



ОТЧЕТ

Проект ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан)

Отчет по ОВОСС. Глава 09 – Оценка климатических рисков

Предоставлено:

Aktas Energy LLP

Подготовлено:

WSP ITALY S.r.l.

Via Antonio Banfo 43 - 10155 Turin - ITALY

+39 011 23 44 211

24685792-004-R-Rev 03

Декабрь 2025 года



Список рассылки

TotalEnergies/Aktas Energy LLP

WSP Italy

Содержание

9.0	ВВЕДЕНИЕ.....	1
9.1.1	Контекст.....	3
9.1.2	ОНВ Казахстана.....	3
9.1.3	Соответствие проекта ОНВ Казахстана.....	3
9.2	ОБЗОР МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ РИСКОВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	4
9.3	ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ РИСКОВ.....	7
9.3.1	Оценка опасных явлений.....	8
9.3.1.1	Климатический обзор Жамбылской области.....	8
9.3.1.1.1	Исторические тренды.....	8
9.3.1.1.2	Современные условия	12
9.3.1.1.3	Будущие тренды	12
9.3.1.2	Климатический обзор района проекта	17
9.3.1.3	Идентификация релевантных климатических опасностей	18
9.3.1.3.1	Опасность затопления	19
9.3.1.3.2	Опасность экстремальной жары и изменчивости температуры	19
9.3.1.3.3	Опасность экстремального холода.....	20
9.3.1.3.4	Опасность засухи.....	20
9.3.1.3.5	Опасность дефицита водных ресурсов	21
9.3.1.3.6	Опасность сильных штормов	21
9.3.1.3.7	Опасность экстремальных осадков и изменчивости осадков	21
9.3.1.3.8	Опасность лесных пожаров	21
9.3.1.3.9	Опасность града	22
9.3.1.3.10	Опасность сильного ветра	22
9.3.1.4	Оценка подверженности	22
9.3.1.5	Входные данные по опасностям	24
9.3.1.6	Характеристика опасностей	25
9.3.1.6.1	Опасность затопления	28
9.3.1.6.2	Опасность экстремальной жары	28
9.3.1.6.3	Опасность изменчивости температуры	29

9.3.1.6.4	Опасность экстремального холода.....	30
9.3.1.6.5	Опасность засухи.....	31
9.3.1.6.6	Опасность дефицита водных ресурсов	32
9.3.1.6.7	Опасность сильных штормов	33
9.3.1.6.8	Опасность экстремальных осадков	34
9.3.1.6.9	Изменчивость осадков	35
9.3.1.6.10	Опасность лесных пожаров	36
9.3.1.6.11	Опасность града	37
9.3.1.6.12	Опасность сильного ветра	38
9.3.2	Оценка чувствительности, адаптационного потенциала и уязвимости	39
9.3.2.1	Чувствительность	39
9.3.2.1.1	Чувствительность к затоплению	40
9.3.2.1.2	Чувствительность к экстремальной жаре	41
9.3.2.1.3	Чувствительность к изменчивости температуры	41
9.3.2.1.4	Чувствительность к экстремальному холоду	42
9.3.2.1.5	Чувствительность к засухе.....	42
9.3.2.1.6	Чувствительность к дефициту водных ресурсов	43
9.3.2.1.7	Чувствительность к сильным штормам	43
9.3.2.1.8	Чувствительность к экстремальным осадкам	44
9.3.2.1.9	Чувствительность к изменчивости осадков	45
9.3.2.1.10	Чувствительность к лесным пожарам	45
9.3.2.1.11	Чувствительность к граду	46
9.3.2.1.12	Чувствительность к сильному ветру	47
9.3.2.2	Адаптационный потенциал	47
9.3.2.2.1	Адаптационный потенциал к затоплению	49
9.3.2.2.2	Адаптационный потенциал к экстремальной жаре и изменчивости температуры	50
9.3.2.2.3	Адаптационный потенциал к экстремальному холоду	51
9.3.2.2.4	Адаптационный потенциал к засухе и дефициту водных ресурсов	52
9.3.2.2.5	Адаптационный потенциал к сильным штормам	53
9.3.2.2.6	Адаптационный потенциал к экстремальным осадкам и изменчивости осадков	54
9.3.2.2.7	Адаптационный потенциал к лесным пожарам	55

