



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему «Влияние климатических факторов на производственные процессы в
строительстве: оценка рисков и адаптация технологий»

Исполнитель

Шангарсеев Иван Андреевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

« 02 » июня 2026 г.

Санкт-Петербург
2026

Оглавление

1. Физико-географические условия района Большое Сочи и особенности климатического обслуживания строительства.	3
1.1 Актуальность климатического и метеорологического обслуживания строительных работ.	3
1.2 Физическое положение и рельеф местности Большого Сочи.....	4
1.3 Климат и климатообразующие факторы региона Большого Сочи.....	12
2. Нормативно-правовые основы обеспечения климатической информацией строительной отрасли.	21
2.1 Нормативно-правовая база и общая характеристика климатического подрайона строительства	21
2.2 Температурно-влажностный режим и его влияние на ограждающие конструкции	30
2.3 Ветровые и атмосферные воздействия (Осадки и аэрация)	41
2.4 Специализированные факторы (Инсоляция, солнечная радиация и ветрозащита).....	52
3. Анализ проекта строительства первого в России насыпного острова в акватории г. Сочи.....	61
3.1 Предпосылки и цели реализации проекта	62
3.2 Технологическая уникальность проекта	64
3.3 Географическое и климатическое обоснование размещения	64
3.4 Потенциальное влияние на окружающую среду и экологические риски.....	65
3.5 Критический анализ: новый шаг в области сохранения окружающей среды или экологическая катастрофа.....	68
3.6 Прогноз влияния на изменение климата и микроклимат.....	68
3.7 Метеорологические параметры, требующие учёта при строительстве	69
3.8 Непредвиденные сложности и погодные риски	71
3.9 Комплексная оценка и выводы	73
4. Анализ режима метеорологических характеристик и их современной динамики в регионе Большого Сочи	75
4.1 Температурный режим.....	75
4.2 Атмосферные осадки.....	79
4.3 Ветровой режим	81
4.4 Влажность воздуха	83
4.5 Солнечная радиация и инсоляция	83
4.6 Экстремальные погодные явления	85
4.7 Современные климатические изменения в регионе	87
4.8 Последствия климатических изменений для строительства и инфраструктуры	88
5. Оценка специализированных климатических характеристик для строительной отрасли и производственных процессов.	91
5.1 Влияние температурного режима на строительство насыпного острова.....	91
5.2 Влияние атмосферных осадков на строительство насыпного острова.....	94

5.3 Влияние ветрового режима на строительство насыпного острова	96
5.4 Влияние влажности воздуха на строительство насыпного острова	99
5.5 Влияние солнечной радиации и инсоляции на строительство насыпного острова	101
5.6 Влияние экстремальных погодных явлений на строительство насыпного острова	103
5.7 Влияние современных климатических изменений на долгосрочную устойчивость острова	105
5.8 Комплексный прогноз и рекомендации	107
Заключение	108
Список Литературы	110

1. Физико-географические условия района Большое Сочи и особенности климатического обслуживания строительства.

1.1 Актуальность климатического и метеорологического обслуживания строительных работ.

Современная строительная отрасль вынуждена адаптироваться к стремительным климатическим изменениям, что делает метеорологическое сопровождение особенно востребованным. За последние десятилетия глобальное потепление стало одной из острейших проблем человечества. Оно выражается в росте средних температур, сдвиге режима осадков, подъёме уровня моря и учащении экстремальных погодных явлений. Все эти факторы серьёзно влияют на строительство, поэтому необходимо понимать механизмы этого влияния, чтобы разработать стратегии снижения рисков и адаптации.

В 2025 году был кардинально пересмотрен основной нормативный документ по климатологии. Новая редакция СП 131.13330.2025 «Строительная климатология» опирается на данные о потеплении за 2019-2024 гг. Актуализированные параметры (температуры наиболее холодных суток и пятидневок, влажность) критически важны для проектирования систем отопления и вентиляции. Точное метеорологическое обслуживание помогает избежать:

- Простоев техники и персонала из-за неблагоприятных погодных условий (ветровые нагрузки, экстремальные температуры).
- Порчи строительных материалов, чувствительных к влажности и циклам замораживания-оттаивания.

Климатические факторы необходимо учитывать уже на стадии проектирования. Всё большую актуальность приобретают устойчивые к изменениям климата материалы и технологии, что требует от проектировщиков глубокого знания местного климата и его будущих изменений.

Многочисленные исследования подтверждают: климатические сдвиги ведут к росту частоты и интенсивности ураганов, наводнений, засух и сильных морозов. Эти условия напрямую влияют на безопасность строительных объектов, их долговечность и эффективность процессов. Например, сильные ветры способны повредить незавершённые конструкции и создать опасные условия для рабочих. Многие материалы теряют прочность при высоких температурах, что может привести к преждевременному разрушению. При температуре выше 20°C производительность труда падает на 2-3% на каждый дополнительный градус. Мониторинг теплового стресса становится важной частью охраны труда на стройплощадках.

Климатическое обслуживание напрямую повышает эффективность и качество строительства, позволяя заблаговременно планировать работы с учётом прогноза погоды, минимизировать простои и потери, а также предотвращать аварии и финансовые убытки.

Таким образом, изучение влияния климатических факторов на производственные процессы - важный шаг к устойчивому развитию отрасли в условиях глобальных изменений. Понимание этих факторов помогает не только снизить риски и улучшить качество, но и создать безопасную, комфортную среду для жизни. Адаптация технологий и внедрение инноваций станут ключом к успеху строительной отрасли в будущем. Профессиональное метеорологическое обслуживание уже сегодня становится неотъемлемой частью современного строительства, помогая успешно завершать проекты в условиях неопределённости.

1.2 Физическое положение и рельеф местности Большого Сочи

Большой Сочи - курортный город на юге России, вытянувшийся узкой полосой вдоль Черноморского побережья Кавказа между 43° и 44° северной широты, что и определяет его субтропический климат. Протяжённость города - 145 км, максимальная ширина - 20-30 км. Он расположен на юго-западных

предгорьях Главного Кавказского хребта. Прибрежная полоса (шириной 450-2000 м) имеет общий уклон в сторону моря.

Территория изрезана поперечными хребтами с ответвлениями, отходящими от Главного хребта. Такой рельеф создаёт сложное сочетание площадок разной высоты, размера и взаимного расположения. Низменное побережье сменяется возвышенностями до 300-400 м, местами до 550 м над уровнем моря. При движении с северо-запада на юго-восток рельеф резко меняется по высоте: на широте Сочи, уже в 40 км от берега, возвышаются вершины Главного хребта высотой 1800-3500 м.

Прибрежная часть города (как и всё Черноморское побережье южнее Туапсе) находится в зоне влажных субтропиков, что резко отличает этот регион от более северного участка (от Анапы до Туапсе) с полусухим средиземноморским климатом. Территория города-курорта охватывает большую часть южного склона Кавказа - от берега моря до вершин хребта высотой до 3500 м. [11]

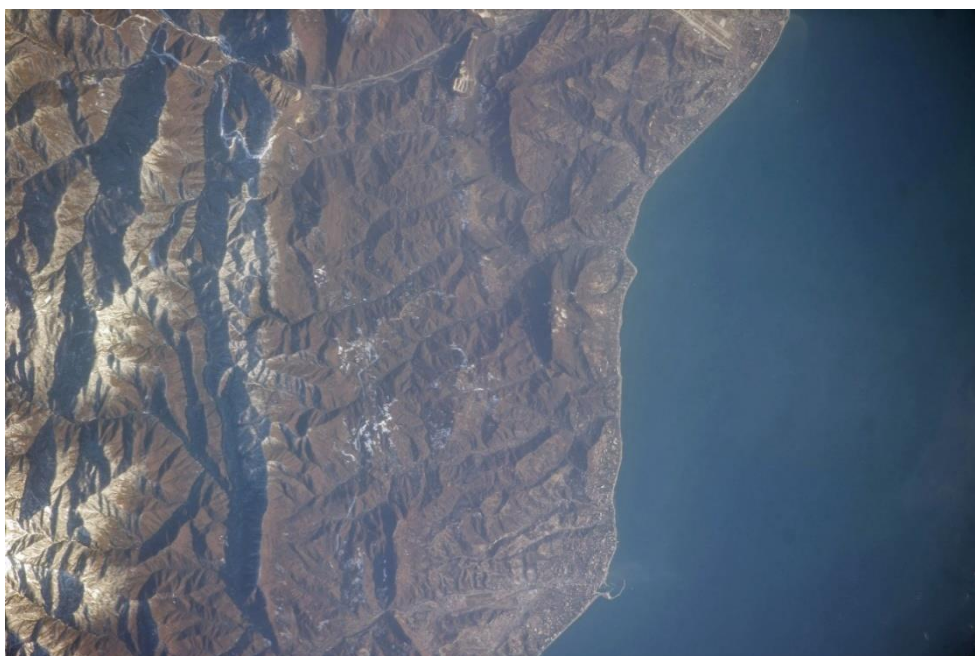


Рисунок 1.1 – Рельеф региона (вид из космоса)

Формирование рельефа тесно связано с геологическим строением. На относительно узком участке суши (20-50 км) встречаются отложения от протерозоя до четвертичного периода. Особенно уникальны разрезы меловых и палеогеновых отложений - они представлены полной стратиграфической колонкой. Литологический состав (преимущественно осадочные породы) неоднороден, что создаёт сложные инженерно-геологические условия.

Сложность рельефа обусловлена высокой тектонической раздробленностью, активными неотектоническими процессами и современной сейсмичностью (8-9 баллов), прогрессирующим опусканием берегов, литологической неоднородностью. Всё это способствует активному развитию экзогенных процессов: оползней, исчезновению пляжей, разрушению морских берегов, подтоплению устьев рек и др.

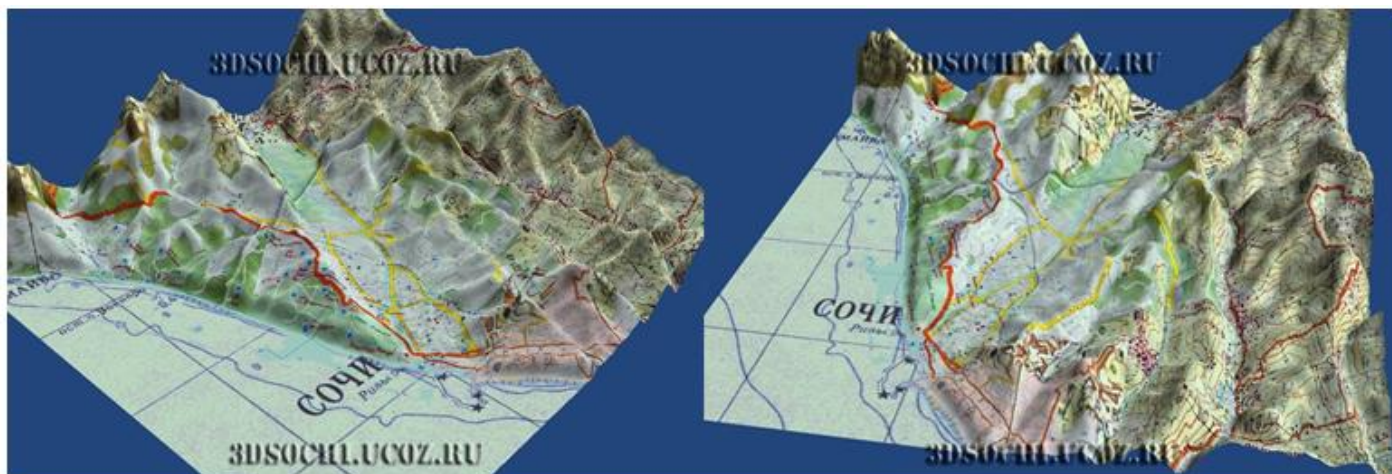


Рисунок 1.2 – Разнообразие рельефа местности

Основные морфологические типы речных долин в пределах Большого Сочи:

- теснины - долины с крутыми склонами высотой до нескольких сотен метров;
- ущелья с преобладанием глубинной эрозии;
- каньоны со ступенчатым профилем склонов;

- оползни (вызваны переувлажнением пород атмосферными и подземными водами, а также подмывом берега);
- осыпи и россыпи (мелкий щебень и глыбы у подножий обрывов крутых склонов).

На основе генетических и морфологических различий на территории Большого Сочи выделяют пять высотных зон, каждая со своими типами и формами рельефа и разной рекреационной нагрузкой.

Прибрежная зона (200 метров над уровнем моря) характеризуется длительной мягкой и теплой осенью, переходящей в затяжную, прохладную и умеренно дождливую весну, а также относительно нежарким летом. Сумма тепла за год здесь свыше 5000 градусов.

Предгорная зона (201-600 метров над уровнем моря) характеризуется более низкими температурами воздуха в январе (до 4 С), лето здесь также прохладнее и влажнее.

Среднегорная зона (601-1000 метров над уровнем моря) отличается мягкой, снежной зимой. Лето здесь нежаркое, в отдельные годы достаточно прохладное и дождливое, зима умеренно холодная. Средняя температура января - 0 С. Климат этой зоны некоторыми чертами напоминает северную часть европейской территории России, но осадков здесь выпадает гораздо больше.

Высокогорная зона (1001-1700 метров над уровнем моря). Выделяется продолжительной зимой с устойчивым снежным покровом, достигающим иногда нескольких метров. Лето дождливое и короткое.

Альпийская зона (1701-1800 метров над уровнем моря). Лето короткое, зима с мощным снежным покровом, достигающим в отдельных местах 10-15 метров. Малое количество тепла делает существование древесной растительности невозможным. Это зона субальпийских и альпийских лугов, снежников и ледников.

Рисунок 1.3 – Вертикальные климатические зоны

Природные условия Большого Сочи изначально предполагают активное присутствие человека, что ведёт к высокой техногенной нагрузке. Благоприятный климат и особенности рельефа сделали регион крупной рекреационной зоной, а выгодное географическое положение способствует социально-экономическому развитию. Сегодня хозяйственная деятельность достигла масштабов, при которых негативное влияние на природу очевидно, причём нередко страдают уникальные и особо охраняемые объекты.

Наиболее заметно человек меняет рельеф в местах добычи полезных ископаемых. При подземной разработке на поверхность выносят пустую породу, формируя конические отвалы - терриконы, которые становятся характерной чертой угледобывающих ландшафтов. При открытой добыче сначала удаляют вскрышные породы, создавая крупные отвалы, а затем разрабатывают карьеры - обширные углубления со сложным рельефом, стенки которых требуют укрепления. В районах подземных выработок нередко просадки грунта из-за обвалов в отработанных шахтах.



Рисунок 1.4 – Карта полезных ископаемых региона

Существенные изменения рельефа происходят также при транспортном, промышленном и гражданском строительстве: под сооружения выравнивают площадки, для дорог создают насыпи и выемки. В Большом Сочи интенсивное строительство само стало мощным рельефообразующим фактором.



Рисунок 1.5 – Карьер в Адлерском районе Большого Сочи

Этот район считается сложным в строительном отношении. Природные условия не только стимулировали активную застройку, но и создали ограничения. Особенно это касается линейных объектов, которые эксплуатируются здесь очень интенсивно. Автотрассы постоянно испытывают воздействие физико-географических факторов: перепадов температур, обилия осадков, испарения, силы и направления ветра, снегового покрова, глубины промерзания. Например - под действием солнца битум в асфальтобетонной смеси нагревается, что приводит к таким деформациям, как образование «колеи» - вдавливание асфальта под тяжестью проезжающих машин.

Помимо физико-географических, на линейные конструкции (от мостов до ЛЭП) влияют геолого-геоморфологические, биологические и химические процессы. Широко распространённые склоновые процессы и высокая

сейсмичность заметно усложняют строительство. Нередко оползни, имеющие естественную природу, спровоцированы прямым или косвенным вмешательством человека - подрезкой склона, переувлажнением, уничтожением растительности при строительстве или реконструкции дорог.

Например - на территории Сочинского национального парка близ посёлка Ермоловка отвалы отработанной породы привели к сходу оползня. Другой случай - в микрорайоне Блиново (Адлерский район), где строительные работы спровоцировали оползень: лес целыми пластами обрушается вниз, грунт рвёт трубы водоснабжения, жилые дома под угрозой разрушения.

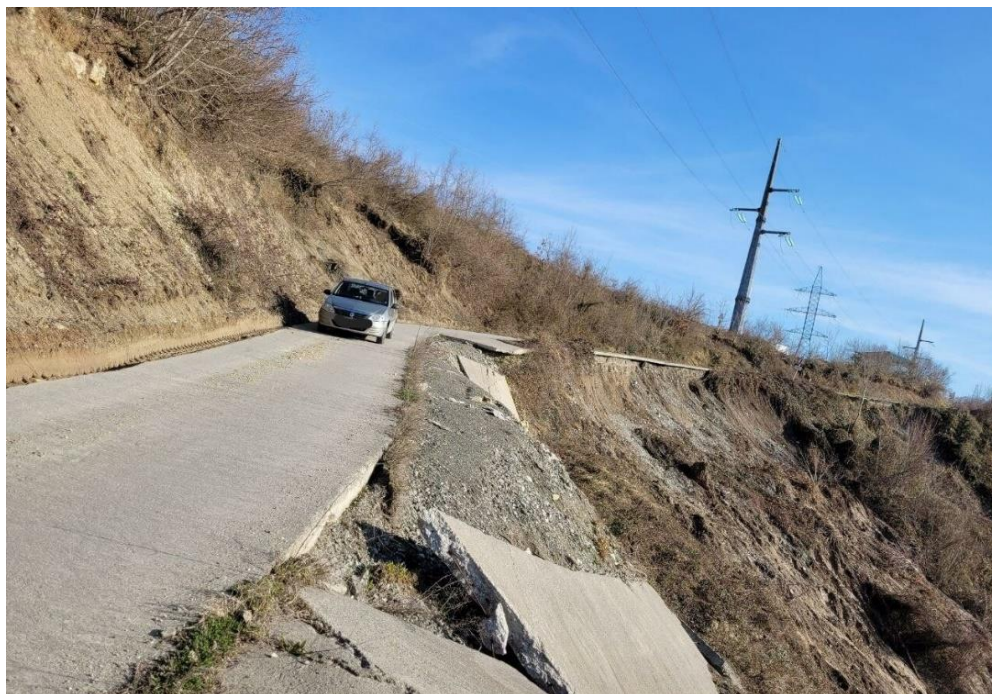


Рисунок 1.6 – Последствия схода оползня

Сами по себе эти действия не всегда опасны, но в сочетании с природными факторами они получают широкое развитие. Именно сочетание природных и антропогенных условий делает строительство в Большом Сочи непростым делом: приходится либо проводить защитные мероприятия, либо устранять последствия.



Рисунок 1.7 – Строительство Адлеровского моста

Геологические риски и подготовка территории

1. Оползневая опасность - сложный рельеф и экстремальное переувлажнение почв (особенно зимой) создают высокий риск оползней. Только в декабре 2024 года из-за сильных осадков в Сочи произошло почти три десятка оползней.
2. Укрепление склонов - для подготовки площадок применяют подпорные стены (высотой до 25 м), свайные поля (сваи до 100 м до устойчивых пород), террасирование и армирование склонов с последующим озеленением (травы и кустарники закрепляют грунт корнями).
3. Дренажные системы - обязательно создание разветвлённых коллекторов (протяжённостью в километры) для сбора подземных вод и отвода их от фундаментов. Это предотвращает «сползание» зданий.

Показательный пример - олимпийский опыт строительства трамплинов в Красной Поляне. Вырубка леса на склоне при строительстве трамплинов привела к сходу сели - корни деревьев перестали удерживать грунт.

Инженерам пришлось вручную создать искусственную ложбину (выемка миллиона кубометров земли) и укрепить склон сваями. [12]

1.3 Климат и климатообразующие факторы региона Большого Сочи

Главным показателем, определяющим, насколько комфортна рекреационная зона Сочи, выступает климат. Его специфика складывается под действием нескольких групп факторов: солнечного излучения, циркуляции воздушных масс, влагооборота, а также влияния моря и горного рельефа.

Климат Западного Кавказа формируется благодаря двум основным эффектам: тепловому воздействию незамерзающего Чёрного моря и защитной (экранирующей) роли Главного Кавказского хребта. Горы препятствуют свободному перемещению воздушных потоков с севера на юг, становясь непреодолимой преградой для проникновения холодных масс с северных и северо-восточных направлений. По мере подъёма в горы и удаления от берега климат становится прохладнее, выпадает больше осадков, укорачивается вегетационный период - соответственно меняется и растительный покров.

Водораздельный хребет надёжно прикрывает побережье от северо-восточных вторжений. Однако к северо-западу Черноморская горная цепь снижается, и её защитное действие ослабевает: северо-восточные ветры прорываются к берегу, климат становится более сухим и континентальным - с холодной зимой и жарким летом. Воздушные массы, приходящие с запада и северо-запада (со стороны моря), проходя над водной поверхностью, прогреваются, обогащаются влагой и приобретают неустойчивость, что приводит к длительному ухудшению погоды. [7]

Максимум осадков приходится на зиму и выпадает преимущественно в виде дождя, реже - снега. Зима тёплая, лето жаркое и влажное. Близость моря несколько смягчает летний зной, делая его благоприятным как для природы, так и для человека. Такой климат подходит для выращивания многих

субтропических и умеренных культур. Поскольку Сочи лежит на северной границе субтропиков, здесь изредка возможны заморозки и снегопады, но на побережье они бывают очень редко, длятся 1-5 дней, а в некоторые годы отсутствуют вовсе.

Главные черты климата - сухое лето и влажная зима - роднят его со средиземноморской зоной. Однако, в отличие от типичного Средиземноморья, зима на Западном Кавказе отличается периодической неустойчивостью, вызванной вторжениями холодных воздушных масс. [8]

Характерная особенность района - зональность: климатические условия меняются с высотой. Выделяют три пояса:

- Высокогорный (от 2000 м и выше) - полоса Главного Кавказского хребта. Климат суровый, холодный, с ветрами, частыми оттепелями, туманами и обильными осадками. На высотах ниже 3000 м (зона альпийских и субальпийских лугов) воздух чист и прозрачен, высока доля ультрафиолета, зима сравнительно мягкая.
- Среднегорный (1000-2000 м) - здесь преобладает западный перенос воздушных масс, но отроги хребтов заметно меняют направление и скорость ветра. Зимой господствуют северные и северо-западные ветры, летом - юго-западные. В целом за год чаще всего дуют ветры северных румбов. Температурный режим зависит не только от внешних причин, но и от рельефа и абсолютных отметок. Заметную роль играют горно-долинные ветры, фены и морские бризы. Климат среднегорья определяют как горно-умеренный, характерный для крупных межгорных котловин.
- Низкогорный (400-1000 м) - климат переходный от субтропического средиземноморского к влажному морскому.

