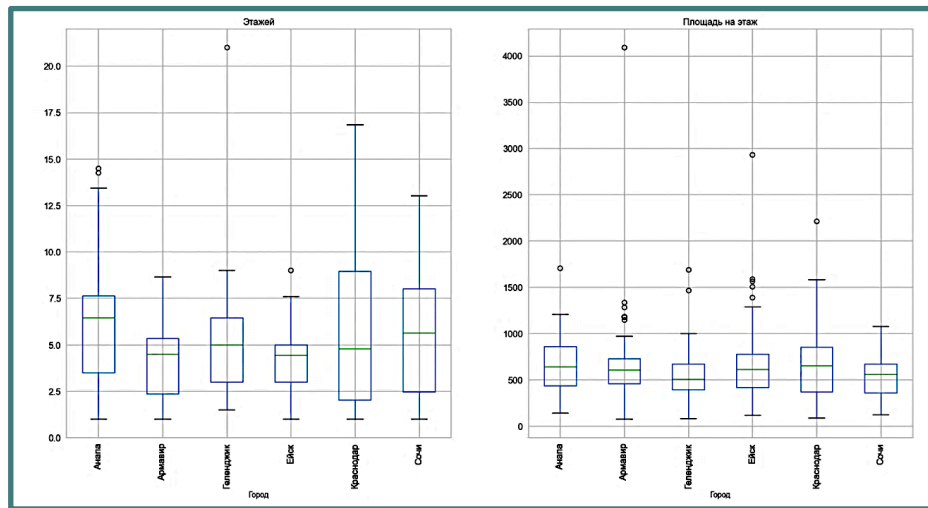
- A. дифференциация городов исследования по количеству номеров в мини гостиницах в городах исследования
- B. распределение суточных сумм суммарной солнечной радиации на наклонную поверхность угол равен широте за летний период в кВтч/м2
- C. распределение суточных сумм суммарной солнечной радиации на наклонную поверхность угол равен широте за год в кВтч/м2 м



Оценка потребляемой энергии
системами кондиционирования

Определение **числа кондиционеров в выбранных городах**: предполагаем наличие в
1) во всех мини-гостиницах;
2) во всех квартирах среднеэтажных зданий

Определение **удельной** (на 1 кондиционер)
потребляемой энергии (с использованием
тех. данных и класса энергоэффективности) в
период $t > 18^{\circ}$



Дисперсия этажности (а) и площади (б), приходящей на этаж МКД городов Краснодарского края. Составлено автором на основе данных Дом.Мин.ЖКХ.РФ.

Примечание:

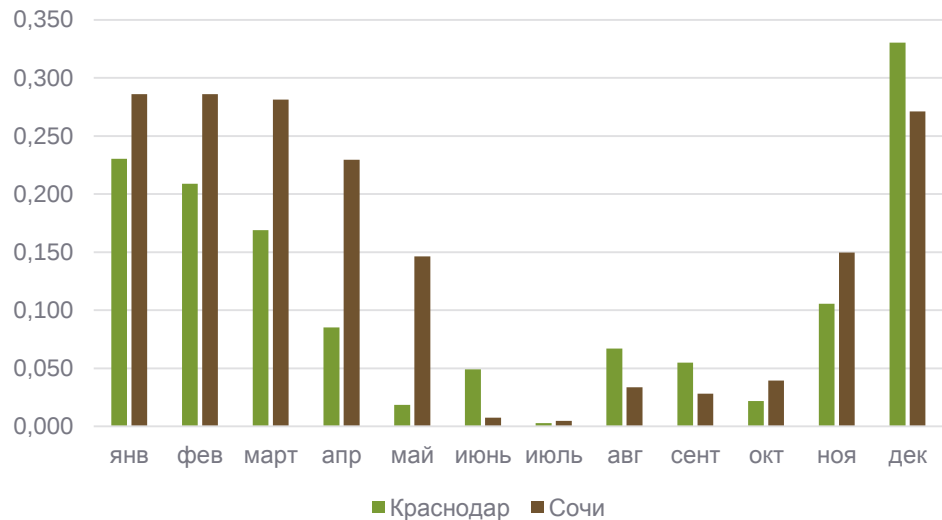
- Базовая температура (18°C) представляет собой усредненное значение температуры, при котором большинство людей ощущает комфорт и находится в стандартных условиях;
- данное значение принято в качестве базовой температуры во многих стандартах и нормативных документах, таких как **ISO 6743-4**.