9.3.2.2.8	Адаптационный потенциал к граду	56
9.3.2.2.9	Адаптационный потенциал к сильным ветрам	57
9.3.2.3	Уязвимость	58
9.3.3	Оценка физических рисков	59
9.3.3.1	Оценка рисков для проекта в целом	59
9.3.3.1.1	Риск затопления	61
9.3.3.1.2	Риск экстремальной жары	61
9.3.3.1.3	Изменчивость температуры	62
9.3.3.1.4	Риск экстремального холода	62
9.3.3.1.5	Риск засухи	63
9.3.3.1.6	Риск сильных штормов	63
9.3.3.1.7	Риск экстремальных осадков	64
9.3.3.1.8	Риск лесных пожаров	64
9.3.3.1.9	Риск града	65
9.3.3.1.10	Риск сильного ветра	65
9.3.3.2	Оценка рисков для компонентов проекта	66
9.3.3.2.1	Риск затопления	66
9.3.3.2.2	Риск экстремальной жары	66
9.3.3.2.3	Изменчивость температуры	67
9.3.3.2.4	Риск экстремального холода	67
9.3.3.2.5	Риск засухи	68
9.3.3.2.6	Риск сильных штормов	68
9.3.3.2.7	Риск экстремальных осадков	69
9.3.3.2.8	Риск лесных пожаров	69
9.3.3.2.9	Риск града	70
9.3.3.2.10	Риск сильного ветра	70
9.3.4	Мероприятия по снижению рисков и выводы.....	70

Перечень таблиц

Таблица 1: Оценка подверженности	22
Таблица 2: Обзор всех показателей, представленных для характеристики опасности экстремальной жары.....	24
Таблица 3: Наиболее репрезентативные показатели, выбранные для характеристики каждой опасности.....	27

Таблица 4: Опасность экстремальной жары, представленная количеством дней в году с температурой $> 38^{\circ}\text{C}$	29
Таблица 5: Опасность экстремального холода, представленная количеством дней в году с температурой $< -10^{\circ}\text{C}$	31
Таблица 6: Опасность засухи, представленная количеством месяцев в году, когда скользящее 6-месячное среднее значение стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации ниже -2.....	32
Таблица 7: Опасность сильных штормов, представленная количеством дней в году, когда условия окружающей среды благоприятствуют образованию сильных гроз.....	34
Таблица 8: Опасность экстремальных осадков, представленная максимальным суточным количеством осадков в водном эквиваленте (в мм) при периоде повторяемости 100 лет.....	35
Таблица 9: Опасность лесных пожаров, представленная годовой вероятностью возникновения пожара.....	37
Таблица 10: Опасность града, представленная количеством дней в году, когда возможен крупный град (>2 дюйма / 5 см в диаметре)	38
Таблица 11: Опасность сильного ветра, представленная максимальной устойчивой скоростью ветра за 1 минуту (в км/ч) при однопроцентной обеспеченности.....	39
Таблица 12: Оценка уязвимости.....	58

Перечень рисунков

Рисунок 1: Рабочий процесс оценки риска для конкретной опасности "h", воздействию которой подвергается Проект, показывающий, как различные факторы риска комбинируются в ходе анализа.....	6
Рисунок 2: Район исследования ОКР и план проекта с акцентом на компоненты проекта, включенные в ОКР.....	7
Рисунок 3: Средняя температура (данные за период 1950–2020 гг.)	8
Рисунок 4: Средняя максимальная температура (данные за период 1950–2020 гг.)	9
Рисунок 5: Средняя минимальная температура (данные за период 1950–2020 гг.).....	9
Рисунок 6: Абсолютный минимум суточных минимальных температур (данные за период 1950–2020 гг.).....	10
Рисунок 7: Абсолютный максимум суточных максимальных температур (данные за период 1950–2020 гг.).....	10
Рисунок 8: Совокупное количество осадков (данные за период 1950–2020 гг.)	11
Рисунок 9: Среднее максимальное количество осадков за 1 день в каждом месяце (данные за период 1950–2020 гг.)	11
Рисунок 10: Средняя температура (данные за период 2014–2100 гг.)	13
Рисунок 11: Средняя максимальная температура (данные за период 2014–2100 гг.)	14
Рисунок 12: Средняя минимальная температура (данные за период 2014–2100 гг.)	15
Рисунок 13: Абсолютный минимум суточных минимальных температур (данные за период 2014–2100 гг.).....	16
Рисунок 14: Абсолютный максимум суточных максимальных температур (данные за период 2014–2100 гг.).....	16
Рисунок 15: Совокупное количество осадков (данные за период 2014–2100 гг.)	17
Рисунок 16: Среднее максимальное количество осадков за 1 день в каждом месяце за агрегированный период данных (2014–2100 гг.)	17
Рисунок 17: Критерии классификации для показателей опасности экстремальной жары.....	25