С точки зрения рекреации набор среднепогодных параметров считается комфортным для большинства людей и благоприятным для восстановления здоровья:

- Среднегодовая температура - +14,6 °С.

- Средняя температура января - +6,3 °С, августа - +24,3 °С.
- Среднегодовая скорость ветра - 1,7 м/с.
- Среднегодовая влажность - 75 %.
- Среднегодовая температура воды - +16,2 °С (максимальная +30,1 °С).
- Среднегодовое количество осадков - 1651 мм.
- Число солнечных дней (по общей облачности) - 48, по нижней - 125.
- Число пасмурных дней (по общей обл.) - 154, по нижней - 68. [17]

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °С	21,5	23,5	30,0	33,7	34,7	35,2	39,4	38,5	36,0	32,1	29,1	23,5	39,4
Средний максимум, °С	9,9	10,4	12,7	17,0	21,2	25,4	27,9	28,6	25,2	20,7	15,6	12,0	18,9
Средняя температура, °С	6,3	6,5	8,6	12,3	16,6	20,9	23,7	24,3	20,5	16,2	11,4	8,3	14,6
Средний минимум, °С	3,8	3,7	5,6	9,0	13,3	17,4	20,0	20,7	16,9	13,1	8,5	5,7	11,5
Абсолютный минимум, °С	-13,4	-12,6	-7	-3,8	3,0	7,1	12,6	10,4	2,7	-3,2	-5,4	-8,3	-13,4
Норма осадков, мм	177	134	133	109	107	95	120	106	140	177	175	178	1651
Температура воды, °С	9,7	8,8	9,1	11,3	15,4	20,1	24,2	25,6	23,4	19,7	15,2	11,8	16,2

Рисунок 1.8 – Климатические показатели региона

Солнечное тепло играет ключевую роль в формировании климата. Благодаря выгодному географическому положению высота солнца над горизонтом в июле достигает 70°, в декабре - 23°. Количество получаемого тепла прямо пропорционально высоте солнца, поэтому максимум радиации приходится на июль, минимум - на декабрь. Наибольшая продолжительность солнечного сияния в северной части Чёрного моря объясняется более длинным летним днём.

Приход радиации зависит от угла падения лучей, долготы дня, облачности и прозрачности атмосферы. По сравнению с другими регионами России радиационные условия Сочи весьма благоприятны. Максимум

солнечных дней повсеместно наблюдается летом. Зимой на западе края чаще бывает пасмурно.

В отличие от большей части России, где радиационный баланс в холодный период отрицательный, в Сочи он положителен круглый год. Главный фактор, снижающий радиацию, - облачность (особенно зимой). Летом облака часто носят конвективный характер (дневная кучевая), что не сильно уменьшает прямой солнечный свет, но увеличивает долю рассеянной радиации. [19]

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
Солнечное сияние, ч	96	105	145	161	221	258	279	281	226	195	121	86	2 174

Рисунок 1.9 – Солнечное сияние, часов за месяц

Спектральный состав:

- Высокая доля рассеянной радиации (из-за влажной атмосферы и облачности) - до 50-60% от суммарной даже летом. Это даёт мягкий, рассеянный свет, уменьшающий резкость теней.
- Уровень ультрафиолета летом высокий и очень высокий (УФ-индекс 7-9). Даже при рассеянном свете возможны ожоги. Максимум УФ-излучения - с мая по август.

Факторы, влияющие на радиационный режим:

1. Рельеф - южные склоны получают на 20-40% больше радиации, чем равнины и северные склоны (что важно для сельского хозяйства). Горы задерживают облака, создавая «дождевую тень» и увеличивая инсоляцию в некоторых районах (например, в Адлере по сравнению с центром Сочи).

2. Морской бриз - днём приносит более влажный и прохладный воздух, что может усиливать облакообразование над побережьем во второй половине дня.
3. Влажность и аэрозоли - водяной пар и морские соли рассеивают и поглощают часть прямой солнечной радиации, особенно утром и вечером, создавая характерную дымку.

При проектировании жилья важна инсоляция помещений. В летнее время избыток солнечного тепла может приводить к перегреву, ухудшению микроклимата и несоответствию нормативам.

Основная причина движения воздушных масс - неравномерный прогрев разных участков Земли. Вращение планеты и подъём тёплого воздуха с опусканием холодного порождают циркуляционные системы разного масштаба, совокупность которых называют общей циркуляцией атмосферы.

Чёрное море находится в зоне взаимодействия холодных потоков с северо-запада и северо-востока с тёплыми субтропическими массами с юга и юго-запада. Поэтому циркуляция заметно меняется по сезонам, и климатические условия в разных частях бассейна неоднородны.

Зимний период (октябрь-март) - преобладают ветры северо-восточных и восточных направлений - следствие Черноморской депрессии и повышенного давления над охлаждающимся материком юга Европейской России. Зимой над морем - область низкого давления, что усиливает северо-восточный перенос с материка. Однако в течение зимы неоднократно возникают сильные штормовые западные и юго-западные ветры (примерно 17 штормовых дней в году, более 6 баллов). Характерна частая смена воздушных потоков, вызывающая колебания температуры, оттепели и зимние паводки. Относительная устойчивость наступает в январе.

Летний период - циклоническая активность затухает, циркуляция ослаблена. Над Чёрным морем - повышенное давление, над Большим Кавказом - пониженное (термическая депрессия). Усиливается влияние Азорского максимума и его восточного отрога, растёт повторяемость

западных переносов. Погода формируется в основном за счёт трансформации воздушных масс в медленно движущихся Азорских антициклонах и местной термической депрессии.

Из-за неодинакового нагрева разных форм рельефа возникают значительные вертикальные градиенты давления и температуры, развивается местная циркуляция. Её нарушают лишь ложбины и фронты с северо-запада. При вторжении с запада и северо-запада - пасмурно, дожди, грозы, временное усиление ветра (перед фронтом - юго-восточное, после - северо-западное и западное). Во второй половине лета устанавливается область повышенного давления, способствующая безоблачной погоде с бризовой циркуляцией.

Роза ветров - господствующее направление в течение года - восточное и северо-восточное. С мая по сентябрь возрастает повторяемость западных ветров благодаря хорошо развитому бризу. Морской бриз дует с запада и юго-запада, его средняя скорость 3-5 м/с. В холодное полугодие (ноябрь-март) повторяемость восточных и юго-восточных ветров составляет 42-49% от общего числа случаев.

Летом и в начале осени над морем могут возникать смерчи (обычно не дольше 10 минут). В редких случаях они выходят на сушу, вызывая кратковременные шквалы, ливни и крупный град. [11]

Климатические изменения - серьёзный вызов для инженеров и проектировщиков. Они вынуждены учитывать не только текущие, но и будущие условия, уделяя внимание возобновляемым и экологичным материалам, а также балансу между прочностью, энергоэффективностью и экологичностью. [23]

Техника и конструкции в Сочи работают в агрессивной среде:

1. Коррозия. Высокая влажность и близость моря диктуют использование материалов с повышенной антикоррозионной стойкостью (для фасадов, металлоконструкций). Влага и солевые осадки вызывают окисление металла, снижая прочность и создавая опасность (рис. 1.10).

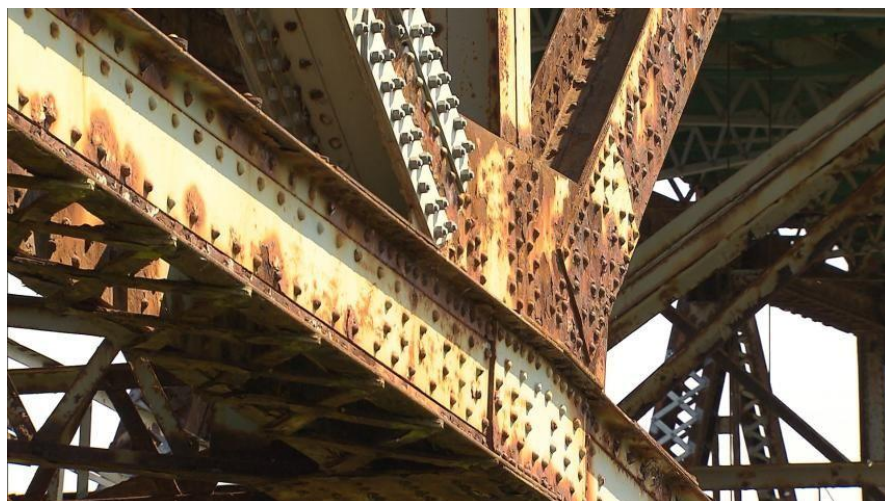


Рисунок 1.10 – Коррозия металлической конструкции

2. Перепады температур. Высокая температура и её колебания способствуют растрескиванию бетона, что может привести к разрушению и необходимости ремонта (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Трещины в бетонной конструкции

3. Повышенная влажность. Древесина чувствительна к перепадам влажности: набухает во влажном климате, усыхает в сухом, что ведёт к

трещинам и деформациям. Поэтому применение древесины в нестабильных климатических условиях ограничено (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Деформация дерева

4. Нагрузка на системы охлаждения. Летом техника и механизмы работают в режиме перегрева, требуя безупречной работы охлаждения.

5. Климатическое оборудование. Кондиционеры здесь служат и для охлаждения летом, и для обогрева зимой. Из-за высокой влажности и риска плесени ужесточаются требования к вентиляции и осушению воздуха.

6. Фасады. Применяют светлые тона, чтобы уменьшить нагрев и выгорание. Открытая структура зданий с террасами требует коррозионностойких материалов.

7. Инженерные системы. В сыром климате критична защита от конденсата. При монтаже отопления необходимы антикоррозийные покрытия и тщательная изоляция труб.

Производители строительных материалов разрабатывают новые продукты с учётом местных особенностей: более прочные металлы и бетоны,

способные выдерживать экстремальные температуры и влажность, а также полимерные и композитные материалы с повышенной устойчивостью.

Дополнительные сложности горной местности:

- Транспортная доступность: узкие извилистые дороги затрудняют доставку крупногабаритной техники и материалов, особенно в снегопады или ливни.
- Стоимость материалов из-за удалённости и сложной логистики значительно выше (по некоторым данным, в два раза), а выбор ограничен. Многие подрядчики закупаются в Краснодаре и везут материалы сами.

Влияние климата на самочувствие человека (по высотным зонам)

Прибрежная зона (0-50 м над уровнем моря). Влажный субтропический климат. Основные факторы: высокая влажность (70-80% в отопительный период) создаёт ощущение сырости и промозглости зимой, жители жалуются на плесень и необходимость осушителей. Летом духота тяжело переносится людьми с сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями. Однако морской воздух, насыщенный аэроионами и солями, полезен для дыхательной системы; многие отмечают снижение простудных заболеваний благодаря мягкой зиме и обилию солнца.

Среднегорная зона (100-600 м, где расположено большинство новых посёлков). Считается наиболее комфортной для постоянного проживания. Смешение морского и горного воздуха даёт более низкую влажность и умеренную температуру. Воздух чище, богат фитонцидами (окружающие леса), что благотворно влияет на нервную и дыхательную системы.

Высокогорная зона (выше 1000 м, Красная Поляна и окрестности). Климат резко континентальный, с холодной снежной зимой. Для организма характерны нагрузки, связанные с перепадами давления и пониженным содержанием кислорода, что требует акклиматизации.

2. Нормативно-правовые основы обеспечения климатической информацией строительной отрасли.

С учетом выхода в сентябре 2025 года новой редакции СП 131.13330.2025, особое внимание в параграфах уделено актуальным изменениям и специфике Черноморского побережья.

Сочи, как уже было выяснено - уникальный регион, где стандартные расчеты недостаточны. Здесь необходимо учитывать не только температуру, но и такие специализированные факторы, как высокая влажность, интенсивные ливни, ветровая нагрузка с моря и сложная орография местности.
[7]

2.1 Нормативно-правовая база и общая характеристика климатического подрайона строительства

Для установления климатических параметров при проектировании зданий и сооружений, систем отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, а также для планировки и застройки городских и сельских поселений на территории Российской Федерации используется Свод правил «Строительная климатология». В рамках выполнения выпускной квалификационной работы нормативно-правовой базой для определения климатических характеристик района строительства (г. Сочи) является актуализированный свод правил СП 2025. Документ утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 августа 2025 года № 470/пр и введен в действие с 9 сентября 2025 года.

Разработчиками документа выступают ведущие научные учреждения: ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН) при участии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория имени А.И.

Воейкова» (ФГБУ «ГГО»). Обновление проведено в рамках соглашения о взаимодействии между Минстроем России и Российской академией наук, направленного на интеграцию современных научных разработок в строительную сферу.

Сравнительный анализ редакций (2025-2020-2012)

Анализ изменений, произошедших в нормативной базе, имеет ключевое значение для обоснования проектных решений. В ходе работы проведен сравнительный анализ трех редакций документа: текущей СП 2025, предшествующей СП 2020 и редакции 2012 года. Ключевые отличия систематизированы в таблице 2.1. [2]

Таблица 2.1

Эволюция нормативных требований СП 131.13330

Параметр / Характеристика	СП 131.13330.2012	СП 131.13330.2020	СП 131.13330.2025 (действующий)
Структура таблиц	Фиксированный перечень параметров	Незначительная корректировка	Добавлены новые таблицы: средняя месячная и годовая сумма осадков (таблица 10.1); средняя месячная и годовая скорость ветра (таблица 12.1)
Учет солнечной радиации	Отсутствовал в явном виде	Без существенных изменений	Введены новые карты районирования по годовому приходу суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при реальных условиях облачности (рисунок А.9)
Карты районирования	Базовые карты зон	Уточнение границ	Добавлены карты продолжительности периода устойчивых морозов (рисунок А.10); уточнены границы климатических районов, включая прибрежные территории и высокогорье
Данные метеостанций	Данные на момент издания	Частичная актуализация	Расширение базы за счет включения данных новых метеорологических станций, в том числе для горных районов
Период устойчивых морозов	Отсутствовал как отдельный параметр районирования	Отсутствовал	Выделен в отдельный параметр для оценки промерзания грунтов и режима работы систем (рисунок А.10)
Температурные параметры	Фиксированные значения	Обновление отдельных показателей	Актуализированы таблицы климатических параметров холодного и теплого периодов года (температура, влажность, амплитуды, парциальное давление водяного пара)
Объем документа	180 страниц	195 страниц	215 страниц

С введением таблицы 2.2 закрылась потребность в точных данных для расчётов аэродинамики зданий и оценки воздушного режима ограждающих конструкций. Таблица представляет среднемесячные и среднегодовые значения скорости ветра (в метрах в секунду) для ключевых метеостанций. Данные необходимы для оценки аэрации (естественной вентиляции) застройки, расчёта инфильтрации воздуха через окна и стены (а значит, и теплопотерь) и для систем ветрозащиты. Эти параметры важны для подтверждения энергоэффективности зданий.

Таблица 2.2

Средняя месячная и годовая сумма осадков, мм

Республика, край, автономный округ, область, пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Краснодарский край													
Сочи	181	126	128	113	98	99	120	112	143	168	183	186	1657

Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с

Республика, край, автономный округ, область, пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Краснодарский край													
Сочи	2,2	2,1	2,0	1,8	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	2,0	2,1	1,8

На рисунке 2.1 (А.9) представлена схематическая карта, на которой территория России разделена на зоны по годовому количеству поступающей солнечной энергии. Карта учитывает радиацию при реальной облачности и даёт интегральную оценку количества солнечного тепла, поступающего на горизонтальную поверхность за год, и служит для оценки потенциала использования солнечной энергии, расчёта теплопоступлений в здания (особенно с большим остеклением) и выбора материалов фасадов для

минимизации перегрева в жарких регионах и максимального использования солнечного тепла в холодных.

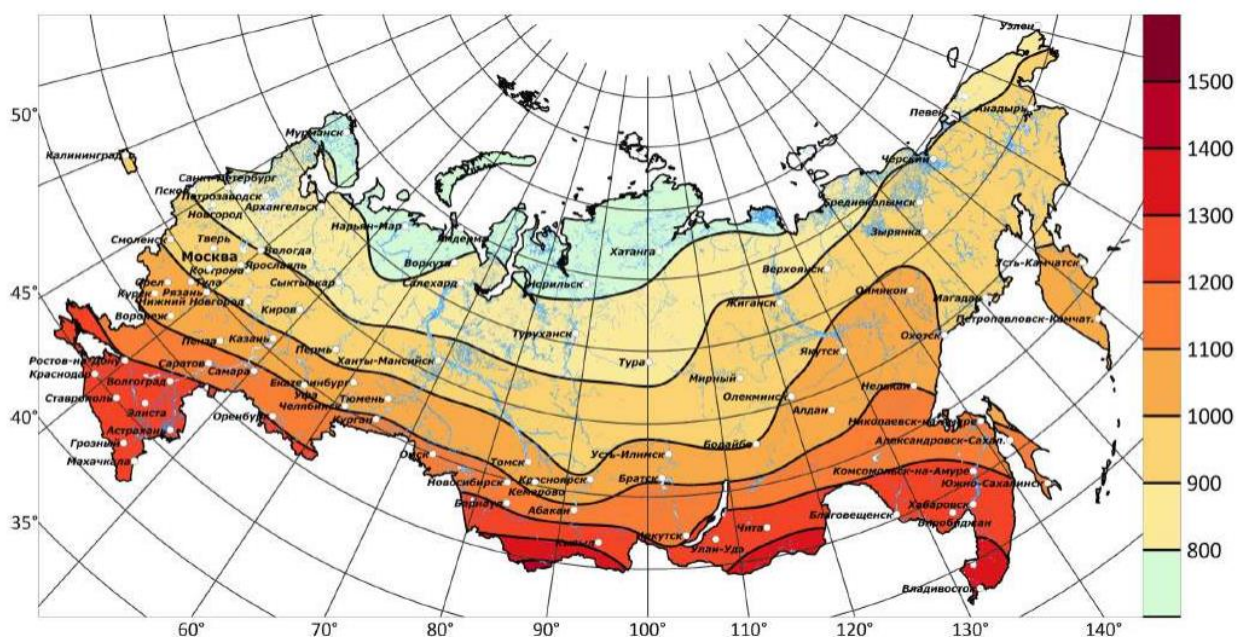


Рисунок А.9 - Схематическая карта районирования по годовому приходу суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную
267

Рисунок 2.1 – Зоны по годовому количеству поступающей солнечной энергии (А.9)

На рисунке 2.2 (А.10) продемонстрировано, сколько дней в году в разных регионах страны держится устойчивая морозная погода. Период, когда среднесуточная температура не поднимается выше 0°C , является ключевой характеристикой суровости климата. Данные о его длительности используются при расчёте систем отопления (длительность отопительного сезона), для оценки глубины промерзания грунтов и для планирования зимних строительных работ. [1]

Исходя из анализа данной таблицы можно заключить следующие выводы:

- Появление новых таблиц по осадкам и ветру. Наиболее значимым изменением для инженерных изысканий является введение в структуру СП 2025 таблиц 2.1 и 2.2, регламентирующих

среднемесячное и годовое количество осадков, а также среднемесячную скорость ветра. Ранее эти данные носили справочный характер или извлекались из ведомственных норм. Теперь они становятся обязательными к учету при расчетах дренажных систем, противоветровой защиты.

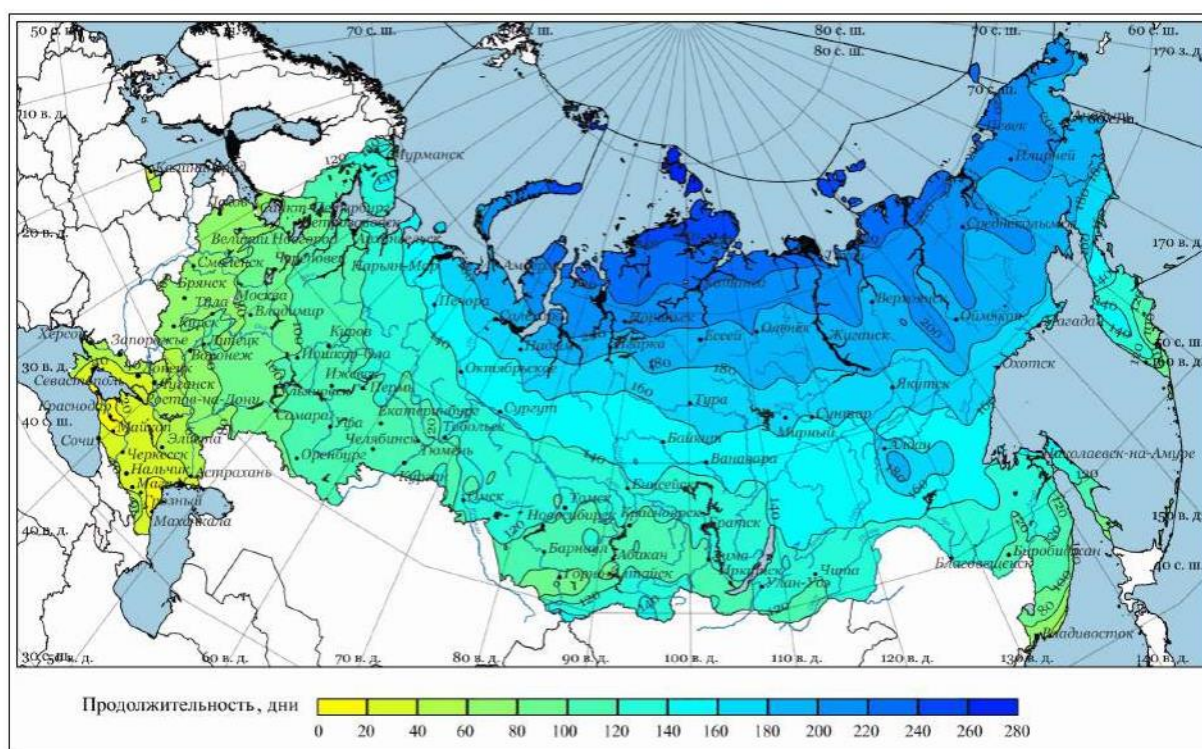


Рисунок А.10 - Схематическая карта районирования по продолжительности периода с устойчивыми морозами, дни
Приложение Б

269

Рисунок 2.2 – Зоны продолжительности с устойчивыми морозами
(А.10)

- определении класса энергоэффективности и проектировании систем водостока.
- Солнечная радиация как нормируемый параметр. В приложении А СП 2025 - (рис. 2.1) появились карты районирования по годовому приходу суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Для региона Большого Сочи, характеризующегося высокой инсоляцией, этот

фактор критичен для расчета пассивного нагрева, охлаждения зданий (кондиционирование), выбора фасадных систем и солнцезащитных устройств.