Расчет потенциальной **генерации эл.энергии солнечными установками** за тот же период. Анализ сезонной динамики

Средние многолетние суточные суммы суммарной солнечной радиации на горизонтальной поверхности для каждого месяца года, согласно наземным измерениям и NASAPOWER, кВтч/м2.

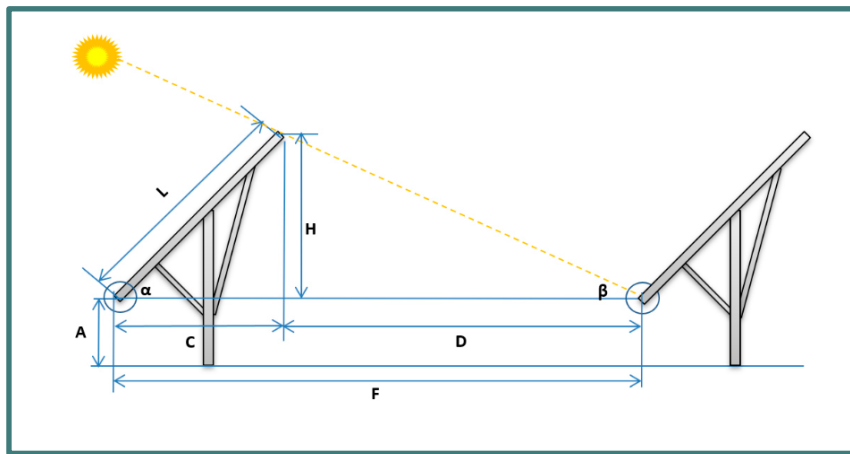
Месяц ц	NASA POWER (кВтч)		Актинометрический справочник (кВтч)	
	Краснодар	Сочи	Краснодар	Сочи
1	46	57	36	43
2	65	79	53	59
3	108	129	92	97
4	133	162	122	128
5	165	194	168	168
6	174	205	183	206
7	187	207	188	208
8	172	187	161	181
9	114	140	120	136
10	77	100	79	97
11	42	62	38	53
12	33	48	24	37
Год	1317	1570	1263	1413



Отклонения Δ данных NASA по средней месячной суточной сумме суммарной солнечной радиации от данных актинометрических наземных наблюдений (в долях единицы – по оси Y) для гг. Краснодара и Сочи. Составлено автором на основе расчетных данных.

III этап

Определение мощности СЭС, закрывающей потребности в эл.энергии, для кондиционирования и площади необходимой для их размещения



Формула для расчета расстояния между рядами фотоэлектрических модулей имеет вид:

$$F = C + D = L (\cos \alpha + \sin \alpha * \operatorname{tg}(\alpha + 23,5^\circ))$$

где L (линейный размер(длина) ФЭМ) был принят равным 2,1 м, согласно технической документации модулей компании Хевел .

Угол наклона α обычно принимается равным широте места (в наших расчетах он был принят одинаковым для всего Краснодарского края и равным 45°), β – высота Солнца над горизонтом в день весеннего равноденствия для заданной широты (45°).

при ширине одного фотоэлектрического модуля равного 1 м, занимаемая им площадь составит 9,3 м².