Рисунок 18: Местоположение репрезентативной точки в пределах плана проекта.....	26
Рисунок 19: Опасность затопления, представленная глубиной воды (в метрах) при однопроцентной обеспеченности.....	28
Рисунок 20: Опасность экстремальной жары, представленная количеством дней в году с температурой > 38 °C.....	29
Рисунок 21: Опасность изменчивости температуры, представленная средней температурой поверхности.....	30
Рисунок 22: Опасность экстремального холода, представленная количеством дней в году с температурой < -10 °C.....	31
Рисунок 23: Опасность засухи, представленная количеством месяцев в году, когда скользящее 6-месячное среднее значение стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации ниже -2.....	32
Рисунок 24: Опасность дефицита водных ресурсов, представленная общим дефицитом воды: потребность человека в воде / доступность воды для местных и вышерасположенных водосборных бассейнов.....	33
Рисунок 25: Опасность сильных штормов, представленная количеством дней в году, когда условия окружающей среды благоприятствуют образованию сильных гроз.....	34
Рисунок 26: Опасность экстремальных осадков, представленная максимальным суточным количеством осадков в водном эквиваленте (в мм) при однопроцентной обеспеченности.....	35
Рисунок 27: Опасность изменчивости осадков, представленная годовым количеством осадков.....	36
Рисунок 28: Опасность лесных пожаров, представленная годовой вероятностью возникновения пожара.....	37
Рисунок 29: Опасность града, представленная количеством дней в году, когда возможен крупный град (>2 дюйма / 5 см в диаметре)	38
Рисунок 30: Опасность сильного ветра, представленная максимальной устойчивой скоростью ветра за 1 минуту (в км/ч) при однопроцентной обеспеченности.....	39
Рисунок 31: Матрица уязвимости.....	58
Рисунок 32: Матрица рисков.....	59
Рисунок 33: Результаты ОКР для оптимистичного сценария (SSP1-2.6)	60
Рисунок 34: Результаты ОКР для промежуточного сценария (SSP2-4.5)	60
Рисунок 35: Результаты ОКР для пессимистичного сценария (SSP5-8.5)	61
Рисунок 36: Риск затопления для проекта в целом.....	61
Рисунок 37: Риск экстремальной жары для проекта в целом.....	62
Рисунок 38: Риск изменчивости температуры для проекта в целом.....	62
Рисунок 39: Риск экстремального холода для проекта в целом.....	63
Рисунок 40: Риск засухи для проекта в целом.....	63
Рисунок 41: Риск сильных штормов для проекта в целом.....	64
Рисунок 42: Риск экстремальных осадков для проекта в целом.....	64
Рисунок 43: Риск лесных пожаров для проекта в целом.....	65
Рисунок 44: Риск града для проекта в целом.....	65
Рисунок 45: Риск сильного ветра для проекта в целом.....	66

9.0 ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата — это сложная и многогранная проблема, чреватая серьезными последствиями как для экологии, так и для социально-экономической сферы. Оно способно создавать угрозы даже для национальной безопасности. Преодоление последствий климатических изменений стало одним из ключевых вызовов современности, от решения которого зависит жизнь будущих поколений.

В контексте этих вызовов особое внимание привлекает недавний пересмотр и выпуск четвертой редакции [Принципов Экватора IV \(ПЭ\)](#)¹. Эти принципы представляют собой основу для управления рисками, которую используют финансовые учреждения. Их цель — выявлять, оценивать и контролировать экологические и социальные риски проектов, создавая, в первую очередь, минимальный общий стандарт для комплексной проверки и мониторинга. Это служит поддержкой для ответственного принятия риск-ориентированных решений. Согласно ПЭ4, проекты, финансируемые учреждениями, следующими этим принципам (EPFI), классифицируются в зависимости от их потенциального экологического и социального воздействия и связанных с ними рисков для финансирования. Так, проекты с наивысшим уровнем риска относятся к категории А, а проекты с минимальными рисками — к категории С.