- Период устойчивых морозов. Введена новая карта районирования по продолжительности периода устойчивых морозов (рис. 2.2). Данный параметр имеет прямое отношение к расчету глубины промерзания грунтов, выбору типа фундаментов и оценке режима работы систем отопления в зимний период.
- Актуализация температурных данных. Обновлено значения климатических параметров холодного периода года, средней месячной и годовой температуры воздуха, максимальной суточной амплитуды температуры воздуха в июле, парциального давления водяного.

Согласно новым добавленным картам климатического районирования, представленным в СП 2025, территория Большого Сочи относится к строительно-климатической зоне. На основании анализа карт зонирования и текстовых приложений к СП, а также уточнений, внесенных в карты для Южного федерального округа, установлено:

- По классификации СП 2012 и СП 2020: подрайон IV Б.
- По классификации СП 2025: подрайон IV Б - принадлежность сохраняется, однако уточнены границы подрайонов внутри зоны благодаря новым картам-врезкам и учету данных дополнительных метеостанций, позволяющим более точно дифференцировать прибрежные и предгорные территории.

Характеристика подрайона IV Б:

Строительно-климатический подрайон IV Б характеризуется умеренно-теплым климатом с мягкой зимой и теплым летом. Согласно СП 2025, для данного подрайона характерны следующие параметры, представленные в таблице 2.3. [7]

Таблица 2.3

Средние значения метеорологических параметров подрайона IV Б

Параметр	Значение для IV Б подрайона	Примечание
Средняя температура января	от -5°C до +5°C	На побережье Сочи — положительные значения
Средняя температура июля	+22...+28°C	Высокие температуры, требующие солнцезащиты
Максимальная суточная амплитуда температуры в июле	18°C (по данным метеостанции <u>АгроСочи</u>)	Влияет на выбор конструкций стен
Относительная влажность воздуха	Высокая в прибрежной полосе	Требует учета при проектировании вентиляции
Продолжительность солнечного сияния	Более 2000 часов в год	Высокий приход солнечной радиации

Для корректного применения параметров СП 2025 при проектировании необходимо учитывать уникальные природные особенности региона Большого Сочи, которые накладывают отпечаток на интерпретацию табличных данных и выбор расчетных значений.

Территория характеризуется резкой вертикальной зональностью. Если побережье (0-100 м над уровнем моря) находится под влиянием субтропического климата с влажной зимой, то уже на высоте 300-500 м (Хостинский, Адлерский районы) климат становится умеренно-влажным, а в горных поселках (Красная Поляна, Эсто-Садок) - умеренно-континентальным.

СП 2025 учитывает эту разницу за счет:

- включения данных с дополнительных метеорологических станций в горных районах;
- уточнения карт районирования для прибрежных территорий и высокогорья.

Роль Кавказского хребта очень важна. Главный Кавказский хребет выполняет роль естественного барьера, формирующего уникальный микроклимат региона:

- Защита от холодного севера. Хребет препятствует проникновению арктических воздушных масс, что объясняет высокие зимние температуры, характерные для IV зоны. Этот фактор подтверждается данными таблицы 2.4 (СП 2025).
- Барьер для осадков. На наветренных (юго-западных) склонах хребта выпадает максимальное количество осадков. Согласно новой таблице 10.1 СП 2025 (табл. 2.2), для территории Большого Сочи характерен резко выраженный зимний максимум осадков (ноябрь-февраль).

Таблица 2.4

Средняя месячная температура воздуха, °С

Республика, край, автономный округ, область, пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Краснодарский край													
Сочи	6,1	6,5	8,3	12,2	16,3	20,5	23,3	23,8	20,1	15,8	11,3	8,1	14,4

Примеры учета изменений СП 2025 для региона Сочи

1. Учет осадков при проектировании водосточных систем (нововведение СП 2025).

В предыдущих версиях СП (2012, 2020) отсутствовала нормативная таблица со среднемесячной суммой осадков. Для проектирования ливневой канализации и кровли здания в Большом Сочи проектировщики вынуждены были обращаться к ведомственным строительным нормам (ВСН) или данным Росгидромета. С введением СП 2025 (табл. 2.2) нормированы значения средней месячной и годовой суммы осадков.

Практическое применение: Для Большого Сочи зимний период характеризуется затяжными дождями. В СП 2025 этот параметр формализован, что позволяет законно применять повышенные требования к:

- расчетной пропускной способности водосточных воронок;
- герметичности швов фасадов;
- уклонам кровельных покрытий.

2. Учет солнечной радиации при проектировании систем кондиционирования.

В приложении А СП 2025 (рис. 2.2) введены карты районирования по суммарной солнечной радиации. Сочи относится к зоне с высокими значениями притока радиации (более 4800 МДж/м² в год).

Практическое применение: при проектировании систем кондиционирования (вентиляции) и выборе типа остекления (солнцезащита) инженер обязан использовать данные о приходе тепла от радиации, которые теперь содержатся непосредственно в своде правил. Это позволяет:

- повысить точность тепловых балансов здания;
- обосновать выбор солнцезащитных устройств (козырьки, жалюзи, тонировка);
- рассчитать максимальные нагрузки на системы охлаждения в летний период.

3. Учет архитектурно-планировочных требований к аэрации.

Для жаркого влажного климата Большого Сочи (подрайон IV Б) необходима открытая структура зданий с раскрытием внутренних пространств во внешнюю среду, в квартирах должно быть организовано сквозное или угловое проветривание. Анализ современной застройки показывает, что в жилых комплексах Большого Сочи («Бригантина», «Посейдон», «Лето») применяются различные подходы к организации проветривания, причем наиболее эффективными являются односекционные здания с трехлучевой системой планировки, обеспечивающие сквозное проветривание каждой квартиры.

Для региона Большого Сочи данные изменения, введенные в Свод Правил Строительной Климатологии критически важны, так как позволяют корректно учесть специфику горно-приморского климата - высокую инсоляцию и обильные зимние осадки, что напрямую влияет на выбор конструктивных решений, систем водостока, вентиляции и кондиционирования, закладываемых в выпускной квалификационной работе.

2.2 Температурно-влажностный режим и его влияние на ограждающие конструкции

В данном разделе необходимо рассмотреть детальный анализ показателей температуры, влажности и амплитуд колебаний, критически важных для физики здания при его строительстве (теплотехнический расчет, паропроницаемость, температурные деформации), с учетом актуализированных данных СП 2025. [4]

Нормативная база: изменения в учете температурно-влажностных характеристик

С введением в действие СП 2025 произошла актуализация ключевых таблиц, определяющих температурно-влажностный режим для проектирования. Для целей настоящей работы наибольшее значение имеют следующие обновленные разделы документа, представленные в таблице 2.5. Данный раздел СП представляет собой многоколоночный справочник для каждого населённого пункта (около 550 пунктов) и включает следующие блоки данных:

Блок 1 - Экстремальные температуры: для каждой территории в таблице приводятся температуры воздуха (°C) для разных степеней обеспеченности и для самого холодного месяца и абсолютный минимум температуры. Все эти данные напрямую влияют на теплозащиту здания. [4]

Блок 2 - Продолжительность отопительного периода: содержит информацию о периодах, когда средняя суточная температура составляет ≤ 0 ,

≤ 8 и $\leq 10^{\circ}\text{C}$, включая их продолжительность в сутках и среднюю температуру в этих периодах. Эти данные критически важны для расчёта систем отопления и энергоэффективности.

Таблица 2.5

Актуализированные разделы СП 2025 для температурно-влажностных расчетов

Номер таблицы/рисунка в СП 2025	Содержание	Характер изменений
Таблица 5.1	Климатические параметры холодного периода года	Обновлены значения для всех метеостанций, включая южные регионы
Таблица 7.1	Средняя месячная и годовая температура воздуха	Актуализация данных с учетом новых метеостанций
Таблица 8.1	Максимальная суточная амплитуда температуры воздуха в июле	Критически важно для оценки теплоустойчивости ограждений
Таблица 9.1	Средняя и максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха	Новые данные для расчета температурных деформаций
Таблица 11.1	Парциальное давление водяного пара	Актуализация с учетом новых станций
Рисунок А.9	Карта районирования по суммарной солнечной радиации	Новое картографическое приложение
Рисунок А.10	Карта продолжительности периода устойчивых морозов	Новый параметр для оценки промерзания грунтов

Блок 3 - Влажность и осадки: включает среднюю месячную относительную влажность воздуха (% в 15 часов самого холодного месяца), среднюю месячную относительную влажность воздуха (%) и количество осадков за ноябрь-март (мм). Эти данные необходимы для расчёта влажностных режимов ограждающих конструкций. [8]

Блок 4 - Ветровые характеристики: содержит преобладающее направление ветра за декабрь-февраль, максимальную из средних скоростей ветра по румбам за январь (м/с) и среднюю скорость ветра за 3 зимних месяца

(м/с). Эти параметры используются для оценки инфильтрации воздуха через ограждающие конструкции.

Вид раздела СП 2025 описывающий климатические параметры холодного периода года показан в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Климатические параметры холодного периода года

Характеристика	Показатель
Температура воздуха наиболее холодных суток, $t^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 98%	-5
Температура воздуха наиболее холодных суток, $t^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 92%	-4
Температура наиболее Холодной пятидневки, $t^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 98%	-3
Температура наиболее Холодной пятидневки, $t^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 92%	-2
Температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 0,94	3
Абсолютная минимальная температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$	-13
Среднесуточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, $t^{\circ}\text{C}$	6,2
Продолж-сть, сут. периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 0^{\circ}\text{C}$	0
Средняя температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 0^{\circ}\text{C}$	-
Продолж-сть, сут. периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$	85
Средняя температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$	6,6
Продолж-сть, сут. периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 10^{\circ}\text{C}$	124
Средняя температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 10^{\circ}\text{C}$	7,3
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее месяца, %	74
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	69
Количество осадков за ноябрь - март, мм	804
Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль	В
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	2,8
Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$	2,2

Таблица 2.7 отображает не средний показатель, а экстремальные значения — насколько сильно может измениться температура в самый жаркий месяц года (июль) в течение одних суток. Данные таблицы - основа для расчёта конструкций на их способность выдерживать циклические температурные нагрузки. Это напрямую влияет на проектирование деформационных швов в протяжённых зданиях, выбор материалов для фасадных систем и кровли, которым предстоит выдерживать частые и сильные перепады температур.

Таблица 2.7

Максимальная суточная амплитуда температуры воздуха в июле, °С

Пункт	Максимальная амплитуда
Краснодар (Краснодарский край)	22,5
Примечание - Максимальная амплитуда температуры воздуха - разность между максимальным и минимальным значениями температуры воздуха в течение суток за многолетний период. Приведены данные для пунктов со средней суточной температурой воздуха в июле 21°С.	

Таблица 2.8 отображает два ключевых параметра: среднее (типичное для месяца) значение и максимальное (экстремальное) значение амплитуды колебаний наружного воздуха. Таблица разделяет усреднённые климатические нормы и шоковые, экстремальные нагрузки. Средняя амплитуда показывает, к какой регулярной смене температур нужно быть готовым, тогда как максимальная амплитуда помогает оценить возможный пик напряжения от разницы дневной и ночной температур. Эти данные незаменимы для моделирования теплового режима здания и подбора материалов с нужным коэффициентом термического расширения. Они также важны для расчёта теплоступлений через ограждающие конструкции и для точного моделирования работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВиК). [5]

Таблица 2.8

Средняя и максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха, °С

Республика, край, автономный округ, область, пункт	Амплитуда температуры воздуха по месяцам (средняя/максимальная), °С											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Краснодарский край												
Сочи	6,4/ 17,7	7,1/ 20,2	8,2/ 19,8	8,9/ 20,8	9,0/ 18,9	8,5/ 16,3	8,3/ 17,8	8,4/ 16,4	8,8/ 17,7	8,6/ 14,6	7,9/ 17,8	6,8/ 17,9

Таблица 2.9 содержит актуализированные среднемесячные и среднегодовые значения давления водяного пара для всех метеостанций России. Данные из таблицы используются в расчётах на паропроницаемость ограждающих конструкций, чтобы избежать накопления влаги внутри стен и выпадения конденсата. Это обеспечивает корректную работу теплозащиты, предотвращает развитие плесени, коррозию и преждевременное разрушение конструкций.

Таблица 2.9

Среднее месячное и годовое парциальное давление водяного пара, гПа

Республика, край, автономный округ, область, пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Краснодарский край													
Сочи	6,9	6,8	7,8	10,2	14,4	19,1	22,6	22,9	17,9	13,6	9,7	7,7	13,3

Температурные параметры: анализ и влияние на ограждающие конструкции

1. Среднемесячные температуры (январь/июль)

Согласно актуализированным данным СП 2025, для региона Большого Сочи (метеостанция «АгроСочи») характерны следующие среднемесячные температуры:

- Средняя температура января: положительные значения, характерные для влажных субтропиков (ориентировочно $+4...+6^{\circ}\text{C}$);
- Средняя температура июля: $+23...+24^{\circ}\text{C}$.

Данные значения определяют общую климатическую характеристику подрайона IV Б как зоны с мягкой зимой и теплым летом. Для проектирования ограждающих конструкций эти параметры используются при расчете: теплового баланса здания в переходные периоды года, систем вентиляции и кондиционирования, выбора теплоизоляционных материалов.

2. Расчетные температуры холодного периода (обеспеченностью 0,98 и 0,92)

Ключевое значение для теплотехнических расчетов имеют параметры, представленные в обновленной таблице СП 2025 «Климатические параметры холодного периода года». Для региона Большого Сочи эти значения представлены в таблице 2.10. [1]

Таблица 2.10

Ключевые значения параметров температуры воздуха для региона

Параметр	Обозначение	Значение для г. Сочи	Обеспеченность
Температура воздуха наиболее холодных суток	$t_{хв}(0,98)$	ориентировочно $-7...-9^{\circ}\text{C}$	0,98
Температура воздуха наиболее холодных суток	$t_{хв}(0,92)$	ориентировочно $-5...-7^{\circ}\text{C}$	0,92
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки	$t_{хп}(0,98)$	ориентировочно $-8...-11^{\circ}\text{C}$	0,98
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки	$t_{хп}(0,92)$	ориентировочно $-6...-8^{\circ}\text{C}$	0,92

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций. Согласно СП 50.13330 «Тепловая защита зданий», приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен, покрытий и перекрытий рассчитывается с использованием температуры наиболее холодной пятидневки $t_{хп}(0,92)$ обеспеченностью 0,92. Для Большого Сочи это значение (ориентировочно $-6...-8^{\circ}\text{C}$) требует применения эффективных теплоизоляционных материалов даже в условиях субтропического климата. [4]

Расчет глубины промерзания грунтов. Новая карта продолжительности периода устойчивых морозов (рис. 2.2) позволяет оценить сезонное промерзание грунтов. Для прибрежной зоны Большого Сочи глубина промерзания составляет 0-0,5 м, однако в предгорных районах этот показатель увеличивается, что влияет на выбор типа фундаментов.

Режим работы систем отопления. Наличие отрицательных температур в зимний период (даже кратковременных) требует проектирования систем отопления для всех типов зданий, включая жилые и общественные.

Применение актуального значения $t_{хп}(0,92)$ из СП 2025 позволяет корректно определить толщину теплоизоляции. Использование устаревших данных (например, из СП 2012 года) могло бы привести к занижению расчетного сопротивления теплопередаче и, как следствие, к промерзанию угловых зон здания в аномально холодные периоды.

Нормативные данные по влажности в СП 2025

Актуализированные данные СП 2025 содержат значения парциального давления водяного пара для каждого месяца, что позволяет точно оценить влажностный режим территории. Для региона Большого Сочи эти значения представлены в таблице 2.10. [8]

Высокая относительная влажность (до 70-80% летом) является специфической характеристикой приморского субтропического климата Большого Сочи. Этот параметр оказывает определяющее влияние на физику здания и требует специальных проектных решений.

Таблица 2.11

Ключевые значения параметров относительной влажности воздуха для
региона

Параметр	Значение для г. Сочи	Период года
Среднемесячная относительная влажность воздуха	70–75%	Летние месяцы (июль–август)
Среднемесячная относительная влажность воздуха	65–70%	Зимние месяцы (декабрь–февраль)
Парциальное давление водяного пара (январь)	ориентировочно 6–8 гПа	Холодный период
Парциальное давление водяного пара (июль)	ориентировочно 18–22 гПа	Теплый период

Высокая влажность наружного воздуха в сочетании с перепадом температур между внутренним и наружным пространством создает условия для диффузии водяного пара через ограждающие конструкции. Для Большого Сочи характерна сложная ситуация: в летний период влажный наружный воздух стремится проникнуть внутрь помещений, охлаждаемых системами кондиционирования, что может привести к конденсации влаги в толще стены.

Требование к конструкции: наружные стены должны проектироваться с учетом влажностного режима эксплуатации - в зоне влажных субтропиков (зона влажности - «влажная» согласно СП). Рекомендуется применение:

- вентилируемых фасадных систем, обеспечивающих удаление избыточной влаги из утеплителя;
- пароизоляционных материалов с переменной паропроницаемостью (интеллектуальные мембраны);
- замкнутых воздушных прослоек в конструкции стен.

Высокая влажность воздуха (особенно в сочетании с морским аэрозолем в прибрежных районах) ускоряет коррозионные процессы:

- Металлические конструкции: требуется применение антикоррозионной защиты повышенной категории (цинкование, порошковая покраска, использование нержавеющей стали);
- Фасадные системы: подконструкции должны иметь защитное покрытие, устойчивое к солевому туману;
- Арматура железобетонных конструкций: требуется увеличенный защитный слой бетона.

Влажный климат Сочи создает благоприятные условия для развития плесневых грибов, мхов и лишайников на фасадах зданий. Это требует:

- применения фасадных материалов с биоцидными добавками;
- организации эффективного водоотвода и исключения застойных зон на фасадах;
- использования антисептированных составов для деревянных элементов.

Высокая влажность наружного воздуха летом (70-80%) обуславливает значительные тепловлажностные нагрузки на системы кондиционирования.

При проектировании систем ОВиК необходимо учитывать:

- Явные и скрытые теплопритоки: влажный воздух требует дополнительных затрат энергии на осушение;
- Выбор типа оборудования: предпочтение отдается системам с глубоким осушением (VRF-системы с дренажными насосами, центральные кондиционеры с рекуперацией тепла);
- Режим осушения: в переходные периоды года система должна работать в режиме осушения без охлаждения.

Практическое применение: Расчет влажностного режима многослойной стены:

Для многослойной наружной стены жилого здания в Сочи необходимо проверить возможность конденсации влаги в толще конструкции. Согласно методике СП, расчет ведется по зоне возможной конденсации. Для Большого Сочи, характеризующегося высокой влажностью наружного воздуха и

положительными температурами в зимний период, зона конденсации может располагаться в наружных слоях утеплителя. [4]

Для предотвращения накопления влаги рекомендуется:

- использовать утеплители с низким коэффициентом паропроницаемости (экструзионный пенополистирол) или, напротив, применять вентилируемые зазоры;
- выполнять расчет на паропроницаемость с учетом актуализированных значений парциального давления водяного пара из СП 2025.

СП 2025 содержит актуализированные значения амплитуд колебаний температуры. Для региона Большого Сочи эти значения представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12

Ключевые значения параметров суточной амплитуды температуры воздуха для региона

Параметр	Номер таблицы СП 2025	Значение для г. Сочи
Максимальная суточная амплитуда температуры воздуха в июле	Таблица 8.1	18°C
Средняя суточная амплитуда температуры наружного воздуха (июль)	Таблица 9.1	ориентировочно 8–10°C
Максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха (июль)	Таблица 9.1	18°C

Максимальная суточная амплитуда температуры в июле достигает 18°C. Это означает, что в течение одних суток температура наружного воздуха может изменяться на 18 градусов (например, от +28°C ночью до +46°C днем в приземном слое, либо от +20°C до +38°C). Такие колебания создают значительные температурные напряжения в элементах здания.

Суточные колебания температуры приводят к циклическим деформациям растяжения-сжатия в элементах здания. Для региона Большого Сочи с амплитудой 18°C:

- Линейное расширение материалов: для железобетонных конструкций длиной 50 м температурное изменение длины может составлять

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta t = 50 \times 1 \times 10^{-5} \times 18 = 9 \text{ мм};$$

- Усталость материалов: многократные циклы «нагрев-охлаждение» (до 365 циклов в год) могут привести к накоплению микрповреждений в материалах;
- Герметики и уплотнители: требуют высокой эластичности и долговечности под циклическими нагрузками.

Наличие значительных суточных и сезонных перепадов температур (годовая амплитуда может достигать 40°C и более) требует обязательного устройства температурных швов в протяженных зданиях.

Требования к проектированию:

- Расстояние между температурными швами для железобетонных зданий в климатических условиях Большого Сочи должно определяться расчетом с учетом актуальных данных по амплитудам - таблицы 8.1 и 9.1 СП 2025 (таблицы 2.2.3 и 2.2.4);
- Швы должны компенсировать как сезонные, так и суточные перемещения;
- Для фасадных систем требуется применение компенсаторов температурных деформаций.