IV этап

Оценка достаточности площади крыш в зданиях малой и средней этажность исследуемых городов

1. Оценено современное потребление энергии на кондиционирование в Краснодарском крае

Общее потребление энергии системами кондиционирования в гостиничном и жилом фонде городов Краснодарского края. Составлено автором на основе расчетных данных.

Город	Количество часов, когда температура больше 18 градусов, ч/ период*	Расход энергии, кВтч	Количество квартир в мало-и среднеэтажных МКД	Общее потребление электроэнергии, ГВтч/ период*
Анапа	2859	2230	16581	37
Армавир	2554	1992	22133	44
Геленджик	2945	2297	12042	28
Ейск	2954	2304	18220	42
Краснодар	2755	2149	151257	325
Сочи	2755	2149	72040	155

* в качестве периода в работе приняты теплые полгода (апрель — сентябрь).

Итог: суммарное потребление энергии 631 ГВтч/период



2. На основе данных об удельной (на единицу мощности) производительности фотоэлектрических модулей было определено **суммарное за период май-октябрь производство энергии (Втч/Вт).**

3. Из общей требуемой на нужды кондиционирования энергии для каждого города края определена **необходимая мощность солнечных установок.**

Требуемая для систем кондиционирования общая мощность солнечных установок. Составлено автором на основе расчетных данных.

Город	Удельная суточная производительность фотоэлектрических модулей (солнечных панелей) <u>Втч/Вт</u> в сутки в период использования кондиционеров в Краснодарском крае						Суммарная удельная производительность ФЭМ за период <u>Втч/Вт</u>	Мощность всей солнечной станции (ГВт)
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь		
Анапа	6,05	6,07	6,08	6,02	5,50	3,73	1026	0,03
Армавир	5,64	5,74	5,94	6,00	5,47	3,97	1005	0,04
Геленджик	5,75	5,71	5,91	6,02	5,41	4,13	1010	0,02
Ейск	5,76	5,63	5,72	5,93	5,44	3,26	973	0,04
Краснодар	5,75	5,72	5,91	6,03	5,42	4,15	1011	0,32
Сочи	5,28	5,33	5,69	5,75	5,21	4,08	962	0,16
Итого								0,63



Прогнозное потребление

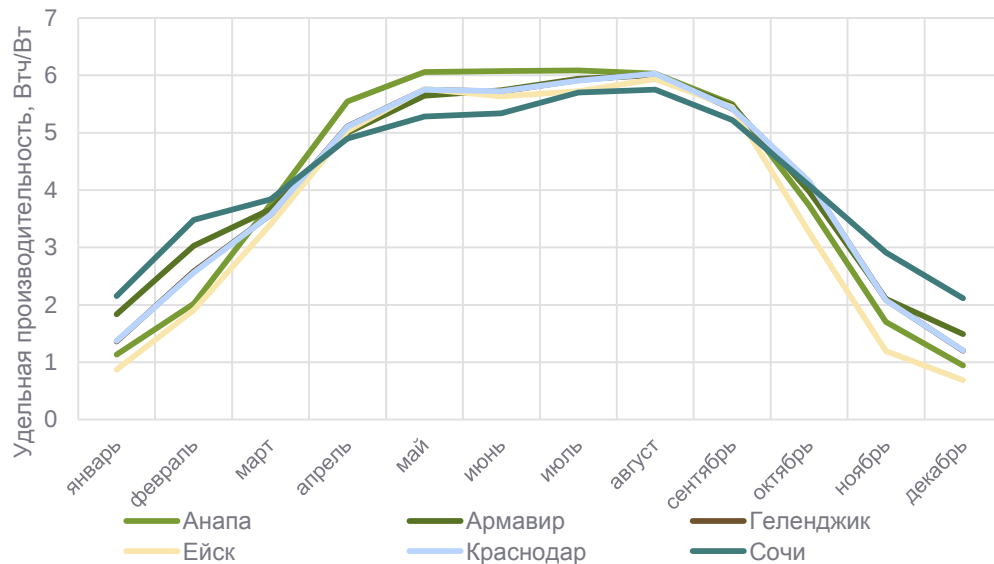
- **Ежегодное увеличение потребления энергии** на системы кондиционирования будет возрастать **на 0,15%** (расчет на основе работы В.В.Клименко).
- За период с 2010 по 2050 годы общее увеличение энергопотребления на эти нужды **составит 6%**.
- Поскольку в последние десятилетия происходит постоянный рост эффективности солнечных модулей, то можно ожидать, что значительного роста площади территории для расширения генерации энергии с помощью СЭС не потребуется.