В соответствии с Принципами Экватора (ПЭ4) проведение Оценки климатических рисков (ОКР) является обязательным в следующих случаях:

- Для проектов Категории А и, при необходимости, Категории В. При оценке таких проектов требуется рассмотреть соответствующие климатические «Физические риски» в определении [Рабочей группы по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата \(TCFD\)](#)².
- Для всех проектов во всех регионах, если их совокупные прямые и косвенные выбросы (по сферам охвата 1 и 2), согласно прогнозам, превышают 100 000 тонн CO₂-эквивалента в год. Для этих проектов ОКР должна включать рассмотрение климатических «Рисков переходного периода». Также в рамках ОКР необходимо провести полный анализ альтернатив, оценив варианты проекта с более низкой интенсивностью выбросов парниковых газов (ПГ).

[Руководящая записка Принципов Экватора по оценке климатических рисков](#)³ предлагает использовать для ОКР двухфазный подход, который состоит из следующих компонентов:

- 1) Предварительный обзор соответствия проекта климатическим обязательствам страны размещения НСС). При необходимости в обзор включаются определяемые на национальном уровне вклады (ОНВ), LTS и цели Парижского соглашения. По итогам этого обзора проект классифицируется как «Совместимый», «Условно совместимый» или «Несовместимый» с данными обязательствами.
- 2) Повышение устойчивости проекта к физическим и/или климатическим рискам переходного периода (в соответствии с категориями TCFD). Это достигается с помощью поэтапного процесса ОКР, включающего в себя этапы скрининга/определения границ оценки, собственно оценки рисков и разработки мер по управлению ими.

Учитывая, что данный проект классифицирован как Категория А, требуется проведение оценки физических климатических рисков. Инвентаризация выбросов парниковых газов (ПГ) будет выполнена на втором этапе, когда станет доступна вся необходимая информация для корректного количественного определения совокупных воздействий по сферам охвата 1 и 2.

Согласно рекомендациям Рабочей группы по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата (TCFD), *физические риски, являющиеся следствием изменения климата, могут быть связаны как с отдельными событиями (острые риски), так и с долгосрочными изменениями климатических моделей (хронические риски).*

К **острым физическим климатическим рискам** относится, например, рост интенсивности и частоты таких явлений, как засухи, штормы, наводнения и лесные пожары. **Хронические физические риски** могут проявляться в виде повышения уровня моря или долгосрочного роста температуры. В целом, климатические физические риски способны приводить к широкому спектру последствий:

¹ Ассоциация Принципов Экватора, 2020 ([The Equator Principles EP4 July2020 \(equator-principles.com\)](#)).

² См. Рекомендации Рабочей группы по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата, июнь 2017 г.

³ Руководящая записка Принципов Экватора IV по оценке рисков изменения климата (май 2023 г.) является документом, способствующим пониманию и реализации требований по оценке рисков изменения климата.

- Прямой ущерб активам из-за экстремальных погодных явлений (например, засухи, штормы) или повышения уровня моря.
- Изменение доступности, источников и качества водных ресурсов, что часто влечет за собой социальные последствия.
- Сбои в операционной деятельности и логистике (транспортировка товаров и поставок), а также воздействие на безопасность сотрудников и местных сообществ.

9.1 СООТВЕТСТВИЕ НАЦИОНАЛЬНЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ ОБЯЗАТЕЛЬСТВАМ (ОНВ)

9.1.1 Контекст

Начиная с 2015 года страны-участницы Парижского соглашения⁴ обязаны разрабатывать и представлять национальные планы действий в области климата, известные как определяемые на национальном уровне вклады (ОНВ).

ОНВ, представляемые в рамках Парижского соглашения, служат основным инструментом, через который государства публично декларируют свои добровольные цели. Эти цели включают установление долгосрочных ориентиров по декарбонизации для сдерживания глобального потепления в пределах 1,5 °C, а также меры по повышению климатической устойчивости. Каждая страна, ратифицировавшая Соглашение, обязана предоставлять обновленный ОНВ секретариату Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) каждые пять лет. Каждое новое представление должно демонстрировать прогресс по сравнению с предыдущим вкладом и отражать высший уровень национальных амбиций на данный момент. ОНВ содержат конкретные цели, меры и направления политики, формируя основу для национальных климатических планов, программ и стратегий.

В соответствии с Приложением А ПЭ4, оценка климатических рисков (ОКР) должна «учитывать» «соответствие» проекта ОНВ страны размещения.

9.1.2 ОНВ Казахстана

Казахстан ратифицировал Парижское соглашение в ноябре 2016 года. В рамках своего определяемого на национальном уровне вклада (ОНВ) страна взяла на себя обязательство сократить к 2030 году общеэкономические выбросы парниковых газов (ПГ) на 15% по сравнению с уровнем 1990 года. Республика Казахстан стремится достичь углеродной нейтральности к 2060 году, что соответствует цели ускоренного достижения глобального пика выбросов парниковых газов в первой половине XXI века. Данное обязательство также учитывает ограничения, вытекающие из принципов справедливости, устойчивого развития и борьбы с бедностью.