Для региона с высокой суточной амплитудой (18°C) предъявляются повышенные требования к:

- Кровельным материалам: стойкость к термическому старению, эластичность при отрицательных температурах (кратковременные заморозки);

- Фасадным системам: устойчивость к циклическим температурным воздействиям (ГОСТ 30971 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам» требует испытаний на 60 циклов «тепло-холод»);
- Светопрозрачным конструкциям: герметики и уплотнители должны сохранять эластичность в диапазоне от -15°C до $+50^{\circ}\text{C}$. [5]

2.3 Ветровые и атмосферные воздействия (Осадки и аэрация)

В данном разделе необходимо исследовать динамические нагрузки и гидрологический режим для обоснования конструктивных решений зданий и сооружений, систем водоотведения и аэрации территории с учетом актуализированных данных СП 2025.

Нормативная база: изменения в учете ветровых параметров и осадков в СП 2025

Как уже было сказано ранее, с введением в действие СП 2025 произошло значительное расширение состава климатических параметров, обязательных к учету при проектировании. Ключевые нововведения документа, которые ранее отсутствовали в СП 2020 и СП 2012, позволяют более точно определять расчетные параметры для проектирования систем водоотведения, фасадных систем и несущих конструкций (табл. 2.13). [1]

Ключевое отличие новой редакции от предшествующих (СП 2020, 2012) заключается в систематизации и нормативном закреплении параметров скорости ветра и осадков в виде отдельных таблиц, что ранее требовало обращения к ведомственным нормам или данным Росгидромета. Для региона Большого Сочи эти изменения имеют критическое значение в связи с высокой ветровой активностью и обильными осадками.

Актуализированные разделы СП 2025 для расчета ветровых и
атмосферных воздействий

Номер таблицы/рисунка в СП 2025	Содержание	Характер изменений
Таблица 5.1	Климатические параметры холодного периода года	Актуализация с учетом новых метеостанций
Таблица 10.1	Средняя месячная и годовая сумма осадков	Новая таблица , введена впервые
Таблица 12.1	Средняя месячная и годовая скорость ветра	Новая таблица , ранее отсутствовавшая в СП 2020
Рисунок А.9	Карта районирования по суммарной солнечной радиации	Новая карта, учитывающая влияние облачности
Рисунок А.10	Карта продолжительности периода устойчивых морозов	Новый параметр для оценки сезонных процессов
Приложение Б	Карты строительно- климатического районирования	Уточнение границ, включая прибрежные территории и высокогорье

Согласно картам ветрового районирования СП, территория города Сочи и его окрестностей относится к ветровому району с особыми условиями, обусловленными сложным горно-приморским рельефом. Нормативные параметры ветровой нагрузки для района Большого Сочи характеризуются следующими значениями (табл. 2.14).

Согласно СП 2025, для точного определения ветровых параметров необходимо учитывать не только районные карты, но и данные таблицы 2.14, которая была введена в новой редакции документа. Актуализация данных проведена с учетом информации новых метеорологических станций, включая станции в горных районах Большого Сочи.

Таблица 2.14

Ветровые параметры для района Большого Сочи

Параметр	Значение	Примечание
Нормативное ветровое давление (для III ветрового района)	0,38 кПа (≈ 38 кгс/м ²)	Для равнинной части
Расчетная скорость ветра (для III района)	28–30 м/с	Для равнинной части
Нормативное ветровое давление (для горных районов)	Уточняется по картам СП 2025	Повышенные значения в высокогорье
Среднегодовая скорость ветра (Сочи)	2,8 м/с	По данным метеонаблюдений
Среднегодовая скорость ветра (Адлер)	до 3,3 м/с	Прибрежная зона
Среднегодовая скорость ветра (Красная Поляна)	1,8 м/с	Горная долина

Преобладающими для рассматриваемой территории являются восточного (В) направления (табл. 2.15), что связано с влиянием Черного моря и экранированием района высокими горными хребтами.

Таблица 2.15

Повторяемость направления ветра и средняя скорость по румбам для района Большого Сочи

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
Повторяемость, %	4	20	33	10	6	4	15	7	7
Скорость, м/с	2,1	2,9	3,1	4,1	3,0	2,6	3,6	3,4	-

Северо-восточные ветры (СВ): преобладают в холодный период года, связаны с вторжениями воздушных масс через перевалы Главного Кавказского хребта. Эти ветры, как правило, сухие и холодные (в зимний период), могут достигать значительных скоростей.

Юго-восточные ветры (ЮВ): часто связаны с циклонической деятельностью над Черным морем, приносят влажный воздух и обильные осадки, особенно в зимний и осенний периоды.

Северо-западные и западные ветры: имеют меньшую повторяемость, обусловлены влиянием горного рельефа и местной циркуляцией.

Сложный горно-приморский рельеф региона Большого Сочи формирует специфические местные ветры, которые необходимо учитывать при проектировании аэрации территории и выборе архитектурно-планировочных решений. [7]

Бризы – слабые ветры, обусловленные суточным перепадом температур между сушей и морем, которые оказывают большое влияние на климат характеризуемой территории (таблица 2.16).

Таблица 2.16

Характеристика бризовой циркуляции

Тип бриза	Направление	Время суток	Характеристика	Сезонная активность
Дневной (морской) бриз	С моря на сушу	С 10–11 до 16–17 часов	Приносит влажный и охлажденный воздух, снижает температуру в прибрежной зоне	Наиболее развит в летний период при устойчивой антициклональной погоде
Ночной (береговой) бриз	С суши на море	Ночные и утренние часы	Слабые ветры, несущие относительно прохладный воздух с суши	Наиболее выражен в летний период

Согласно данным метеорологических наблюдений, летом дуют слабые ветры, в основном бризы: днем с моря, утром и вечером с суши. Скорость

бризов обычно не превышает 3-5 м/с, однако их влияние на формирование микроклимата прибрежной застройки является определяющим.

Фены — сухие теплые ветры, спускающиеся с гор, широко распространены в районе Большого Сочи. Фен возникает при перетекании воздушного потока через горный хребет с последующим нисходящим движением по подветренному склону. При нисходящем движении воздух адиабатически нагревается и осушается. Фены характеризуются повышенной температурой (на 10-15°C выше среднесуточной), низкой относительной влажностью (до 20-30%) и порывистым характером ветра. Наиболее часто наблюдаются в холодный период года (зимой и весной), когда разность температур между северным и южным склонами хребта максимальна.

Сухие и теплые фены значительно повышают пожароопасность в горнолесной зоне, что требует учета при проектировании систем противопожарной защиты. Могут создавать значительные перепады давления между наветренной и подветренной сторонами зданий, что необходимо учитывать при расчете ветровых нагрузок. В зимний период фены могут временно повышать температуру наружного воздуха, что следует учитывать при проектировании систем отопления и вентиляции.

Влияние ветрового режима на архитектурно-планировочные решения (табл. 2.17).

Главный Кавказский хребет защищает территорию Большого Сочи от господствующих в зимнее время холодных северо-восточных ветров. Однако эта же «изолированность» препятствует межрегиональному воздухообмену, и потребность в кислороде здесь удовлетворяется за счет местных источников - зеленых насаждений. [9]

При проектировании застройки необходимо учитывать следующие требования к аэрации:

- Обеспечение проветривания: В условиях влажных субтропиков (зона IV Б) необходима открытая структура зданий с раскрытием внутренних

пространств во внешнюю среду. В квартирах должно быть организовано сквозное или угловое проветривание.

- Учет бризовой циркуляции: при планировке прибрежных кварталов необходимо обеспечить коридоры для прохождения морского бриза в глубь застройки, что улучшает естественную вентиляцию и снижает температуру воздуха в летний период.
- Защита от фенов: В горных районах при размещении зданий необходимо учитывать возможные порывы фенов, создавая ветрозащитные экраны из зеленых насаждений или архитектурных элементов. [5]

Таблица 2.17

Влияние на конструктивные решения

Фактор	Требование к конструкции
Высокие ветровые нагрузки (порывы до 30 м/с)	Расчет на прочность и устойчивость с учетом пульсационной составляющей; усиление креплений фасадных систем и кровельных покрытий
Порывистый характер ветра (особенно фенов)	Учет аэродинамических коэффициентов для различных зон здания (наветренная, подветренная, угловые зоны)
Ветровая коррозия в прибрежной зоне	Применение антикоррозионной защиты повышенной категории для металлических элементов, подвергающихся воздействию ветра с морским аэрозолем
Акустический дискомфорт	При размещении зданий в зонах с высокой ветровой активностью требуется дополнительная звукоизоляция

Ключевым нововведением СП 2025 для региона Большого Сочи является введение таблицы, которая ранее отсутствовала в нормативной базе. Эта таблица (табл. 2.18) содержит систематизированные данные по

количеству осадков для всех метеорологических станций Российской Федерации, включая станции «Сочи» и «Адлер». Данные отражают характерный для субтропического климата зимний максимум осадков.

Таблица 2.18

Характеристики интенсивности осадков для г. Сочи

Параметр	Значение	Примечание
Максимальное суточное количество осадков	177–200 мм	В отдельные годы может достигать 200–250 мм
Годовая сумма осадков	1600-2000 мм	Таблица 10.1 СП 2025
Параметр q_{20} (интенсивность дождя для расчета ливневой канализации)	Уточняется по СП 131.13330.2025	Используется при расчете расхода дождевых вод
Характер выпадения осадков	Ливневый, в короткий период	Служит причиной резкого проявления эрозионных процессов

Анализ сезонного распределения осадков:

- Зимний максимум (ноябрь-февраль): на этот период приходится наибольшее количество осадков (до 180 мм в январе и декабре). Зима является наиболее дождливым сезоном по количеству осадков.
- Летний минимум (июнь-август): Осадки уменьшаются до 90-100 мм в месяц, однако даже в этот период выпадает значительное количество влаги.
- Годовая норма: Суммарное годовое количество осадков в регионе Большого Сочи составляет от 1600 до 2000 мм и более (в зависимости от высоты над уровнем моря и ориентации склонов).

Суточный максимум осадков – критический параметр для проектирования.

Для проектирования систем водоотведения (ливневой канализации, водостоков) ключевое значение имеет не столько годовая сумма осадков,

сколько интенсивность осадков, характеризуемая максимальным суточным количеством осадков. Для региона Большого Сочи этот показатель является исключительно высоким: [8]

Влияние высоких осадков на проектирование:

Ливневая канализация: Максимальное суточное количество осадков определяет расчетные расходы дождевых вод. Расчет выполняется по формуле:

$$Q = q_{20} \times \varphi \times F$$

где:

q_{20} - параметр интенсивности дождя (справочная величина, выбираемая по СП 2025 для местности строительства);

φ - коэффициент стока (для кровли - 0,9-1,0; для асфальта - 0,6-0,75; для газона - 0,1-0,2);

F - площадь водосбора, га.

Для Большого Сочи, где q_{20} достигает высоких значений, диаметры ливневых коллекторов должны быть увеличены по сравнению с регионами с меньшей интенсивностью осадков.

Конструкция плоских кровель: Высокая интенсивность осадков диктует требования к:

- увеличенной пропускной способности водосточных воронок;
- достаточным уклонам кровли для быстрого отвода воды;
- надежной гидроизоляции (два и более слоя);
- устройству внутренних водостоков с расчетным расходом.

Фасадные системы: Обильные осадки требуют:

- герметизации швов и стыков фасадных систем;
- устройства капельников и отливов для отвода воды от стен;
- применения фасадных материалов, устойчивых к длительному увлажнению.

Выпадение большого количества атмосферных осадков в сравнительно короткий период служит причиной резкого проявления эрозионных процессов (овраги, промоины) и, кроме того, атмосферные осадки вызывают интенсивный плоскостной смыв и активизируют оползневые процессы.

При проектировании необходимо учитывать:

- Организация поверхностного стока: Обустройство лотков, кюветов и быстотоков для отвода дождевых вод с территории;
- Укрепление склонов: Применение габионных конструкций, георешеток, растительного покрова для предотвращения эрозии;
- Учет рельефа: при размещении зданий на склонах требуется расчет возможных эрозионных процессов и устройство подпорных стен.

Несмотря на теплые зимы и редкие отрицательные температуры на побережье, регион Большого Сочи характеризуется значительной снеговой нагрузкой (табл. 2.18), особенно в горных районах. Согласно картам снегового районирования СП 20.13330 и актуализированным картам СП 2025, территория относится к II снеговому району (с возможным уточнением для горных районов). [6]

Таблица 2.19

Снеговые параметры для региона Большого Сочи

Параметр	Значение	Примечание
Снеговой район	II	Согласно СП 20.13330
Нормативное значение веса снегового покрова S_g	1,2 кПа (≈ 120 кгс/м ²)	Для II района
Расчетное значение снеговой нагрузки	$S = S_g \times \mu$	μ — коэффициент формы покрытия
Высота снежного покрова (побережье)	Незначительная, неустойчивый покров	Устойчивого снежного покрова в предгорных и прибрежных орографических поясах не бывает
Высота снежного покрова (горные районы, 500 м и выше)	30–50 см и более	Число дней со снежным покровом и наибольшая его мощность увеличиваются с высотой

Специфика снеговой нагрузки в регионе Большого Сочи определяется несколькими факторами:

- Влажный тяжелый снег: зимой здесь выпадает влажный, тяжелый снег, плотность которого значительно выше, чем в континентальных районах. Это увеличивает фактическую снеговую нагрузку по сравнению с табличными значениями, рассчитанными для «сухого» снега.
- Перепад высот: Горный рельеф формирует резкие перепады высоты снежного покрова - от неустойчивого покрова на побережье до значительных снегопадов в высокогорье (выше 500 м).
- Чередование оттепелей и заморозков: В прибрежной зоне характерны частые переходы температуры через 0°C, что приводит к образованию ледяной корки и наледей на кровлях.

Требования к конструкциям при снеговой нагрузке показаны в таблице 2.20.

Таблица 2.20

Требования к конструкциям при снеговой нагрузке

Фактор	Требование к конструкции
Высокая снеговая нагрузка (II район, $S_g = 1,2$ кПа)	Расчет несущих конструкций кровли с учетом полного расчетного значения снеговой нагрузки
Влажный тяжелый снег	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,4$ (для снеговой нагрузки)
Частые оттепели (образование наледей)	Устройство систем <u>антиобледенения</u> (кабельный обогрев) на карнизах, водостоках и в ендовах
Перепад высот снежного покрова	При проектировании зданий на разных высотных отметках требуется дифференцированный учет снеговой нагрузки

Комплексный анализ климатических параметров для проектирования

На основе анализа СП 2025 и климатических особенностей региона Большого Сочи были сформулированы следующие практические рекомендации для проектирования по учету ветровых и атмосферных воздействий:

1. Для систем водоотведения (ливневой канализации):

- Расчетный расход дождевых вод определять по актуализированному параметру q_{20} из СП 2025;
- Диаметры коллекторов принимать с запасом 15-20% для учета возможного увеличения интенсивности осадков.

2. Для конструкций кровли:

- Устраивать внутренние водостоки с увеличенной пропускной способностью;
- Предусматривать системы антиобледенения для карнизов, водостоков и ендов;
- Выполнять расчет несущих конструкций кровли на снеговую нагрузку с учетом II снегового района.

3. Для фасадных систем:

- Применять ветрозащитные мембраны и усиленные крепления подконструкции;
- Обеспечивать герметизацию всех швов и стыков;
- Учитывать ветровую коррозию в прибрежной зоне (морской аэрозоль).

4. Для аэрации и планировки территории:

- Обеспечивать сквозное проветривание зданий (угловое или сквозное расположение квартир);
- Создавать коридоры для прохождения морского бриза в глубь застройки;
- В горных районах предусматривать ветрозащитные экраны для защиты от фенов.

2.4 Специализированные факторы (Инсоляция, солнечная радиация и ветрозащита)

В данном разделе будут рассмотрены специализированные климатические факторы (солнечная радиация, аэрация, агроклиматические показатели), определяющие архитектурно-планировочные решения, выбор ограждающих конструкций и организацию строительного процесса в условиях влажных субтропиков (подрайон IV Б). [2]

Солнечная радиация: нормативная база и практическое применение

Ключевым нововведением СП 2025 для целей архитектурного проектирования является включение в состав приложений новых схематических карт районирования по годовому приходу суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при реальных условиях облачности (рис. 2.1). Данная карта ранее отсутствовала в СП 2020 и СП 2012.

Новая карта позволяет определить зону, к которой относится территория строительства по количеству поступающей солнечной энергии. Это имеет определяющее значение для:

- расчёта теплоступлений от солнечной радиации в помещения;
- обоснования необходимости и выбора типа солнцезащитных устройств;
- проектирования систем кондиционирования и вентиляции;
- оценки возможности использования пассивных систем солнечного нагрева (для переходных периодов).

Карты районирования в новой редакции уточнены и дополнены для территорий с особыми условиями, включая прибрежные территории и высокогорье (район Большого Сочи). Актуализация проведена с учётом данных новых метеорологических станций и современных климатических моделей.

Территория города Сочи и его окрестностей относится к зоне с повышенным приходом суммарной солнечной радиации. Характерные значения представлены в таблице 2.21.

Таблица 2.21

Ориентировочные значения суммарной солнечной радиации для г.
Сочи

Период года	Значение суммарной радиации, МДж/м ²	Примечание
Годовая	Более 4800–5200	Высокий уровень
Июнь–август	600–700 в месяц	Максимум в летний период
Декабрь–февраль	150–200 в месяц	Минимум, но значительно выше, чем в средних широтах

Высокий годовой приход солнечной радиации (более 4800-5200 МДж/м² в год) в сочетании с мягкой зимой и большим количеством ясных дней создаёт уникальную ситуацию: в летний период требуется активная защита от перегрева, тогда как в зимний период поступление солнечной энергии может быть использовано для пассивного отопления. Продолжительность солнечного сияния - >2000 ч/год. [19]

Инсоляция помещений нормируется СанПиН 1.2.3685-21. В условиях жаркого влажного климата Сочи (подрайон IV Б) баланс между обеспечением достаточной инсоляции в зимний период и защитой от избыточного солнечного нагрева летом является критическим (табл. 2.22).

Конструктивные и объёмно-планировочные решения для защиты от перегрева для региона Большого Сочи следующие:

Ориентация зданий. Оптимальная ориентация жилых зданий - с длинной осью в меридиональном направлении, что обеспечивает естественное проветривание и защиту от избыточной инсоляции западных фасадов. Наиболее неблагоприятной является ориентация окон на запад и юго-запад (максимальные тепlopоступления в послеполуденные часы).

Рекомендации по инсоляции и солнцезащите для г. Сочи

Сезон	Характер инсоляции	Требования к солнцезащите
Зима (декабрь–февраль)	Солнце низко над горизонтом, дни короткие, но значительная доля ясных дней	Солнцезащита не требуется; необходимо максимальное использование солнечного тепла для пассивного нагрева
Лето (июнь–август)	Солнце высоко, интенсивность радиации максимальна, высокая влажность воздуха	Обязательна защита от перегрева: наружные солнцезащитные устройства, светлые фасады, озеленение
Переходные периоды	Промежуточное положение солнца	Регулируемые солнцезащитные устройства

Солнцезащитные устройства. Рекомендуется применение:

- наружных горизонтальных козырьков и жалюзи (наиболее эффективны для южных фасадов);
- вертикальных рёбер и экранов (для западных и восточных фасадов);
- комбинированных систем;
- озеленения фасадов и кровель.

Светлые фасады. Коэффициент отражения наружной поверхности стен должен быть не менее 0,5-0,6 (светлые тона), что снижает теплопоступления от солнечной радиации на 20-30%.

Остекление. Рекомендуется использование:

- солнцезащитных стёкол с селективным покрытием (коэффициент пропускания солнечной энергии не более 0,4-0,5);
- двухкамерных стеклопакетов с заполнением инертным газом;
- внешних защитных экранов.

Требования к аэрации застройки

В условиях жаркого влажного климата подрайона IV Б (влажные субтропики) естественная аэрация застройки является критическим фактором комфорта проживания. Высокая относительная влажность воздуха (70-80% летом) в сочетании с высокими температурами создаёт условия для духоты и перегрева помещений при недостаточном воздухообмене.

СП 2025 устанавливает климатические параметры, которые применяются при проектировании зданий и систем вентиляции и кондиционирования. Эти параметры (температура, влажность, скорость ветра) должны учитываться при разработке объёмно-планировочных решений, обеспечивающих естественное проветривание.

Для жаркого влажного климата Сочи (подрайон IV Б) необходима открытая структура зданий с раскрытием внутренних пространств во внешнюю среду. В квартирах должно быть организовано сквозное или угловое проветривание. Это позволяет удалять избыточную влагу и тепло без использования механических систем.

В последние десятилетия в Сочи наблюдается тенденция к уплотнительной застройке - возведению высотных жилых комплексов с минимальными разрывами между зданиями. Это приводит к следующим негативным последствиям:

- Блокирование естественных коридоров для бризов. Морские бризы, являющиеся основным источником естественной вентиляции в прибрежной зоне, не проникают в глубь кварталов из-за плотной застройки.
- Формирование «ветровых теней» и застойных зон. Высотные здания создают зоны пониженной ветровой активности, где воздух застаивается, что усугубляет духоту и накопление загрязнений.
- Ухудшение естественного проветривания квартир. В плотно застроенных кварталах даже при открытых окнах не обеспечивается достаточный воздухообмен из-за отсутствия перепада давления между наветренной и подветренной сторонами здания. [9]

Анализ существующей застройки в Сочи показывает, что наиболее эффективными с точки зрения естественного проветривания являются односекционные здания с трёхлучевой системой планировки (табл. 2.23), обеспечивающие сквозное проветривание каждой квартиры.

Таблица 2.23

Сравнение эффективности проветривания при различных типах застройки

Тип застройки	Характеристика	Эффективность естественной вентиляции
Разреженная (традиционная малоэтажная)	Широкие разрывы, ориентация с учётом розы ветров	Высокая
Точечная (современная высотная)	Минимальные разрывы, хаотичная ориентация	Низкая (образуются застойные зоны)
Линейная с коридорами для бризов	Расположение зданий перпендикулярно направлению бриза	Средняя (требуется расчёт)

Основные требования к аэрации застройки для региона Большого Сочи:

- Обеспечение сквозного проветривания квартир. Каждая квартира должна иметь возможность организации сквозного или углового проветривания (окна на противоположных фасадах или на двух смежных стенах).
- Ориентация зданий с учётом розы ветров. Преобладающие направления ветра в Сочи — юго-восточные и северо-восточные. Здания следует ориентировать длинной осью перпендикулярно направлению господствующих ветров для улучшения проветривания.