Сезонная динамика

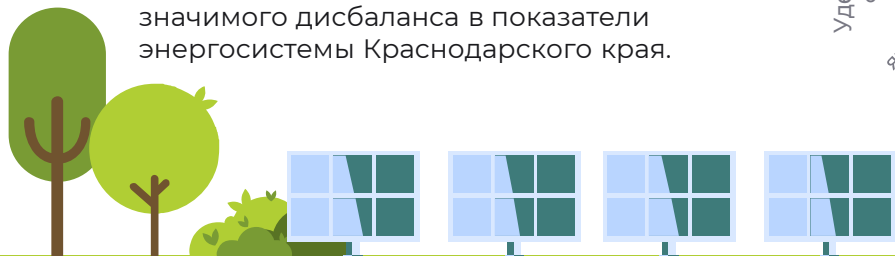
Производительность в январе составляет 18% от производительности в июле, а амплитуда колебаний производительности составляет 4,9 кВтч/кВт.

Избыточная электрическая энергия в зимний период **может обеспечить 9400 ГДж тепла**, что составляет порядка 0,03% от общей потребляемой тепловой энергии.

Данный факт свидетельствует о том, что сезонные колебания производительности солнечной станции указанной мощности не вносят значимого дисбаланса в показатели энергосистемы Краснодарского края.



Удельная производительность фотоэлектрических модулей (солнечных панелей) Втч/Вт в сутки



4. На основе единичной мощности ФЭМ (400 Вт) и занимаемой им площади была рассчитана **общая площадь территории**, необходимой для размещения солнечных установок

Результаты расчета требуемой площади территории для размещения солнечных установок.

Город	Количество необходимых ФЭМ мощностью 400 Вт	Площадь территории, занятая ФЭМ, км ²	Доступная площадь крыш мини-гостиниц, средне- и малоэтажных МКД, км ²	Доля площади крыш малоэтажных зданий и мини-гостиниц в общей требуемой площади, %
Анапа	90060	0,8	0,23	28
Армавир	109670	1,0	0,39	39
Геленджик	68410	0,6	0,24	40
Ейск	107700	1,0	0,28	28
Краснодар	803290	7,5	2,21	30
Сочи	402270	3,7	1,00	27

Итог: необходимая площадь для установки СЭС – 14,6 км²

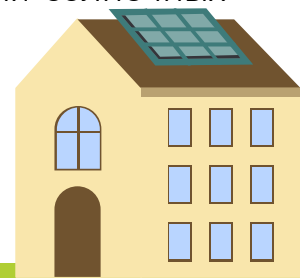


Выводы:

Города Краснодар и Сочи демонстрируют наибольший объем потребления энергии на нужды кондиционирования, составляющий **325 и 155 ГВтч/период** соответственно.

С учетом эффективности современных фотоэлектрических модулей, уровня прихода солнечной радиации на территории Краснодарского края и оценок потребления энергии системами кондиционирования, требуемая мощность солнечной станции для покрытия нужд кондиционирования воздуха составляет **0,63 ГВт, требуемая площадь – 1469 Га.**

Площадь крыш многоквартирных домов малой и средней этажности могут обеспечить в рассматриваемых городах лишь **от 27 до 40%** необходимой площади для размещения солнечных энергоустановок.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Екатерина Житцова

kzhittsova@yandex.ru