Пересмотренный ОНВ Казахстан представил в июне 2023 года. Его ключевые положения включают следующее:

- Обязательство сократить выбросы на 25% к 2030 году по сравнению с уровнем 1990 года при условии международной поддержки.
- Установленную цель по сокращению выбросов на 15% к 2030 году по сравнению с базовым 1990 годом.
- Впервые включенный в ОНВ адаптационный компонент, который фокусируется на сельском хозяйстве, водных ресурсах, лесном хозяйстве и управлении рисками стихийных бедствий.
- Планы по распространению адаптационных мер на другие уязвимые к изменению климата сектора, такие как здравоохранение и инфраструктура.

Для достижения целей ОНВ Республике Казахстан потребуется внедрить новые и существенно усилить действующие механизмы ценообразования на углерод, учитывая двойную зависимость экономики от ископаемого топлива (угля и нефти). Также необходимо будет увеличить долю возобновляемых источников энергии (солнечной и ветровой) в производстве электроэнергии и задействовать ранее неиспользуемые мощности для повышения маневренности энергосистемы.

9.1.3 Соответствие проекта ОНВ Казахстана

Ветровая электростанция, создаваемая в партнерстве с Фондом национального благосостояния «Самрук-Қазына» и Национальной компанией «КазМунайГаз», сможет обеспечить экологически чистой электроэнергией около одного миллиона человек, внося вклад в декарбонизацию национальной энергосистемы.

⁴ Парижское соглашение – это юридически обязывающий международный договор об изменении климата. Оно было принято 196 Сторонами на Конференции ООН по изменению климата (COP21) в Париже, Франция, 12 декабря 2015 года. Вступило в силу 04.11.2016.

Проект ВЭС Мирный будет использовать энергию ветров, дующих над полусухими территориями региона, со среднегодовой скоростью 8,9 метра в секунду, преобразуя ее в низкоуглеродную электроэнергию. Общая мощность ВЭС составит один гигаватт (ГВт). 150 ветротурбин будут объединены с системой накопления энергии (СНЭ) емкостью 600 мегаватт-часов (МВт·ч), что обеспечит надежное и устойчивое энергоснабжение.

В соответствии с 25-летним Соглашением о покупке электроэнергии (PPA), подписанным в июне 2023 года, вся электроэнергия, производимая проектом «Мирный», будет продаваться Центру финансовых расчетов по возобновляемым источникам энергии — государственному учреждению при Правительстве Казахстана — для дальнейших поставок в национальную энергосистему. Объекты «Мирный» будут ежегодно поставлять около 4 ТВт·ч возобновляемой электроэнергии. Этот объем покрывает потребности примерно одного миллиона человек, что составляет около 4% от общего производства электроэнергии в стране. По оценкам, проект позволит избежать около 3,5 миллионов тонн выбросов CO₂ ежегодно.

ВЭС «Мирный» станет крупнейшим проектом ветроэнергетики в истории Казахстана. Его реализация сопряжена со значительными техническими сложностями, обусловленными масштабами (проект почти в десять раз превышает по мощности крупнейшую солнечную электростанцию страны), экстремальными погодными условиями региона (годовой перепад температур достигает 70 °C), а также удаленностью от существующей электросети, что потребует строительства более 200 километров линий электропередачи. Начало строительства запланировано на осень 2025 года, а выход на проектную мощность и подача первой электроэнергии в сеть ожидается в 2028 году.

Как заявленные цели проекта, так и ожидаемые результаты полностью соответствуют определяемому на национальном уровне вкладу (ОНВ) Казахстана. Реализация ВЭС «Мирный» будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) и смягчению последствий изменения климата, помогая стране продвигаться по пути развития и повышения устойчивости.