- Создание «зелёных коридоров» для бризов. При планировке кварталов необходимо предусматривать разрывы между зданиями, сориентированные в направлении морских бризов, для обеспечения вентиляции территории.
- Учёт местных ветров. Необходимо учитывать влияние фенов (тёплых сухих ветров с гор) на аэрацию территории, особенно в предгорных районах.
- Использование ветрозащитных экранов. В зонах с избыточной ветровой активностью рекомендуется создание ветрозащитных экранов из зелёных насаждений (плотные посадки деревьев и кустарников).

Одним из ключевых агроклиматических показателей, влияющих на организацию строительства, является продолжительность безморозного периода (табл. 2.24). Для региона Большого Сочи этот показатель является исключительно высоким.

Таблица 2.24

Характеристика безморозного периода для г. Сочи

Параметр	Значение	Примечание
Продолжительность безморозного периода (на побережье)	До 300–320 дней в году	Один из самых высоких показателей в РФ
Период с температурой воздуха выше +5°C	Октябрь–апрель (≈210 дней)	Активный вегетационный период
Последний весенний заморозок	Конец февраля — начало марта	Возможны локальные заморозки в горных районах
Первый осенний заморозок	Декабрь (на побережье)	На высоте >300 м — раньше

Круглогодичное ведение работ. Длительный безморозный период позволяет вести строительные работы круглый год без значительных перерывов, связанных с отрицательными температурами. Это важно для планирования сроков строительства и календарных графиков.

Бетонные работы. Отсутствие устойчивых отрицательных температур в прибрежной зоне упрощает производство бетонных работ зимой (не требуется сложных мероприятий по прогреву бетона). Однако в горных районах (выше 300 м) необходимо учитывать возможность кратковременных заморозков.

Ландшафтное проектирование. Длительный безморозный период позволяет использовать широкий ассортимент субтропических и тропических растений в озеленении, включая пальмы, магнолии, кипарисы, что должно учитываться в проектах благоустройства.

Характер сезонного промерзания грунтов для региона Большого Сочи резко различается в зависимости от высоты над уровнем моря (табл. 2.25).

Таблица 2.25

Характеристика сезонного промерзания грунтов для региона Большого
Сочи

Зона	Характеристика промерзания	Нормативная глубина промерзания, м
Прибрежная зона (0–100 м)	Отсутствие устойчивого промерзания, кратковременные заморозки	0–0,2
Предгорная зона (100–500 м)	Неустойчивое промерзание, возможны кратковременные морозы	0,2–0,5
Горная зона (>500 м)	Устойчивое сезонное промерзание, регулярные отрицательные температуры в зимний период	0,5–0,8

Наличие новой карты продолжительности периода устойчивых морозов в СП 2025 позволяет более точно оценить этот параметр (табл. 2.26). [2]

Прибрежная зона. Глубина промерзания незначительна или отсутствует, фундаменты могут быть мелкого заложения. Основные риски связаны не с морозным пучением, а с сейсмикой и влажностью грунтов.

Предгорная зона. Необходим учёт сезонного промерзания, глубина заложения фундаментов должна быть не менее 0,5 м. Возможно использование свайных фундаментов на склонах.

Горная зона. Требуется полноценный расчёт глубины заложения фундаментов с учётом нормативной глубины промерзания (по СП 22.13330). Возможно применение утеплённых фундаментов для снижения глубины заложения. [9]

Таблица 2.26

Рекомендации по организации строительства в зависимости от
высотной зоны

Высотная зона	Возможность круглогодичного ведения работ	Особенности организации работ
Прибрежная (0–100 м)	Полная (365 дней в году)	Без ограничений
Предгорная (100–500 м)	Ограниченная (до 330–350 дней)	Требуется учёт кратковременных заморозков при бетонных работах
Горная (>500 м)	Сезонная (до 250–280 дней)	Зимой — перерывы или специальные мероприятия по прогреву

Проанализировав исследуемые показатели, можно сделать вывод, что специализированные факторы не действуют изолированно, а образуют сложную систему взаимосвязей:

Солнечная радиация ↔ Аэрация. Высокая инсоляция требует солнцезащиты, но установка сплошных экранов может ухудшить проветривание. Оптимальное решение — регулируемые или перфорированные солнцезащитные устройства, обеспечивающие как защиту от солнца, так и вентиляцию

Агроклиматика ↔ Организация работ. Длительный безморозный период позволяет вести строительство круглый год, но в горных районах необходимо учитывать сезонное промерзание грунтов и корректировать график работ.

Аэрация ↔ Планировка застройки. Преобладающие направления ветра и бризовая циркуляция определяют оптимальную ориентацию зданий и разрывы между ними для обеспечения естественной вентиляции.

3. Анализ проекта строительства первого в России насыпного острова в акватории г. Сочи

В связи с перевыполнением плана по курортному сбору на территории Большого Сочи стало известно, что территория популярного курорта начнет расширяться. Но не за счет окрестных поселков, как это обычно бывает: присоединять к Сочи практически нечего — с одной стороны море, с другой горы. Квадратных метров для отдыха на российском юге прибавится благодаря насыпному острову (рис. 3.1), возводить который начнут в 2026 году. Согласно имеющимся данным, остров будет находиться примерно напротив станции Мацеста и дачи Сталина.



Рисунок 3.1 – Внешний вид планируемого объекта

Комплексный анализ проекта строительства первого в России насыпного острова в акватории Чёрного моря у берегов г. Сочи будет включать в себя оценку предпосылок реализации, архитектурно-планировочной концепции, потенциального влияния на климатическую обстановку и экосистему, а также выявление гидрометеорологических рисков и факторов, требующих учёта при проектировании и строительстве. [14]

3.1 Предпосылки и цели реализации проекта

Инициатором проекта выступает ООО «Корпорация Остров первый», зарегистрированная в Сочи в апреле 2024 года. Бенефициаром компании является Бахтияр Шакиров, управляющим директором — Булат Шакиров. Официальная презентация проекта состоялась в ноябре 2024 года на форуме Mallpic в Сочи, после чего информация была широко растиражирована в средствах массовой информации.

При этом необходимо отметить, что проект находится на начальной стадии проработки: в министерство курортов, туризма и олимпийского наследия Краснодарского края официальная информация о проекте до настоящего времени не поступала, что свидетельствует о предварительном характере заявленных планов. Ключевые параметры проекта показаны в таблице 3.1.

Основные цели создания искусственного острова

- Расширение туристической инфраструктуры. Создание нового центра туризма и деловой активности, способного увеличить существующий туристический поток в Сочи примерно на 10%.
- Создание современной архитектурной среды. Как отметил управляющий директор компании Булат Шакиров, «в 90-е годы Сочи очень сильно испортили. Была застройка очень хаотичная, без архитектуры, со странными зданиями, покрытыми пластиковыми панелями. Поэтому мы, в первую очередь, руководствуемся тем, что

хотим создать полноценную территорию, которая будет максимально сбалансирована и сделает Сочи еще более привлекательным».

- Развитие инновационной и научной инфраструктуры. На острове планируется размещение IT-кластера и центра изучения Черного моря, что создаст предпосылки для развития научно-исследовательской деятельности в регионе.
- Создание новых рабочих мест. Реализация проекта позволит создать более 10 тыс. рабочих мест в сфере гостеприимства, спорта, культуры, управления и обслуживания марин.
- Пополнение бюджетов. Ожидается, что в региональный и федеральный бюджеты благодаря реализации проекта ежегодно будет отчисляться более 1 млрд рублей налогов. [13]

Таблица 3.1

Ключевые параметры проекта

Параметр	Значение
Площадь искусственного острова	48–50 га
Общая площадь застройки	1,5 млн м ² недвижимости
Объём инвестиций	более 1 трлн руб.
Срок окупаемости	12 лет
Местоположение	напротив Магистинского виадука, в 300 м от берега
Глубина моря в месте строительства	около 5 м
Начало строительства (по планам)	2026 г.
Планируемое завершение	2031–2032 гг.
Продолжительность строительства	6–7 лет

1.2 Технологическая уникальность проекта

Проект позиционируется как первый в России насыпной остров, создаваемый в морской акватории. Уникальность проекта заключается в следующих аспектах:

- Отсутствие прецедентов в России. В отличие от стран Персидского залива (ОАЭ, Катар, Бахрейн), где создание искусственных архипелагов является отработанной технологией, в Российской Федерации подобные проекты в морской акватории не реализовывались.
- Масштаб инженерной задачи. Создание устойчивого основания на глубине 5 м с учётом сейсмичности региона, циркулярных течений и сложных гидрологических условий представляет собой инженерный вызов, не имеющий аналогов в отечественной практике.
- Комплексный подход к транспорту. На остров не будет допускаться автотранспорт с двигателями внутреннего сгорания. В прибрежной части планируется построить пересадочный узел, из которого на остров будут отправляться современные электромобили и электробусы, в том числе беспилотные. Кроме того, корпорация договорилась с РЖД об использовании заброшенных павильонов железнодорожной станции для транспортировки людей на остров.
- Привлечение международного опыта. Несмотря на то, что проект реализуется на российские деньги, планируется приглашение партнёров из дружественных стран, имеющих опыт строительства подобных сооружений - ОАЭ, Китая, Индии. [13]

3.3 Географическое и климатическое обоснование размещения

Место для строительства острова выбрано напротив Мацестинского виадука — участка, где, по словам застройщика, «на береговой линии никто не живет», а глубина моря составляет около 5 метров. С точки зрения

транспортной доступности локация оценивается как удобная для прокладки коммуникаций и организации транспортного сообщения.

С позиции климатической характеристики региона Большого Сочи, рассмотренной в предыдущих разделах данной работы, выбранная акватория характеризуется следующими особенностями:

- Защищённость от преобладающих ветров. Расположение напротив Мацестинского виадука, с учётом розы ветров, может обеспечить относительную защищённость от северо-восточных и восточных ветров, преобладающих в холодный период года. Вместе с тем, юго-восточные ветры, характерные для летнего периода, могут создавать волновую нагрузку на незащищённые участки.
- Близость к существующей инфраструктуре. Удаление в 300 м от берега обеспечивает возможность подключения к городским инженерным сетям и транспортной системе.
- Влияние на микроклимат прибрежной зоны. Создание искусственного острова может изменить локальную циркуляцию воздушных масс, потенциально влияя на бризовую циркуляцию и температурный режим прилегающей территории. Однако количественная оценка этого влияния требует дополнительных исследований. [15]

3.4 Потенциальное влияние на окружающую среду и экологические риски

Реализация проекта создания искусственного острова неизбежно сопровождается комплексом негативных воздействий на морскую экосистему. Как отмечается в научной литературе, искусственные острова оказывают несколько видов воздействия на окружающую среду на всех этапах — от возведения до непосредственного пребывания в море.

Основные экологические риски (табл. 3.2):

Таблица 3.2

Классификация экологических рисков проекта насыпного острова в Сочи

Группа рисков	Характер воздействия	Степень серьёзности
Гидрологические риски	Нарушение циркулярного течения, изменение режима осадконакопления	Высокая
Биологические риски	Утрата среды обитания гидробионтов, нарушение миграционных путей	Высокая
Геоморфологические риски	Активизация береговой эрозии, изменение профиля дна	Средняя
Химические риски	Загрязнение акватории при строительстве и эксплуатации	Средняя
Ландшафтные риски	Изменение визуального облика побережья	Низкая

- Гидрологические риски. Эколог, член общественного экосовета при губернаторе Краснодарского края Вениамин Голубитченко обращает внимание на циркулярное течение Чёрного моря, которое идёт против часовой стрелки. Если остров нарушит естественный гидрологический режим, это может затронуть большую прибрежную территорию. В качестве наглядного примера эксперт приводит мол в устье реки Мзымта — из-за него размываются участки Имеретинской бухты, включая объекты Олимпийского парка.
- Биологические риски. При создании намывных территорий происходит перемещение значительных объёмов морского грунта, нарушаются траектории перемещения и миграции рыб и морских животных. Это является проблемой для такой чувствительной среды обитания, как

донные биоценозы и водоросли. В акватории Чёрного моря, где экосистема находится в состоянии динамического равновесия, подобное вмешательство может иметь необратимые последствия.

- Геоморфологические риски. Изменение конфигурации береговой линии и создание искусственного препятствия в виде волнолома и тела острова может изменить направление и интенсивность вдольбереговых течений, что способно привести к переформированию пляжей и активизации эрозионных процессов на смежных участках побережья.
- Инфраструктурные риски. Создание 1,5 млн м² недвижимости приведёт к увеличению населения Сочи на десятки тысяч человек. Новый микрорайон потребует значительных ресурсов: дополнительных инженерных сетей, транспортной инфраструктуры и коммунальных мощностей, с которыми город уже сейчас с трудом справляется.

Особую озабоченность экспертов вызывает долгосрочная перспектива существования острова в условиях глобального изменения климата. По расчётам учёных, к концу XXI века уровень Мирового океана, а значит и Чёрного моря, может подняться на десятки метров. Как отмечает Вениамин Голубитченко, «даже если остров будет построен супер замечательно, в конце столетия он может уйти под воду».

Проект вызвал активное обсуждение среди экспертов и экологов. Городские активисты выступили против создания искусственного острова, поскольку это может нанести вред экологии. Эксперты подчёркивают, что реализация такого масштабного проекта потребует тщательной оценки экологических рисков и строгого соблюдения всех норм и законодательства. При этом, по оценкам экономистов, создание искусственного острова в Сочи вряд ли возможно без иностранных вложений. [10]

3.5 Критический анализ: новый шаг в области сохранения окружающей среды или экологическая катастрофа

Анализ доступной информации позволяет сделать вывод о том, что в заявленной концепции проекта отсутствуют какие-либо природоохранные или экокомпенсационные механизмы. В отличие от ряда зарубежных проектов, где искусственные острова создаются с использованием вторичного сырья (например, предложение Российской академии наук строить острова из собранного в океане мусора), рассматриваемый проект не содержит инновационных решений в области экологической компенсации.

Проект нельзя отнести к «зелёным» инициативам по следующим основаниям:

- Отсутствие информации о компенсационных мероприятиях по восстановлению утраченных морских биоценозов;
- Отсутствие данных об оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) в открытых источниках;
- Намерение использовать традиционную технологию отсыпки, что сопряжено с изъятием значительных объёмов грунта.

Таким образом, на текущем этапе проработки проект скорее представляет экологическую угрозу, нежели шаг в области сохранения окружающей среды. [10]

3.6 Прогноз влияния на изменение климата и микроклимат

Оценка потенциального влияния искусственного острова на климатическую обстановку требует рассмотрения в нескольких аспектах:

- Влияние на бризовую циркуляцию. Создание искусственного препятствия в прибрежной зоне может изменить локальную циркуляцию воздушных масс. Поскольку бризы являются важнейшим фактором естественной вентиляции прибрежной застройки Сочи, любое

нарушение этого механизма может привести к ухудшению условий проветривания прилегающих районов.

- Изменение температурного режима. Водная поверхность, замещаемая искусственным грунтом, имеет высокую теплоёмкость. Замена её на твёрдое покрытие приведёт к увеличению суточных амплитуд температуры воздуха в локальном масштабе, что может усилить эффект «городского острова тепла» в прибрежной зоне.
- Влияние на ветровой режим. Искусственный остров с высотными зданиями (по заявлению застройщика, высота некоторых зданий достигнет 100 этажей) может создать аэродинамическую тень и зоны турбулентности, влияющие на распределение ветровых нагрузок в прилегающей акватории и на береговой линии.

Ранее в работе было отмечено, что вырубка части реликтового леса в Сочи уже привела к изменению климатических условий в регионе, включая участвовавшие торнадо, оползни и наводнения. Строительство насыпного острова может стать дополнительным фактором антропогенной трансформации климатической системы, создавая кумулятивный эффект с уже произошедшими изменениями. [15]

3.7 Метеорологические параметры, требующие учёта при строительстве

На основе анализа климатических характеристик региона Большого Сочи, выполненных в предыдущих параграфах данной работы, а также с учётом требований СП 2025 и СП 20.13330, при проектировании и строительстве насыпного острова необходимо учитывать следующие гидрометеорологические параметры, представленные в таблице 3.3. [22]

Таблица 3.3

Метеорологические параметры, подлежащие учёту при проектировании

Группа параметров	Конкретные показатели	Нормативный источник
Волновые воздействия	Высота волн 3–5 м при штормах, расчётная скорость ветра 28–30 м/с	СП 20.13330, III ветровой район
Ветровые нагрузки	Нормативное ветровое давление 0,38 кПа; пульсационная составляющая	СП 20.13330
Сейсмические воздействия	Сейсмичность 8–9 баллов	СП 14.13330
Смерчевая активность	Частые смерчи в акватории Чёрного моря	Данные метеонаблюдений
Осадки и сток	Проливные дожди, селёвые потоки с гор	Таблица 10.1 СП 131.13330.2025
Течения	Циркулярное течение против часовой стрелки	Океанографические данные
Температурный режим	Годовые и суточные амплитуды (18°C в июле)	Таблицы 8.1, 9.1 СП 2025
Уровень моря	Многолетние колебания и долгосрочный прогноз подъёма	Данные Росгидромета

Первый этап строительства – возведение защитного волнолома (рис. 3.2) протяжённостью 800 м. Создание безопасной бухты, защищённой от ветров, позволит приступить к проектированию и строительству самого искусственного острова. При проектировании волнолома в соответствии с ГОСТ Р 70831-2023 необходимо учитывать:

- нормальные и экстремальные гидрометеорологические условия;
- волновые воздействия, накат и захлёстывание волн;
- преобладающие направления воздействия ветра, течений.



Рисунок 3.2 – Возведение волноломов

3.8 Непредвиденные сложности и погодные риски

Эксперты выделяют следующие природные угрозы, способные существенно осложнить или сделать невозможным строительство.

Сейсмическая активность (рис. 3.3). Регион Большого Сочи характеризуется повышенной сейсмичностью (8-9 баллов по шкале MSK-64). Закрепление отсыпки на дне с учётом сейсмических воздействий требует сложных технических решений, компетенции в которых в России, по мнению экспертов, могут отсутствовать.

Смерчи. В акватории Чёрного моря у берегов Сочи нередки случаи возникновения смерчей, представляющих угрозу для строительной техники и персонала.

Наводнения и селовые потоки. Проливные дожди, характерные для региона (вспомнить хотя бы ливни февраля 2024 года, когда потоки селовых масс разрушили дороги и железнодорожные пути в Сочи), могут создавать

дополнительные нагрузки на гидротехнические сооружения и нарушать график строительных работ.

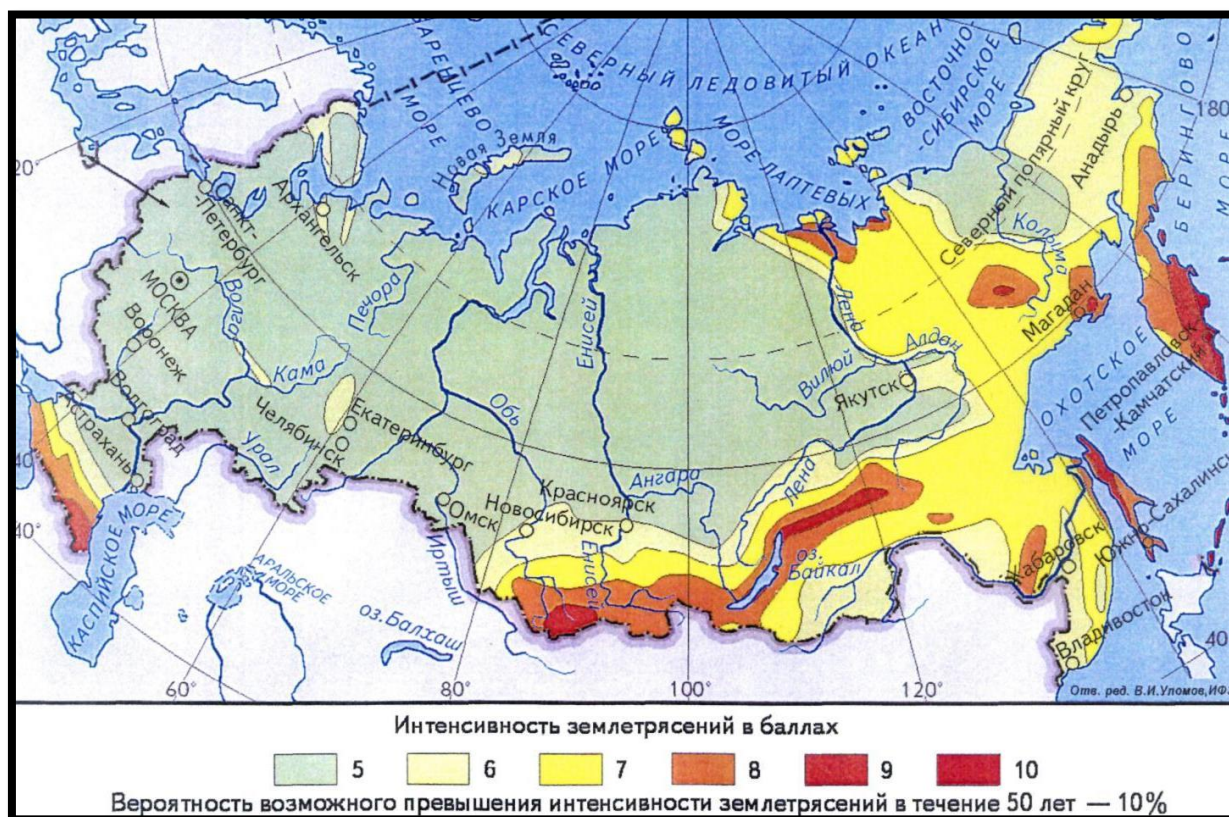


Рисунок 3.3 – Сейсмическое районирование России

Штормовая активность. Зимние штормы в Чёрном море могут создавать волны высотой 3-5 м, что при незащищённой акватории делает невозможным проведение морских строительных работ.