9.2 ОБЗОР МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ РИСКОВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В соответствии со стандартом [ISO 14091 "Адаптация к изменению климата – Руководящие указания по оценке уязвимостей, воздействия и риска"](#)⁵, цели оценки климатических рисков (ОКР) определяются конкретными информационными потребностями клиента и проблемами, вызванными изменением климата. К этим целям могут относиться:

- Повышение осведомленности: ОКР способствует лучшему пониманию и информированности о последствиях изменения климата.
- Выявление и ранжирование рисков: На чувствительность, уязвимость и адаптационный потенциал системы влияет множество факторов. ОКР анализирует эти факторы, помогая клиенту определить приоритетность рисков для их последующего устранения.
- Определение точек приложения для адаптационных мер: Как результаты, так и сам процесс проведения ОКР помогают выявить возможные адаптационные решения и показать, где требуются безотлагательные действия.
- Отслеживание динамики рисков, мониторинг и оценка адаптации: Повторное проведение ОКР позволяет отслеживать изменения в рисках с течением времени и оценивать эффективность реализованных адаптационных мер.

В данном разделе представлен обзор методологии ОКР для оценки физических рисков и ее применение к рассматриваемому проекту. В результате оценки будут определены физические риски, способные повлиять на проект в течение его жизненного цикла, а также предложен ряд адаптационных мер для их смягчения, которые Заказчик может рассмотреть и реализовать.

Методология ОКР была разработана компанией WSP на основе существующих подходов к оценке климатических рисков и уязвимости в рамках стратегий адаптации.

⁵ Международный стандарт ISO 14091 содержит руководящие принципы для оценки рисков, связанных с потенциальными воздействиями изменения климата. В нем описывается, как следует понимать уязвимость, а также как разрабатывать и осуществлять надлежащую оценку рисков в контексте изменения климата.

В качестве основы для выявления факторов риска использовались рекомендации и методологии [Руководящей записки Принципов Экватора по оценке климатических рисков](#), стандарта [ISO 14091](#), а также материалы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)⁶ и [Группы Всемирного банка](#)⁷. Эти подходы рассматривают различные составляющие риска, которые определяются следующим образом:

- **Климатическая опасность:** Возможное событие, связанное с климатом, природного или антропогенного характера (например, наводнение, лесной пожар, экстремальная жара), которое может произойти в районе реализации проекта. Изменение климата влияет на интенсивность подобных явлений и вероятность их возникновения с течением времени.
- **Подверженность:** Вероятность того, что проект на данной площадке испытает негативное воздействие от определенной опасности. Это обусловлено наличием конкретных услуг, ресурсов, инфраструктуры, персонала и других внутренних элементов проекта, которые оказываются в зоне воздействия. В зависимости от своей природы и характеристик, проект может быть подвержен или не подвержен той или иной опасности. Таким образом, подверженность указывает, может ли проект в принципе быть затронут.
- **Чувствительность:** Степень, в которой элементы проекта подвержены влиянию конкретной опасности. Чувствительность показывает, насколько сильно проект, будучи подверженным опасности, может пострадать.
- **Адаптационный потенциал:** Способность проекта приспосабливаться к климатическим опасностям, смягчать потенциальный ущерб, использовать открывающиеся возможности или реагировать на последствия.
- **Уязвимость:** Величина потенциального ущерба и последствий от климатических опасностей для элементов проекта. Уязвимость является результатом сочетания Чувствительности и Адаптационного потенциала.
- **Риск:** Результат сочетания вероятности (или интенсивности) возникновения Опасности в определенный момент времени и степени Уязвимости проекта.

Данная методология оценивает все климатические опасности независимо друг от друга — как в настоящем, так и в будущем. Для этого используются прогнозные данные, охватывающие весь век, с фокусом на конкретные временные периоды (ближайшее, среднее и отдаленное будущее), соответствующие жизненному циклу проекта. Оценка проводится в соответствии с несколькими сценариями будущих выбросов углерода. Для каждой конкретной опасности компонентам риска присваивается качественный класс (например, «высокий», «средний», «низкий»), которые затем комбинируются с помощью качественных матриц. В результате для каждой анализируемой климатической опасности определяется итоговый класс риска: «низкий», «средний», «высокий» или «экстремальный». На следующем рисунке показан процесс оценки риска на примере конкретной опасности «h», воздействию которой подвергается проект.

⁶ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) является органом Организации Объединенных Наций для оценки науки, связанной с изменением климата.

⁷ Группа Всемирного банка (ГВБ) представляет собой объединение из пяти международных организаций, которые предоставляют займы с кредитным плечом развивающимся странам.