Технологические сложности

Стабилизация основания. Чтобы закрепить отсыпку и предотвратить сползание объекта на глубину, разработчикам проекта потребуется применить сложное техническое решение, не имеющее аналогов в российской практике.

Коррозия строительных материалов. Высокая солёность морской воды и воздействие морского аэрозоля предъявляют повышенные требования к антикоррозионной защите всех металлических конструкций.

Сезонность работ. Благоприятный период для морских строительных работ в акватории Сочи ограничен летними месяцами, что может привести к удлинению сроков строительства.

В условиях морской акватории строительные материалы подвергаются комплексному воздействию (табл. 3.4): [9]

Таблица 3.4

Влияние различных явлений на материалы и требования к ним

Фактор воздействия	Влияние на материалы	Требования к материалам
Морская вода (высокая солёность)	Коррозия стали, сульфатная агрессия на бетон	Коррозионностойкие стали, специальные цементы
Переменное увлажнение- высыхание	Растрескивание, снижение морозостойкости	Повышенная водонепроницаемость (W12–W16)
Ультрафиолетовое излучение	Деструкция полимерных материалов	<u>Светостабилизация</u>
Циклические температурные нагрузки	Усталостные явления	Высокая циклическая прочность
Штормовое волновое воздействие	Абразивный износ	Повышенная абразивная стойкость

3.9 Комплексная оценка и выводы

1. Масштаб и амбициозность – проект является беспрецедентным для России как по технической сложности, так и по объёму инвестиций (более 1 трлн руб.).
2. Высокая экологическая уязвимость - реализация проекта сопряжена с рисками нарушения гидрологического режима, утраты морских биоценозов и

активизации береговой эрозии. При этом в открытых источниках отсутствует информация о компенсационных экологических мероприятиях.

3. Значительные природные риски - сейсмичность, смерчи, наводнения и сложные гидрологические условия Чёрного моря создают угрозы как в период строительства, так и в процессе эксплуатации.

4. Долгосрочная неопределённость - прогнозируемое повышение уровня Мирового океана к концу XXI века ставит под вопрос долгосрочное существование искусственного острова.

5. Необходимость дополнительных исследований - для принятия обоснованного решения о реализации проекта требуется проведение комплексной оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), детальных гидродинамических расчётов и сейсмического микрорайонирования акватории.

Проект строительства первого в России насыпного острова в акватории г. Сочи представляет собой пример амбициозного градостроительного начинания, которое при отсутствии должной экологической проработки и учёта природных рисков может привести к негативным последствиям как для морской экосистемы, так и для прибрежной инфраструктуры города-курорта. Результаты анализа, представленные в настоящем разделе, должны быть учтены при дальнейшей проработке проектных решений.

4. Анализ режима метеорологических характеристик и их современной динамики в регионе Большого Сочи

В данном параграфе будет проведен системный анализ ключевых метеорологических характеристик региона Большого Сочи. Необходимо выявить современные тенденции их изменения под влиянием глобального потепления климата, оценить последствия этих изменений для строительной деятельности и обосновать необходимость учёта климатических рисков при проектировании зданий и сооружений в условиях влажных субтропиков.

4.1 Температурный режим

Согласно данным многолетних метеорологических наблюдений (на основе климатических норм 1991-2020 гг.), температурный режим в Сочи характеризуется мягкой зимой и тёплым летом. Среднегодовая температура воздуха в Сочи составляет 14,2°C. Средняя температура января - +6°C, июля - +24,5°C. Абсолютный максимум температуры, зафиксированный в Сочи, составляет 39,4°C, абсолютный минимум - -13,4°C. Продолжительность безморозного периода составляет почти весь год, кратковременные понижения ниже нуля случаются редко, в основном в ночные часы на побережье проходят быстро. [18]

В таблице 4.1 представлены среднемесячные климатические показатели для г. Сочи по данным метеостанции АгроСочи (на основе климатических норм 1991-2025 гг.).

Анализ данных за период 1966-2025 гг. показывает устойчивый тренд к повышению температуры в регионе Сочи. С 1994 по 2025 год зафиксирован рост среднегодовых значений на 1,2°C. Значения среднегодовой температуры варьировались от минимальных 12,7°C (1992 г.) до максимальных 16,5°C (2010 г.). За последние три десятилетия (с 1993 года) минимальные среднемесячные температуры января и июля стали выше.

Таблица 4.1

Среднемесячные климатические показатели г. Сочи (норма 1991-2025 гг.)

Месяц	Средняя t воздуха, °C	Средняя t воды, °C	Осадки, мм	Солнечных дней
Январь	+6,5	+9	177	7
Февраль	+6,5	+8	139	8
Март	+8,6	+9	135	10
Апрель	+12,4	+11	108	14
Май	+16,5	+16	108	18
Июнь	+21,0	+21	93	21
Июль	+23,7	+24	123	23
Август	+24,5	+26	103	24
Сентябрь	+20,6	+23	145	21
Октябрь	+16,2	+19	179	17
Ноябрь	+11,7	+15	170	11
Декабрь	+8,5	+11	183	7

Особенно наглядной является динамика июльских температур за последнее десятилетие (рис. 4.1, табл. 4.2): средняя температура июля выросла на 1,2°C, а количество экстремально жарких дней увеличилось почти вдвое - с 7-9 до 12-15 дней с температурой выше +32°C за месяц. [17]

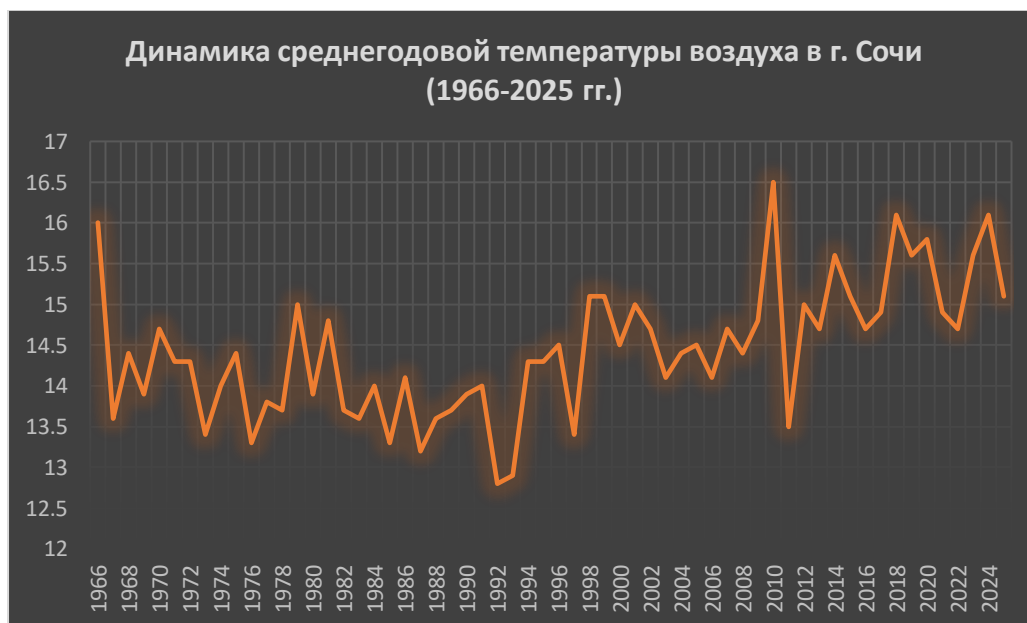


Рисунок 4.1 – Динамика среднегодовой температуры воздуха в г. Сочи

Таблица 4.2

Динамика средней температуры июля в г. Сочи (2017-2023 гг.)

Год	Средняя температура июля, °С	Отклонение от нормы, °С
2017	ниже нормы на 0,7	–0,7
2020	+30,3	+2,8
2023	+29,1	+1,9

На рисунке 4.2 представлены так называемые полосы потепления. Каждая цветная полоса отражает среднюю температуру за год: синие полосы обозначают более холодные годы, красные – более тёплые. [19]

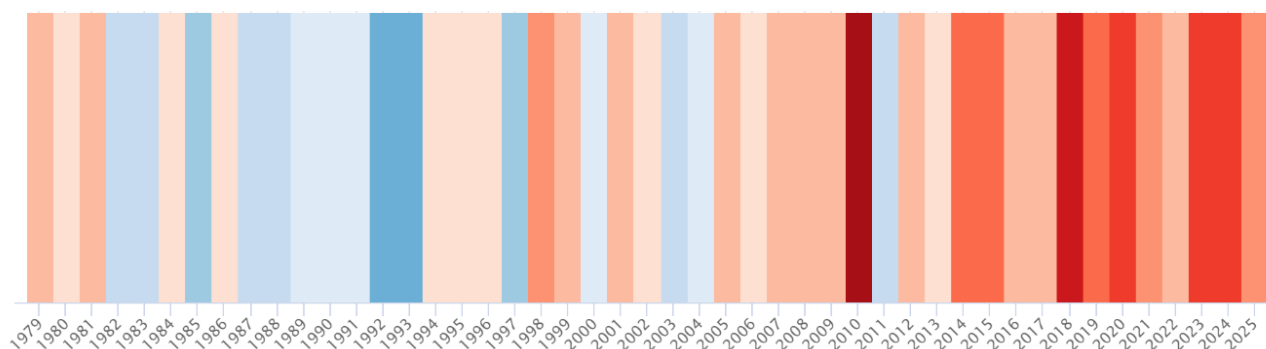


Рисунок 4.2 – Полосы потепления среднегодовой температуры в г. Сочи

В последние годы в Сочи фиксируются аномальные температурные явления. В ноябре 2025 года воздух в Сочи прогревался выше 20 градусов. Осень 2025 года в Сочи стала одной из самых тёплых за последние годы. При этом первая декада марта 2025 года в Сочи характеризовалась более прохладной и сухой погодой по сравнению с большинством аналогичных периодов последнего десятилетия, со среднесуточной температурой +5,3 градуса. В 2020 году был зафиксирован самый жаркий июль (рис. 4.3, 4.4) за весь период наблюдений со средней температурой +30,3°С и абсолютным максимумом +37,1°С (15 июля 2020 года). [20]

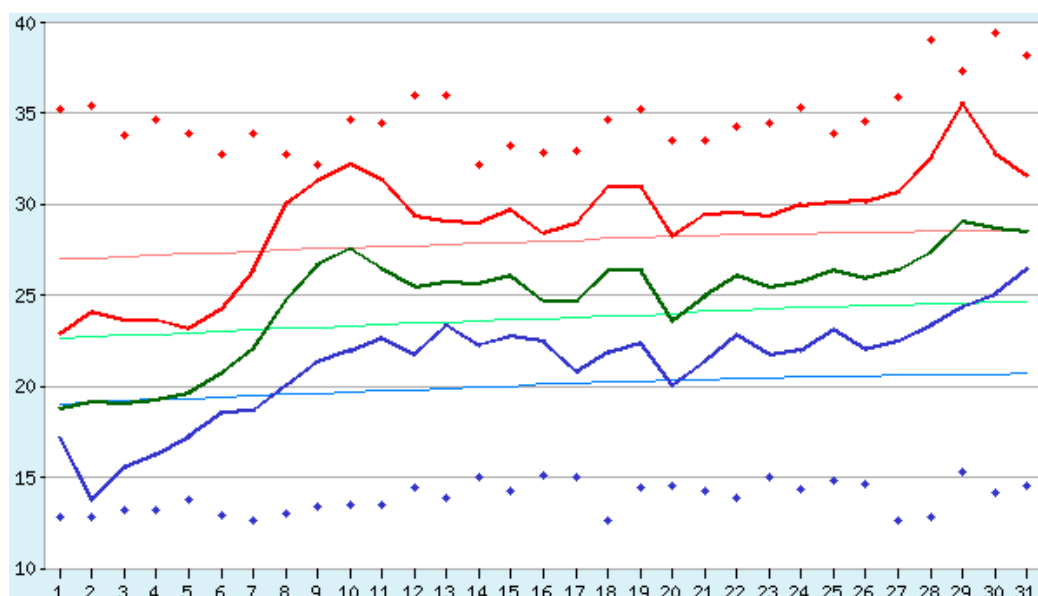


Рисунок 4.3 – Суточный ход температуры наружного воздуха в Сочи (июль)

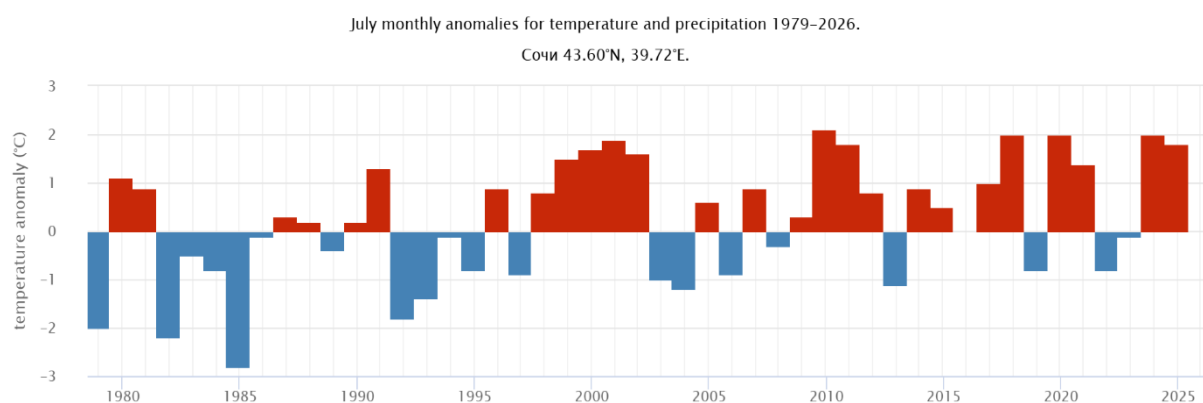


Рисунок 4.4 – Аномалии температуры воздуха в г. Сочи за июль месяц

По многолетним наблюдениям замечен общий тренд к потеплению (рис. 4.5): средние зимние температуры стали выше, число дней с устойчивым холодом сократилось, снежный покров на побережье держится всё меньше, всё чаще зима проходит в формате дождливого межсезонья. [19]

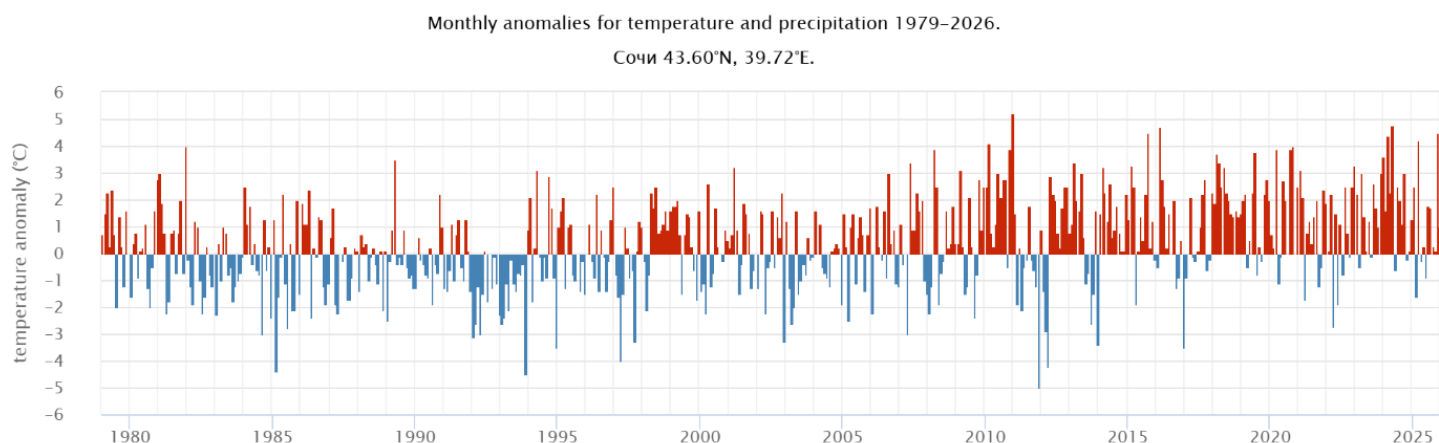


Рисунок 4.5 – Ежемесячные аномалии температуры воздуха в г. Сочи

4.2 Атмосферные осадки

Сочи характеризуется значительным количеством атмосферных осадков, что обусловлено барьерной ролью Кавказского хребта, на наветренных склонах которого конденсируется влага, приносимая морскими воздушными массами. Среднегодовое количество осадков в Сочи составляет 1663 мм. Для сравнения: за год в регионе выпадает 1797 мм при норме 110%. Это один из самых высоких показателей в России. Характерной особенностью является зимний максимум осадков (ноябрь-декабрь) и летний минимум. Самый влажный месяц - январь (159 мм осадков), самый сухой - август (76 мм).

Характерной особенностью является зимний максимум осадков (ноябрь-декабрь) и летний минимум. Минимальное количество осадков характерно для летних месяцев, а максимальное - для ноября - декабря. За изучаемый период 1966-2025 гг. годовая сумма осадков в Сочи увеличилась с 1590 мм до 1660 мм. [8]

Диаграмма (рис. 4.6) демонстрирует ярко выраженный зимний максимум (особенно в декабре и ноябре) и летний минимум (июнь-август), что характерно для региона влажных субтропиков.



Рисунок 4.6 – Сезонное распределение осадков в г. Сочи

В последние годы наблюдается резкое увеличение интенсивности ливневых осадков, что является одним из наиболее опасных последствий изменения климата для региона.

В таблице 4.3 представлены данные о наиболее экстремальных осадках в регионе Большого Сочи в 2023-2025 гг.

Региональная дифференциация осадков так же очень интересна.

В декабре 2024 года во время мощных ливней метеостанции зафиксировали:

- Сочи — 104 мм (месячная норма 146 мм),
- Горная Карусель (1500 м) — 106 мм,
- Имеретинка — 106 мм, Адлер — 107 мм,
- Красная Поляна — 107 мм,

- Солохаул — 167 мм,
- Кичмай — 184 мм (126% месячной нормы).

Эти данные показывают, что в горных районах осадки могут быть значительно интенсивнее, чем на побережье. При строительстве в разных высотных зонах необходимо учитывать эту дифференциацию. В горных районах Сочи снежный покров может достигать значительной высоты, что относится ко II снеговому району с нормативной нагрузкой 1,2 кПа.

Таблица 4.3

Рекордные суточные суммы осадков в г. Сочи (2023-2025 гг.)

Дата	Сумма осадков, мм	% от месячной нормы	Примечание
Июль 2023	80	—	Массированные подтопления
Июль 2024	до 30 (за сутки)	—	Сильнейший ливень, подтопление Приморской набережной, предупреждение о смерчах и селях
Август 2024	62 (за час)	121 (за 3 часа)	Рекорд дня
18 декабря 2024	104	71%	Аномально
18 сентября 2025	91	70%	Эпицентр аномальных ливней с грозами, образование смерчей
Декабрь 2025	до 30		Ураганный ветер, интенсивные снегопады, град, аномальные разряды молний
Исторический рекорд (август 1971)	245	—	Абсолютный суточный максимум

4.3 Ветровой режим

Среднегодовая скорость ветра (табл. 4.4) в Сочи составляет 1,7-1,9 м/с. Ветровой режим характеризуется преобладанием двух основных

направлений: восточного и северо-восточного в холодный период года западного и юго-западного (морской бриз) в летний период (рис. 4.7). Годовая роза ветров характеризуется преобладающими южными ветрами зимой (скорость 5,7 м/с) и ветрами южного и северного направлений летом (скорость 2,7 м/с). [18]

Таблица 4.4

Среднегодовая направленность ветра в г. Сочи

направл.	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
С	15	13	12	10	11	13	12	13	15	18	16	14	13
СВ	20	17	14	13	13	14	14	17	20	22	22	21	19
В	29	25	22	20	19	17	16	18	21	22	27	28	22
ЮВ	9	11	12	12	10	7	7	6	5	6	7	9	8
Ю	5	7	9	9	9	8	8	6	5	5	5	6	7
ЮЗ	5	7	10	12	12	11	12	10	7	6	5	5	8
З	5	7	9	11	13	14	14	13	10	7	5	4	9
СЗ	12	13	12	13	13	16	17	17	17	14	13	13	14
штиль	6	7	9	10	11	11	10	8	9	7	6	6	8



Рисунок 4.7 – Сезонная повторяемость направлений ветра в г. Сочи

4.4 Влажность воздуха

Регион Большого Сочи характеризуется повышенной влажностью воздуха на протяжении всего года (табл. 4.5). Среднегодовая относительная влажность составляет 75%. Наиболее высокие значения влажности наблюдаются в июле и мае (до 79%), наиболее низкие — в феврале и марте (около 72-73%). Летом влажность достигает 70-80%, что создаёт ощущение духоты, особенно в безветренную погоду, и оказывает существенное влияние на эксплуатационные характеристики зданий и сооружений.

Таблица 4.5

Среднемесячная относительная влажность воздуха в г. Сочи, %

месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	год
Влажн. %	73	72	72	75	79	79	79	78	76	76	74	72	75

Высокая влажность в сочетании с высокими температурами в летний период создаёт условия для повышенного теплового дискомфорта. Кроме того, длительное воздействие влажного воздуха на ограждающие конструкции ускоряет коррозию металлических элементов, способствует биоповреждениям и требует применения специальных материалов и защитных покрытий.

Коэффициент увлажнения в Сочи значительно превышает 1 (осадки около 1500-2000 мм в год при испарении около 800-1000 мм), что подтверждает принадлежность региона к зоне избыточного увлажнения. [17]

4.5 Солнечная радиация и инсоляция

Годовой приход суммарной солнечной радиации (рис. 4.8) составляет около 4800-5200 МДж/м² (или ~1300-1450 кВт·ч/м²). Это значительно меньше,

чем, например, в Крыму или на побережье Средиземного моря, но достаточно для активного вегетационного периода и развития курортного хозяйства.