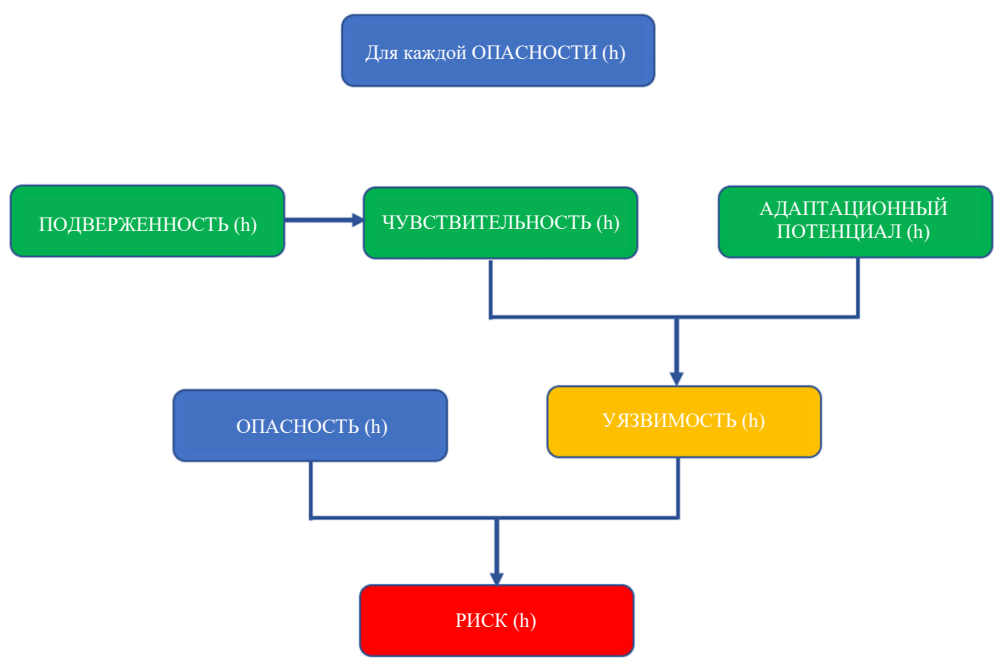


Рисунок 1: Рабочий процесс оценки риска для конкретной опасности "h", воздействию которой подвергается Проект, показывающий, как различные факторы риска комбинируются в ходе анализа

9.3 ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ РИСКОВ

Данная оценка климатических рисков (ОКР) направлена на выявление наиболее существенных и критических рисков, связанных с климатическими событиями в настоящем и будущем, которые могут повлиять на реализацию проекта. В фокусе оценки находятся следующие ключевые компоненты проекта:

- 150 ветротурбин (ВТГ) общей установленной мощностью 1 ГВт, включая их фундаменты.
- Система накопления энергии (СНЭ) мощностью 300/600 МВт·ч, эксплуатацию которой будет осуществлять Казахстанская компания по управлению электрическими сетями (KEGOC).
- Повышающие подстанции: Северная подстанция «Мирный» и Южная подстанция «Мирный» напряжением 500 кВ/35 кВ.
- Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП).
- Подъездные дороги.
- Подземные кабели.

Настоящее исследование сосредоточено на потенциальных воздействиях и сопутствующих рисках, вызванных экстремальными погодными и климатическими явлениями, которые могут произойти на площадке проекта. Схема площадки с выделением компонентов, рассматриваемых в ОКР, представлена на Рисунке 2 (подземные кабели не показаны).