Рисунок 4.8 – График суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность по месяцам в Сочи

В Сочи насчитывается около 2250 часов солнечного сияния в год, а количество солнечных дней в году редко превышает 230, насчитывается всего немногим более 50 дней, когда солнечное сияние не наблюдается в течение всего дня. Важной особенностью является сезонная неравномерность солнечной радиации: из-за низкой облачности в зимний период солнечная радиация в 3-4 раза меньше, чем летом. [20]

Высокий уровень инсоляции обуславливает обязательную солнцезащиту зданий в летний период — применение наружных солнцезащитных устройств, использование светлых фасадов, установку солнцезащитного остекления. В то же время зимой необходимо максимально использовать поступление солнечного тепла для пассивного нагрева помещений. Эти противоположные требования требуют

применения регулируемых солнцезащитных систем (жалюзи, внешние экраны) и тщательного расчёта ориентации зданий с учётом высоты солнца над горизонтом. Для Сочи (широта $43,6^\circ$ с.ш.) угол стояния солнца в полдень составляет в июне около 70° , в декабре - около 23° .

График (рис. 4.9) демонстрирует пик солнечной радиации в околополуденные часы, что требует особой защиты южных и западных фасадов.



Рисунок 4.9 – Суточный ход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность в г. Сочи (июль)

4.6 Экстремальные погодные явления

В последние годы наблюдается увеличение частоты смерчей в акватории Чёрного моря у берегов Сочи (табл. 4.6). В июле 2024 года в акватории Сочи наблюдался мощный смерч (23 июля 2024 г.), который, хотя и образовался на

значительном расстоянии от берега без угрозы выхода на сушу, сопровождался сильными ливнями и подтоплениями. В тот же день на участке Магри-Веселое действовала опасность формирования смерчей над морем. Ветер усиливался до 18 м/с, местами прошли ливни с грозами.

Таблица 4.6

Экстремальные погодные явления в регионе Большого Сочи (2023-2025 гг.)

Дата	Тип явления	Характеристики и последствия
Декабрь 2023	Шторм / ураган	Боковой ветер до 32 м/с, волны до 4 м, повалено >80 деревьев, сорваны крыши >10 домов
Июль 2023	Ливень + смерч	80 мм осадков, подтопления, смерчи на море
Июль 2024	Ливень + смерч	Смерч в акватории, ветер до 18 м/с, подтопления
Декабрь 2024	Ливень + сели	104 мм в Сочи, 184 мм в <u>Кичмае</u> (126% нормы), селевые массы на ж/д перегоне, выход рек из берегов
Июнь 2025	<u>Суперячейка</u> + торнадо	Мощный <u>мезоциклонный</u> торнадо над морем, опасность выхода на берег
Сентябрь 2025	Аномальный ливень	91 мм (70% нормы), <u>шкваловой</u> ворот, смерчи
Декабрь 2025	Атлантический шторм	Ураганный ветер, интенсивные снегопады, мощные грозы, град, аномальные разряды молний (интенсивность в 10 раз выше обычной)

Эксперты отмечают, что аномальные погодные явления летом становятся всё более частыми. По статистике Росгидромета, по сравнению с концом прошлого века число опасных гидрометеорологических явлений увеличилось по крайней мере вдвое, причём увеличение происходит за счёт двух факторов: наводнения, ливни и засухи в разных регионах, а также всевозможные ветровые нагрузки (штормы, ураганы, торнадо). Для Сочи эта тенденция особенно актуальна в связи с расположением города в зоне

избыточного увлажнения и сложным горным рельефом, predisполагающим к формированию селей и оползней при интенсивных осадках. [9]

4.7 Современные климатические изменения в регионе

Анализ климатических данных за последние 40 лет (с 1979 по 2025 год) по методологии ERA5 (ECMWF) показывает для региона Большого Сочи устойчивый положительный тренд среднегодовой температуры (табл. 4.7, рис. 4.10).

Таблица 4.7

Основные климатические тренды в регионе Большого Сочи

Показатель	Направление тренда	Количественная характеристика	Период
Среднегодовая температура	Рост	положительный тренд +1,2°C	1994–2022
Средняя температура июля	Рост	положительный тренд +1,2°C	последнее десятилетие
Количество экстремально жарких дней (>32°C)	Рост	увеличение почти вдвое с 7–9 до 12–15 дней за месяц	последнее десятилетие
Годовая сумма осадков	Рост	умеренный рост с 1590 до 1660 мм	1966–2022
Ливни с интенсивностью >80 мм/сутки	Рост	увеличение вдвое	по сравнению с XX в.
Частота опасных гидрометеорологических явлений	Рост	увеличение вдвое	по сравнению с концом XX в.

График на рисунке 4.10 построен на основе данных исследования Ровенского. Показано увеличение годовой суммы осадков с 1590 до 1660 мм за 56 лет.

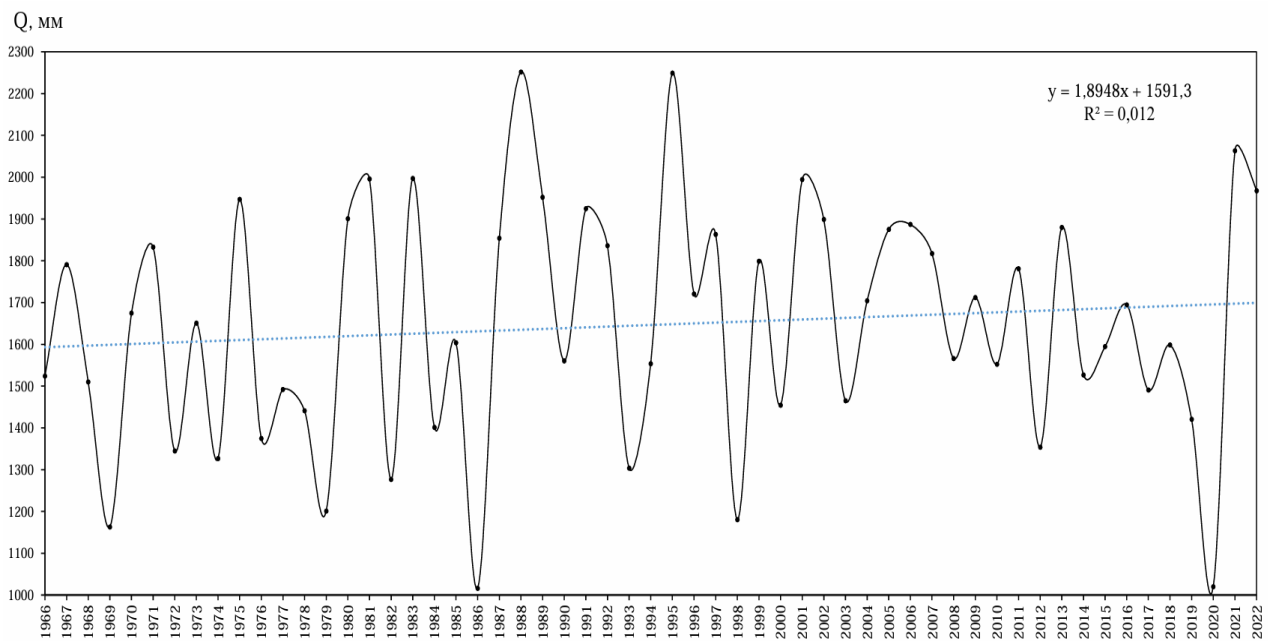


Рисунок 4.10 – Динамика годовой суммы осадков в г. Сочи (1966-2022)

Наблюдаемые изменения в Сочи согласуются с глобальными климатическими процессами. В среднем за последние 50 лет средняя температура на планете выросла более чем на 1 градус, причём максимальный рост за последние 50 лет произошёл в Азиатской части России, где среднегодовая температура увеличилась более чем на 4 градуса.

Согласно прогнозам, к 2070 году Сочи могут ждать серьёзные процессы опустынивания; при этом в северной части страны будет жарче, чем сейчас в Сочи. Другие прогнозы говорят о том, что в будущем Сочи по климату станет похож на Майами - то есть город будет становиться ещё более тёплым и влажным, с усилением тропических черт климата. [20]

4.8 Последствия климатических изменений для строительства и инфраструктуры

Основные климатические угрозы в регионе Большого Сочи показаны в таблице 4.8

Таблица 4.8

Основные угрозы в регионе Большого Сочи

Тип угрозы	Проявления в регионе Сочи	Последствия для строительства
Повышение температуры	Рост среднегодовой на 1,2°C за 28 лет, увеличение числа дней >32°C	Рост нагрузок на системы кондиционирования, увеличение теплоступлений в помещения
Увеличение интенсивности осадков	Рост годовой суммы осадков, ливни с интенсивностью >100 мм/сутки	Перегрузка ливневой канализации, подтопления, эрозия грунтов
Активизация экзогенных процессов	Сели, оползни, размыв берегов	Риски для зданий на склонах, необходимость берегоукрепления
Увеличение штормовой активности	Ветер до 32 м/с, волны до 4 м, смерчи	Повышенные ветровые нагрузки на здания, угроза для фасадных систем
Подъём уровня моря	Долгосрочный прогноз повышения уровня Чёрного моря	Угроза затопления прибрежных территорий и объектов инфраструктуры

На основе проведённого анализа метеорологических характеристик и их современной динамики для региона Большого Сочи могут быть сформулированы следующие рекомендации для строительной деятельности:

1. Учёт климатических рисков на стадии проектирования. Необходимо использовать актуализированные климатические данные (СП 2025 с учётом климатических норм 1991-2020 гг.), закладывать повышенные коэффициенты запаса при расчёте ливневой канализации, систем водоотвода и укрепления склонов.
2. Адаптация систем водоотведения. С учётом тенденции к увеличению интенсивности ливней требуется увеличение пропускной способности

- ливневых коллекторов, устройство дополнительных водосбросных каналов, внедрение систем приёма с увеличенной производительностью.
3. Укрепление склонов и защита от селей. При размещении объектов на склонах необходимо предусматривать комплекс берегоукрепительных и противооползневых мероприятий: подпорные стены, дренажные системы, а также сохранение лесной растительности на склонах.
 4. Солнцезащита и терморегуляция зданий. С учётом роста температур и увеличения числа жарких дней рекомендуется применять регулируемые солнцезащитные системы, использовать светлые фасады с высоким альбедо (коэффициентом отражения не менее 0,5-0,6), устанавливать энергоэффективное остекление с селективным покрытием.
 5. Противоветровая защита. При проектировании фасадных систем и кровельных покрытий необходимо учитывать возможность штормовых ветров до 32 м/с и применять усиленные крепления, ветрозащитные мембраны, использовать аэродинамические формы зданий для снижения ветровой нагрузки.
 6. Мониторинг и прогнозирование. Рекомендуется создание системы локального климатического мониторинга для оперативного реагирования на экстремальные погодные явления и корректировки проектных решений.

5. Оценка специализированных климатических характеристик для строительной отрасли и производственных процессов

В предыдущих разделах работы был проведён детальный анализ метеорологических характеристик региона Большого Сочи и выявлены устойчивые тенденции их изменения под влиянием глобального потепления климата. В настоящем разделе на основе полученных данных выполнен прогноз влияния каждого из рассмотренных метеорологических факторов на проектирование, строительство и эксплуатацию первого в России насыпного острова в акватории г. Сочи, а также оценены последствия возможного недоучёта этих параметров в условиях продолжающейся климатической изменчивости.

5.1 Влияние температурного режима на строительство насыпного острова

Как было установлено в разделе 4.1, регион Большого Сочи характеризуется мягкой зимой (средняя температура января $+6^{\circ}\text{C}$) и тёплым летом (средняя температура июля $+24...+25^{\circ}\text{C}$). Абсолютный максимум достигает $+39,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум $-13,4^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода составляет практически весь год. Однако зафиксирован устойчивый тренд к повышению температур: с 1994 по 2022 год среднегодовая температура повысилась на $1,2^{\circ}\text{C}$, количество экстремально жарких дней ($>32^{\circ}\text{C}$) увеличилось почти вдвое.

Воздействие на строительные материалы: Повышенные летние температуры в сочетании с высокой инсоляцией предъявляют повышенные требования к термической стойкости строительных материалов. Бетонные работы в летний период требуют применения специальных методов для предотвращения быстрого испарения воды из бетонной смеси, что может привести к образованию трещин и снижению прочности конструкций.

Асфальтобетонные покрытия при температурах выше +30°C могут размягчаться, теряя несущую способность. Полимерные и композитные материалы, широко применяемые в современном строительстве, при длительном воздействии высоких температур и ультрафиолетового излучения могут подвергаться деструкции и старению. [23]

Учёт температурных деформаций: Суточные амплитуды температуры в летний период достигают 18°C, что создаёт значительные температурные напряжения в элементах зданий и гидротехнических сооружений.

Практическое применение: Расчёт температурных деформаций и устройство деформационных швов с увеличенной компенсационной способностью

Исходные данные: длина температурного блока (волнолом, мостовые переходы) $L = 800$ м, материал - железобетон ($\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), расчетный перепад температур по таблице 9.1 СП 2025 для Большого Сочи составляет $\Delta t = 35^\circ\text{C}$ (годовая амплитуда с учетом максимальной и минимальной температур).

Расчетная деформация:

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta t = 1 \times 10^{-5} \times 800 \times 35 = 0,28 \text{ м} = 280 \text{ мм. (1)}$$

Требование: ширина температурного шва должна быть не менее 280 мм с учетом запаса на неточность монтажа и допуски изготовления конструкций.

Сезонность строительных работ: благодаря мягкой зиме и продолжительному безморозному периоду, строительные работы на острове могут вестись практически круглогодично, что является существенным преимуществом по сравнению с северными регионами. Однако периоды экстремальной летней жары (12-15 дней в месяц с температурой выше +32°C) могут создавать риски для здоровья рабочих, требуя организации специальных режимов труда (сокращённый рабочий день, дополнительные перерывы, обеспечение питьевой водой и кондиционирование бытовых помещений).

Практическое применение: Теплотехнический расчет наружной стены с учетом $t_{0}^{xp}(0,92)$:

Исходные данные: г. Сочи, $t_{xp}(0,92) = -7^{\circ}\text{C}$ (принимается по СП 2025), $t_b = +20^{\circ}\text{C}$ (для жилых помещений).

Расчет: требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{tp} определяется по формуле:

$$R_0^{tp} = \frac{n(t_b - t_{xp})}{\Delta t_n \cdot a_b} = \frac{1(20+7)}{4 \cdot 8,7} = 0,77 \text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C) / Вт. (2)}$$

где:

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; для наружных стен $n = 1$;

t_b - расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

t_{xp} — расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

Δt_n — нормативный температурный перепад, $^{\circ}\text{C}$ для наружных стен жилых зданий = 4 $^{\circ}\text{C}$;

a_b — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции = 8,7 Вт / (м² · $^{\circ}\text{C}$).

Применение актуального значения $t_{xp}(0,92)$ из СП 2025 позволяет корректно определить толщину теплоизоляции. Использование устаревших данных (например, из СП 2012) могло бы привести к занижению расчетного сопротивления теплопередаче и, как следствие, к промерзанию угловых зон здания в аномально холодные периоды.

Последствия недоучёта температурного фактора

Недоучёт повышения температур при проектировании может привести к следующим негативным последствиям:

1. Перегрев помещений и перегрузка систем кондиционирования. При закладке в проект устаревших климатических данных (нормы до 1991-2020 гг.) может оказаться, что установленная мощность систем охлаждения

недостаточна для поддержания комфортного микроклимата в летний период. Как следствие — снижение класса энергоэффективности зданий, рост эксплуатационных расходов, дискомфорт для пользователей.

2. Деформации и разрушение конструкций. Если при расчёте температурных швов и компенсаторов использовались заниженные значения температурных амплитуд (например, данные из СП 2020 без учёта современного тренда), то в жаркие летние дни возникающие температурные напряжения могут превысить расчётные, приводя к деформациям, раскрытию швов, нарушению герметичности стыков и даже локальным разрушениям.

3. Ускоренная коррозия и старение материалов. Повышенные температуры ускоряют химические реакции, в том числе коррозионные процессы в металлических конструкциях, особенно в условиях повышенной влажности. Недооценка этого фактора при выборе антикоррозионной защиты может привести к сокращению срока службы конструкций на 30-50% от проектного.

5.2 Влияние атмосферных осадков на строительство насыпного острова

Как установлено в разделе 4.2, годовая сумма осадков в Сочи составляет от 1400 до 1700 мм (один из самых высоких показателей в России), с чётко выраженным зимним максимумом. Особую опасность представляют экстремальные ливневые явления - суточные суммы осадков достигают 80-104 мм и более, а при выпадении в горных районах - до 184 мм (126% месячной нормы). Исторический рекорд составляет 177 мм за сутки (сентябрь 1907 г.). Зафиксирован устойчивый тренд к увеличению интенсивности осадков и учащению ливневых явлений. [8]

Проектирование систем водоотведения: Насыпной остров, создаваемый в акватории Чёрного моря, будет подвержен воздействию как атмосферных осадков (ливневые воды, выпадающие непосредственно на территорию острова), так и морских вод (штормовые нагоны, волновое воздействие).

Расчёт ливневой канализации острова должен выполняться с учётом повышенных значений интенсивности осадков - суточного максимума не менее 100-120 мм, а для ответственных участков - с запасом 20-30% на прогнозируемое увеличение интенсивности.

Конструкция защитных гидросооружений: Первым этапом строительства является возведение 800-метрового волнолома, который должен защитить акваторию от ветра и волн для безопасного ведения последующих работ. При проектировании волнолома необходимо учитывать: расчётную высоту волн (при штормах - до 3-5 м), нормативные и экстремальные гидрометеорологические условия, включая волновые воздействия, накат и захлёстывание волн, преобладающие направления воздействия ветра и течений. При недоучёте этих параметров волнолом может оказаться недостаточно высоким или устойчивым, что поставит под угрозу весь проект.

Устойчивость грунтового основания: Интенсивные ливни могут вызывать эрозию и размыв грунта как в процессе строительства, так и в период эксплуатации. Для искусственно отсыпанного острова, тело которого формируется из привозного грунта, проблема эрозии стоит особенно остро. По оценке эколога Вениамина Голубитченко, в районе Сочи наблюдаются очень сильные смывы с прибрежной части в глубоководную часть моря. При недостаточном укреплении откосов и береговой линии остров может постепенно «сползать» на глубину, теряя свою площадь и форму.

Организация строительных работ: Ливневые дожди создают серьёзные трудности при проведении строительных работ: размокание грунта затрудняет работу строительной техники, создаёт риски оползней на временных откосах, требует дополнительных мероприятий по водоотливу из котлованов. В феврале 2024 года селевые потоки разрушили дороги и железнодорожные пути в Сочи, что наглядно демонстрирует масштаб угрозы. При планировании календарного графика строительства необходимо закладывать «окна» на

период возможных ливней и предусматривать дополнительные затраты на осушение строительной площадки.

Последствия недоучёта осадочного фактора

1. Затопление территории острова. Если отметка поверхности острова будет заложена без учёта возможного повышения уровня моря и штормовых нагонов, при сильном шторме волны могут перехлестывать через волнолом и затапливать прибрежную зону острова. Учитывая прогнозируемый к концу XXI века подъём уровня Чёрного моря «не на 10 сантиметров, а на десяток метров», даже качественно построенный остров может оказаться под угрозой затопления.

2. Разрушение гидротехнических сооружений. Недоучёт расчётной высоты волн и скоростей течений при проектировании волнолома может привести к его разрушению во время первого же сильного шторма. Потеря волнолома сделает невозможным дальнейшее строительство и создаст угрозу для уже возведённых объектов, которые окажутся незащищёнными от волнового воздействия.

3. Эрозия и потеря грунта. Если не предусмотреть эффективную систему берегоукрепления (габионные конструкции, георешётки, волногасящие блоки), остров будет постепенно терять грунт под воздействием волн и ливневых потоков. В условиях Черноморского побережья с его сильными смывами процесс может идти достаточно быстро, приводя к сокращению полезной площади и даже к полной деградации острова за несколько десятилетий. [6]

5.3 Влияние ветрового режима на строительство насыпного острова

Как установлено в разделе 4.3, ветровой режим Сочи характеризуется преобладанием восточных и северо-восточных ветров в холодный период (повторяемость до 55%) и западных и юго-западных (морской бриз) в летний период. Среднегодовая скорость ветра составляет 1,7-1,9 м/с, однако при

штормах скорость может достигать 32 м/с и более (декабрь 2023 г.). В регионе наблюдаются фены -тёплые сухие ветры с гор, а также смерчи (июль-август 2024 г., июнь 2025 г.).

Аэродинамика зданий и сооружений: Искусственный остров, расположенный в открытой акватории, подвержен максимальным ветровым нагрузкам -в отличие от зданий на материке, которые частично защищены рельефом и окружающей застройкой.

Практическое применение: Расчет ветровой нагрузки на фасадную систему здания в Сочи:

Исходные данные: г. Сочи, III ветровой район, нормативное ветровое давление $w_0 = 0,38$ кПа (≈ 38 кгс/м²). Здание высотой $H = 50$ м расположено в прибрежной зоне с открытым доступом ветра. [21]

Расчет: Нормативное значение ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$w = w_0 \times k(z) \times c \times \gamma_f (3)$$

где:

$k(z)$ -коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте. При открытом доступе ветра с моря и отсутствии естественных преград коэффициент $k(z)$ может достигать 1,4-1,5 для высотных зданий;

c -аэродинамический коэффициент (для наветренной стены $c = +0,8$);

γ_f -коэффициент надежности по нагрузке ($\gamma_f = 1,4$).

$$w = 0,38 \times 1,5 \times 0,8 \times 1,4 \approx 0,64 \text{ кПа } (\approx 64 \text{ кгс/м}^2)$$

Данное значение необходимо учитывать при расчете несущей способности фасадной подконструкции и прочности креплений облицовочных материалов. При этом при порывах ветра до 32 м/с (что соответствует давлению около 0,64 кПа по скоростному напору) нагрузки могут быть ещё выше.

Требования к фасадным системам: Фасады зданий на острове должны быть рассчитаны на повышенные ветровые нагрузки с учётом пульсационной составляющей. Крепления фасадных систем, элементы остекления и

кровельные покрытия требуют усиленного закрепления. Особое внимание следует уделить угловым зонам зданий, где аэродинамические коэффициенты достигают максимальных значений (до -1,5 для зон разрежения на подветренной стороне и углах здания).

Ориентация зданий и планировка острова: Преобладающие направления ветра определяют оптимальную ориентацию зданий. Жилые здания следует располагать длинной осью перпендикулярно направлению господствующих ветров для обеспечения естественного проветривания, однако при этом необходимо избегать создания «ветровых коридоров» -участков, где ветер усиливается из-за аэродинамического эффекта между зданиями. При планировке острова необходимо предусматривать ветрозащитные экраны (зелёные насаждения, архитектурные элементы) для создания комфортных зон отдыха, защищённых от сильных ветров.

Организация строительства: Ветровая обстановка оказывает существенное влияние на возможность проведения высотных строительных работ. При скорости ветра более 15 м/с крановые работы, работы на высоте и монтаж крупногабаритных конструкций должны быть приостановлены. Учитывая, что в Сочи возможны штормовые ветры до 32 м/с, при составлении календарного плана необходимо предусматривать возможные простои и закладывать соответствующие резервы времени.

Последствия недоучёта ветрового фактора

1. Разрушение фасадных систем и кровель. При недостаточной прочности креплений или неправильном выборе аэродинамической формы здания сильные порывы ветра могут сорвать фасадные панели, кровельное покрытие, выбить окна. Это не только создаёт угрозу для жизни людей, но и приводит к значительным материальным потерям и остановке эксплуатации зданий.

2. Дискомфорт и невозможность использования открытых пространств. Если при планировке острова не были учтены розы ветров и не

созданы ветрозащитные зоны, значительная часть открытых территорий (пляжи, прогулочные набережные, площади) может оказаться непригодной для использования из-за постоянных сильных ветров, особенно в холодный период года. Это существенно снизит туристическую привлекательность острова.

3. Ограничения по высотности зданий. При недоучёте ветровых нагрузок может оказаться, что запроектированная высотность зданий (по заявлению застройщика, высота некоторых зданий может достигать 100 этажей) не соответствует нормативным требованиям по прочности и устойчивости, что потребует либо усиления конструкций (удорожание проекта), либо пересмотра объёмно-планировочных решений. [10]

5.4 Влияние влажности воздуха на строительство насыпного острова

Как установлено в разделе 4.4, регион Большого Сочи характеризуется повышенной влажностью воздуха на протяжении всего года: среднегодовая относительная влажность составляет 75%, в летние месяцы достигает 76-79%. Морской аэрозоль, насыщенный солями, дополнительно усиливает агрессивность среды. [17]

Коррозия металлических конструкций: Морская среда с высокой влажностью и содержанием солей является одной из самых агрессивных для металлических конструкций. Для всех металлических элементов зданий и сооружений на острове (арматура железобетона, несущие стальные конструкции, фасадные подконструкции, инженерные системы) требуется антикоррозионная защита повышенной категории. Стандартное цинкование может оказаться недостаточным -рекомендуется горячее цинкование с дополнительным полимерным покрытием или использование нержавеющей сталей для ответственных элементов.

Защита бетонных конструкций: Высокая влажность в сочетании с морской солью вызывает сульфатную и хлоридную агрессию на бетон,

приводящую к его разрушению и коррозии арматуры. Для морских гидротехнических сооружений требуется применение бетонов повышенной водонепроницаемости (не ниже W12-W16) и морозостойкости (не ниже F300), а также дополнительной защиты поверхности (проникающая гидроизоляция, покрытия на эпоксидной основе).

Биоповреждения: Высокая влажность создаёт благоприятные условия для развития плесневых грибов, мхов, лишайников и других организмов, разрушающих строительные материалы. На фасадах зданий, подверженных постоянному увлажнению, требуется применение биоцидных добавок в отделочные материалы и организация эффективного водоотвода для исключения застойных зон.

Условия проведения строительных работ: Высокая влажность воздуха создаёт дискомфорт для рабочих (особенно в сочетании с высокими температурами) и может приводить к снижению производительности труда. В закрытых помещениях без принудительной вентиляции возможно образование конденсата на поверхностях, что затрудняет выполнение отделочных работ и требует применения осушителей воздуха.

Последствия недоучёта влажностного фактора

1. Преждевременное разрушение конструкций. Недооценка агрессивности морской среды при выборе материалов и защитных покрытий может привести к ускоренной коррозии и разрушению конструкций уже через 5-10 лет эксплуатации, тогда как проектный срок службы гидротехнических сооружений обычно составляет 50-100 лет. Замена или капитальный ремонт корродировавших конструкций на морском острове будет крайне сложным и дорогостоящим.

2. Плесень и грибок в помещениях. Если при проектировании не предусмотрена эффективная вентиляция с осушением воздуха, во внутренних помещениях возможно образование плесени и грибка, представляющих угрозу для здоровья людей и разрушающих отделочные материалы. Особенно это

актуально для подвальных и полуподвальных помещений, а также для зон с плохой циркуляцией воздуха.

3. Проблемы с эксплуатацией инженерных систем. Высокая влажность ускоряет коррозию трубопроводов, электрических соединений и оборудования. При недостаточной защите возможно преждевременное повреждение инженерных систем, что потребует их замены или частого ремонта, увеличивая эксплуатационные расходы. [10]

5.5 Влияние солнечной радиации и инсоляции на строительство насыпного острова

Как установлено в разделе 4.5, регион Большого Сочи характеризуется высоким уровнем солнечной радиации: годовой приход суммарной радиации составляет около $1350 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, продолжительность солнечного сияния -около 2250 часов в год. Максимальные значения инсоляции приходятся на летние месяцы (июнь-август), минимальные -на декабрь-январь.

Солнцезащита зданий: Высокий уровень инсоляции в летний период требует обязательного применения солнцезащитных устройств для предотвращения перегрева помещений. Оптимальным решением для условий открытой акватории являются наружные солнцезащитные устройства (горизонтальные козырьки, вертикальные рёбра, внешние жалюзи), которые наиболее эффективны. Для южных фасадов рекомендуется глубина выноса козырьков не менее 0,6-0,8 м, для западных и восточных фасадов -применение вертикальных экранов.

Выбор остекления: рекомендуется применение солнцезащитных стёкол с селективным покрытием (коэффициент пропускания солнечной энергии не более 0,4-0,5) и двухкамерных стеклопакетов с заполнением инертным газом. В то же время зимой, когда солнце находится низко над горизонтом (угол около 23° в декабре), необходимо максимальное использование солнечного тепла для пассивного нагрева помещений. Противоречивость требований к

остеклению (летом -защита от солнца, зимой -пропускание тепла) может быть решена применением регулируемых солнцезащитных систем и электрохромного остекления с изменяемым коэффициентом пропускания.

Практическое применение: Выбор солнцезащитного устройства для южного фасада в г. Сочи.

Исходные данные: здание расположено в прибрежной зоне г. Сочи, южная ориентация фасада. Требуется снизить теплопоступления в летний период, сохранив возможность инсоляции зимой.

Расчёт высоты солнцезащитного козырька: для широты Сочи ($\approx 43,5^\circ$ с.ш.) угол стояния солнца в полдень составляет:

- 21 июня (летнее солнцестояние): $\approx 70^\circ$ над горизонтом;
- 21 декабря (зимнее солнцестояние): $\approx 23^\circ$ над горизонтом.

Высота козырька Н подбирается из условия полного затенения окна в летний полдень и попадания прямых солнечных лучей в помещение зимой. Рекомендуемая глубина выноса горизонтального козырька для окон стандартной высоты (1,5 м) составляет 0,6-0,8 м.

Цветовые решения фасадов: Коэффициент отражения наружной поверхности стен (альбедо) должен быть не менее 0,5-0,6 (светлые тона), что позволяет снизить теплопоступления от солнечной радиации на 20-30%. Применение тёмных цветов на фасадах зданий в условиях Сочи приведёт к значительному перегреву как самих стен, так и прилегающей территории.

Организация строительных работ: Высокая интенсивность ультрафиолетового излучения оказывает негативное воздействие на строителей, увеличивая риск солнечных ожогов и тепловых ударов. Требуется организация защищённых от солнца мест отдыха, обеспечение рабочих солнцезащитными головными уборами и одеждой с UPF-фильтром, а также нормирование времени пребывания под прямыми солнечными лучами.

Последствия недоучёта солнечного фактора

1. Перегрев помещений. Если при проектировании зданий на острове не предусмотрены эффективные солнцезащитные устройства, внутренние

помещения будут перегреваться в летний период до температур, некомфортных для проживания и работы. Использование кондиционеров для компенсации теплоступлений приведёт к резкому росту энергопотребления -по оценкам, увеличение температуры воздуха в помещении на 1°C требует дополнительных затрат энергии на охлаждение до 10-15%.

2. Быстрое старение материалов. Длительное воздействие ультрафиолетового излучения приводит к деструкции полимерных материалов (пластиковых фасадных панелей, уплотнителей, гидроизоляционных мембран). При выборе материалов без учёта повышенной УФ-нагрузки их срок службы может сократиться в 2-3 раза по сравнению с проектным.

3. Проблемы с озеленением. Если при подборе растений для озеленения острова не учитывается высокая инсоляция и недостаток почвенной влаги (на насыпном грунте), возможна гибель зелёных насаждений, что не только ухудшит эстетику острова, но и лишит его естественной защиты от перегрева и ветра. [23]

5.6 Влияние экстремальных погодных явлений на строительство насыпного острова

Как установлено в разделе 4.6, в регионе Большого Сочи наблюдается рост частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений: смерчей, ураганов, наводнений, селей и оползней. Согласно статистике Росгидромета, по сравнению с концом прошлого века число опасных гидрометеорологических явлений увеличилось по крайней мере вдвое. В июне 2025 года в акватории Сочи наблюдалась суперячейка с мощным мезоциклонным торнадо над морем, представлявшим угрозу выхода на берег.

Смерчи и торнадо: Возникновение смерчей в акватории Чёрного моря представляет прямую угрозу для строительной техники, временных зданий и персонала, а в перспективе -для самих зданий на острове. Смерч способен

поднимать в воздух строительные материалы, опрокидывать краны и создавать локальные перегрузки, в разы превышающие расчётные ветровые нагрузки. При проектировании зданий на острове необходимо учитывать возможность образования смерчей в непосредственной близости и закладывать дополнительные коэффициенты запаса прочности, особенно для лёгких конструкций и кровельных покрытий.

Ураганные ветры: Штормовые ветры до 32 м/с, зафиксированные в декабре 2023 года, привели к повалу деревьев и срыву крыш на материке. На открытой акватории острова, лишённой естественной защиты рельефа, воздействие ветра будет ещё более сильным. При проектировании необходимо учитывать возможность возникновения ветров с повторяемостью 1 раз в 50-100 лет, а также пульсационную составляющую ветровой нагрузки.

Сейсмическая активность: Регион Большого Сочи характеризуется повышенной сейсмичностью (8-9 баллов по шкале MSK-64). Грунтовое основание насыпного острова при землетрясении может подвергаться разжижению - потере несущей способности при вибрационных воздействиях, что может привести к катастрофическим деформациям и разрушению зданий. Для предотвращения этого требуются специальные мероприятия: уплотнение грунта при отсыпке, устройство дренажных систем для отвода воды из тела острова, применение свайных фундаментов, заглублённых до коренных пород.

Наводнения и ливни: как было отмечено ранее, экстремальные ливни вызывают подтопления и проблемы с электро- и газоснабжением. На острове, где все инженерные коммуникации проходят по искусственно созданной территории, необходимо предусмотреть защиту критически важных систем от затопления (резервное питание, герметичные помещения, дублирующие линии).

Последствия недоучёта экстремальных факторов

1. Катастрофическое разрушение острова. Комбинация нескольких опасных факторов (например, землетрясение, вызвавшее разжижение грунта,

с последующим штормом, размывающим основание) может привести к полной деградации острова. Потеря устойчивости основания вызовет деформации и разрушение зданий, а штормовые волны -размыв грунта и сокращение площади острова. Восстановление после такого события будет либо невозможным, либо потребует затрат, сопоставимых с первоначальным строительством.

2. Потеря жизни и материальный ущерб. Если здания на острове не рассчитаны на сейсмические воздействия 9 баллов, сильное землетрясение может привести к их обрушению с тяжёлыми последствиями для жизни людей. Учитывая, что на острове планируется размещение гостиниц и жилых комплексов на тысячи человек, ответственность за обеспечение сейсмической безопасности исключительно высока.

3. Невозможность эвакуации. В случае возникновения смерча или сильного шторма эвакуация людей с острова на материк может оказаться невозможной из-за разрыва транспортного сообщения (мост может быть повреждён, паромное сообщение -остановлено из-за волнения на море). Это требует создания на самом острове надёжных укрытий для защиты населения от экстремальных погодных явлений.

5.7 Влияние современных климатических изменений на долгосрочную устойчивость острова

Как установлено в разделе 4.7, в регионе Большого Сочи наблюдаются устойчивые тренды к повышению температуры и увеличению интенсивности осадков. По прогнозам учёных, к 2070 году Сочи по климату станет похож на Майами -то есть город будет становиться ещё более тёплым и влажным, с усилением тропических черт климата. Наиболее тревожный прогноз касается подъёма уровня Чёрного моря: по оценкам учёных, через несколько десятков лет уровень Мирового океана, а значит и Чёрного моря, может подняться «не на 10 сантиметров, а на десяток метров». [10]

Прогнозируемый подъём уровня моря: если остров будет построен с высотными отметками, соответствующими современному уровню моря (плюс небольшой запас на штормовые нагоны), через 50-70 лет, при повышении уровня на несколько метров, он может оказаться полностью или частично затоплен. Как отмечает эколог Вениамин Голубитченко, «даже если остров будет построен супер замечательно, в конце столетия он может уйти под воду». При проектировании необходимо закладывать высоту намыва острова с учётом долгосрочного прогноза подъёма уровня моря -не менее чем на 2-3 м выше современного уровня.

Изменение волнового режима: Повышение уровня моря приведёт к увеличению высоты волн при штормах, так как глубина воды в прибрежной зоне возрастёт. Это потребует корректировки параметров волнолома в сторону увеличения его высоты и массивности.

Увеличение интенсивности осадков: Прогнозируемое продолжение тренда к учащению экстремальных ливней означает, что расчётные параметры систем водоотведения, закладываемые сегодня, могут оказаться недостаточными через 20-30 лет. Рекомендуется закладывать коэффициент запаса не менее 1,5 от современных нормативных значений.

Рост температур и увеличение числа жарких дней: это потребует увеличения мощности систем кондиционирования, усиления солнцезащиты и применения более термостойких материалов. Недоучёт этого фактора может привести к тому, что здания будут эксплуатироваться в режиме постоянного перегруза инженерных систем.

Последствия недоучёта климатических изменений

1. Преждевременное затопление острова. Если при проектировании не был учтён прогнозируемый подъём уровня моря, остров может оказаться непригодным для эксплуатации уже через 30-40 лет после завершения строительства. Учитывая, что срок окупаемости проекта заявлен как 12 лет, а инвестиции превышают 1 трлн рублей, такое развитие событий приведёт к колоссальным экономическим потерям.

2. Несоответствие инженерных систем реальным нагрузкам. Если системы водоотведения, кондиционирования и берегозащиты проектировались по устаревшим климатическим нормам, через 20-30 лет они могут оказаться неспособными справляться с возросшими нагрузками. Модернизация этих систем на действующем острове будет крайне сложной и дорогостоящей.

3. Рост эксплуатационных расходов. Даже если остров не будет затоплен, увеличение температур и интенсивности осадков приведёт к росту затрат на охлаждение зданий, откачку воды, ремонт повреждённых конструкций и берегоукрепление. Эти дополнительные расходы могут существенно снизить рентабельность проекта.

5.8 Комплексный прогноз и рекомендации

На основе проведённого анализа метеорологических характеристик региона Большого Сочи и прогноза их изменений под влиянием глобального потепления, можно выделить следующие наиболее значимые климатические риски для проекта насыпного острова:

Таблица 5.1

Комплексная оценка климатических рисков для проекта «Остров Первый»

Климатический фактор	Современное значение	Прогнозируемое изменение	Степень риска	Приоритет учёта
Повышение температуры	+1,2°C за 28 лет	Рост на 3–6°C к 2070 г.	Высокая	1
Экстремальные ливни	80–104 мм/сутки	Увеличение частоты и интенсивности	Высокая	1
Подъём уровня моря	–	На десятки метров к концу века	Критическая	1
Штормовые ветры	до 32 м/с	Возможное увеличение	Высокая	2
Смерчи	1–2 случая в год	Учащение	Средняя	2
Сейсмическая активность	8–9 баллов	Без значимых изменений	Высокая	2
УФ-радиация	Высокая	Возможное увеличение	Средняя	3

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы проведён комплексный анализ климатических условий региона Большого Сочи, их нормативно-правового обеспечения, современной динамики и влияния на строительную деятельность. Особое внимание уделено проекту первого в России насыпного острова «Остров Первый» в акватории г. Сочи. На основе выполненных исследований сформулированы следующие основные выводы.

Основные рекомендации по адаптации проекта

1. Повышение отметки намыва острова. Отметка поверхности острова должна быть заложена с учётом долгосрочного прогноза подъёма уровня Чёрного моря -не менее чем на 3-5 м выше современного среднего уровня, с дополнительным запасом на штормовые нагоны и цунами.
2. Усиление гидротехнических сооружений. Волнолом должен быть рассчитан на высоту волн, соответствующую штормам с повторяемостью 1 раз в 100-200 лет, с учётом прогнозируемого увеличения глубины. Применение сквозных волногасящих конструкций позволит снизить волновую нагрузку на тело острова.
3. Закладка повышенных коэффициентов запаса. Для систем водоотведения, берегозащиты и несущих конструкций рекомендуется закладывать коэффициенты запаса не менее 1,5 от современных нормативных значений.
4. Мониторинг и адаптивное управление. Необходимо создание системы постоянного мониторинга уровня моря, температурного режима, интенсивности осадков и состояния гидротехнических сооружений для своевременной корректировки эксплуатационных режимов и проведения превентивных ремонтных работ.
5. Гибкость проектных решений. Проектные решения должны предусматривать возможность модернизации и усиления конструкций в

процессе эксплуатации с учётом изменяющихся климатических условий.

Регион Большого Сочи находится в зоне активных климатических изменений, проявляющихся в росте температур, учащении экстремальных осадков и опасных явлений. Современная нормативная база (СП 2025) предоставляет актуализированные климатические параметры, однако для проектов с длительным сроком эксплуатации, таких как насыпной остров «Остров Первый», требуется закладывать дополнительные коэффициенты запаса на прогнозируемые изменения (подъём уровня моря, увеличение интенсивности ливней, рост температур). Экологические риски проекта (нарушение гидрологического режима, утрата биоценозов, эрозия берегов) требуют обязательной оценки воздействия на окружающую среду и разработки компенсационных мероприятий. Учёт всех рассмотренных климатических факторов является необходимым условием обеспечения надёжности, безопасности и долговечности зданий и сооружений в уникальных природных условиях Черноморского побережья Кавказа.

Список использованных источников

Нормативные документы (СП, ГОСТ, СНиП)

1. СП 131.13330.2025 «Строительная климатология». - Введ. 09.09.2025: Минстрой России, 2025. - 215 с. - (Актуализированная редакция СНиП 23-01-99).
2. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». - Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85: Стандартинформ, 2016.
3. ГОСТ Р 70831-2023 «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские стационарные. Правила проектирования и строительства». - Введ. 01.10.2024: Российский институт стандартизации, 2023.
4. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». - Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: Минрегион России, 2012.
5. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений». - Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83: Минстрой России, 2016.
6. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: Роспотребнадзор, 2021.

Научные статьи и исследования

7. Ровенский М.Ю., Алексеева В.В., Кириченко К.А., Лепёшкин Д.С., Лукьянова Р.О., Товмасын М.Р. Климатические изменения на метеостанции в городе Сочи // Современные научные исследования и инновации. -2025. -№ 4.
8. Гущина Д.Ю., Костенко Е.В., Петрова М.А., Семёнов В.А., Сулейманова Д.С. Изменение характеристик осадков в летний период в Сочи на разных временных масштабах в 1980-2023 годы // Вестник Московского университета. Серия 5: География. -2024.

9. Шабалина С.Н., Москаленко Д.В. Геоэкологические основы разработки плана адаптации г. Сочи к изменениям климата для обеспечения экологической безопасности // Герценовские чтения. -2024.
10. Голубитченко В.В. Экологические риски строительства насыпного острова в акватории г. Сочи // Экология и промышленность России. - 2024.
- Официальные данные и отчёты
11. Росгидромет. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2025 год. - М., 2026.
12. ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». Обзор погодных условий на территории Краснодарского края в 2025 году. - Ростов-на-Дону, 2026.
- Источники по проекту насыпного острова
13. Корпорация «Остров Первый». Проектная декларация строительства первого в России насыпного острова в акватории г. Сочи. -Сочи, 2025.
14. Шакиров Б.К. Интервью о проекте «Остров Первый» // РБК ТВ Юг. - 2025. - 19 июля.
15. Витишко Н.В. Экспертное заключение по проекту искусственных островов в акватории г. Сочи // Совет при губернаторе Краснодарского края по развитию гражданского общества и правам человека. - 2023.
- Общие источники по климатологии и строительной физике
16. Кёппен В. Климатическая классификация Кёппена // Handbuch der Klimatologie. - Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.
- Климатические данные и метеорологические архивы
17. Time and Date AS. Climate & Weather Averages in Sochi, Russia [Электронный ресурс] - <https://www.timeanddate.com/weather/russia/sochi/climate>.
18. World Weather & Climate Information. Sochi Weather & Climate [Электронный ресурс] - <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Sochi,Ru>.

19. Meteoblue AG. Simulated historical climate & weather data for Sochi [Электронный ресурс] - https://www.meteoblue.com/ru/погода/historyclimate/climatemodelled/Сочи_Россия_491422.
20. Weather Spark. Данные о погоде 2025 в Сочи Россия [Электронный ресурс] - <https://ru.weatherspark.com/y/105672/Среднегодовая-погода-в-Сочи-Россия>.
- Дополнительная литература
21. Методические указания к курсовому проектированию для студентов группы ПС-201. - Брянск: БГТУ, 2020.
22. Ковчин О.В. К оценке влияния неблагоприятных природных факторов на строительство морских трубопроводов // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. -2022. -Т. 15, № 1. -С. 80-84.
23. Проблемы строительства сооружений в условиях экстремально низких температур // Молодой учёный. -2021. -№ 4 (346). -С. 5-8.