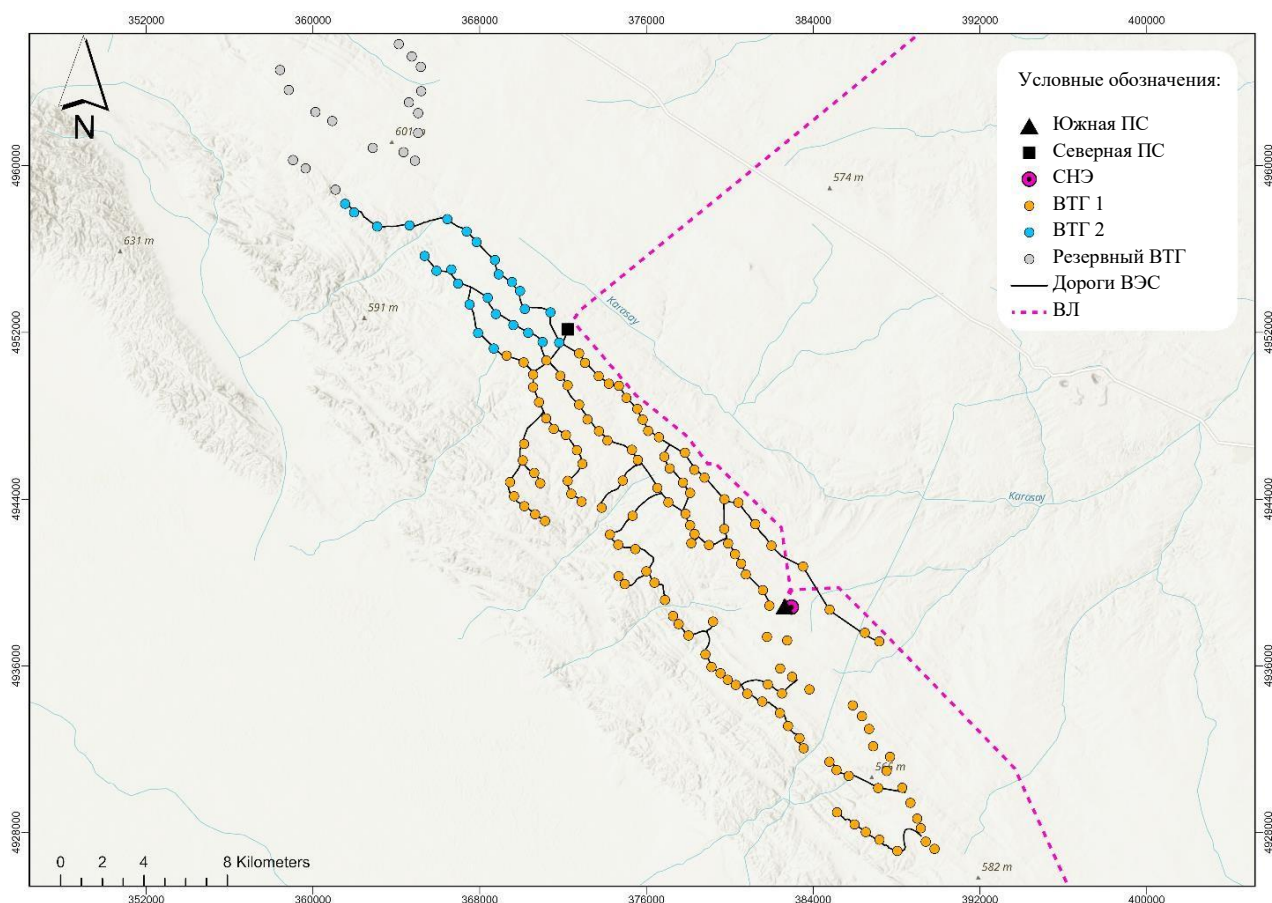


Рисунок 2: Район исследования ОКР и план проекта с акцентом на компоненты проекта, включенные в ОКР

9.3.1 Оценка опасных явлений

9.3.1.1 Климатический обзор Жамбылской области

9.3.1.1.1 Исторические тренды

Для анализа исторических климатических тенденций были использованы данные системы реанализа ERA5 (European ReAnalysis version5). Эта система предоставляет почасовые оценки широкого спектра атмосферных, наземных и океанических климатических переменных. Данные охватывают всю Землю на сетке с разрешением 30 км и описывают состояние атмосферы с использованием 137 уровней от поверхности до высоты 80 км. Для переменных с низким пространственным и временным разрешением также предоставляется информация об уровне неопределенности. Качественно проверенные ежемесячные массивы данных ERA5 (за период с 1950 по 2020 год) выпускаются с задержкой в 3 месяца. Предварительные ежедневные обновления наборов данных становятся доступны пользователям в режиме, близком к реальному времени, в течение 5 дней.

На протяжении исторического референтного периода температуры демонстрируют общий устойчивый рост, в то время как годовые суммы осадков показывают значительную изменчивость без выраженного устойчивого тренда.

Средняя температура приземного слоя атмосферы

Среднегодовая температура приземного слоя атмосферы на территории Жамбылской области показывает устойчивый рост на протяжении всего исторического референтного периода. Так, пятилетнее скользящее среднее возросло с примерно 8,5 °C в 1950 году до примерно 11 °C в 2020 году.



Рисунок 3: Средняя температура (данные за период 1950–2020 гг.)

Средняя максимальная температура приземного слоя атмосферы

Среднегодовая максимальная температура приземного воздуха в Жамбылской области устойчиво росла на протяжении всего рассматриваемого исторического периода. Пятилетнее скользящее среднее значение этого показателя увеличилось примерно с 13,5 °C в 1950 году до 16,5 °C в 2020 году.

Средняя максимальная температура приземного слоя атмосферы

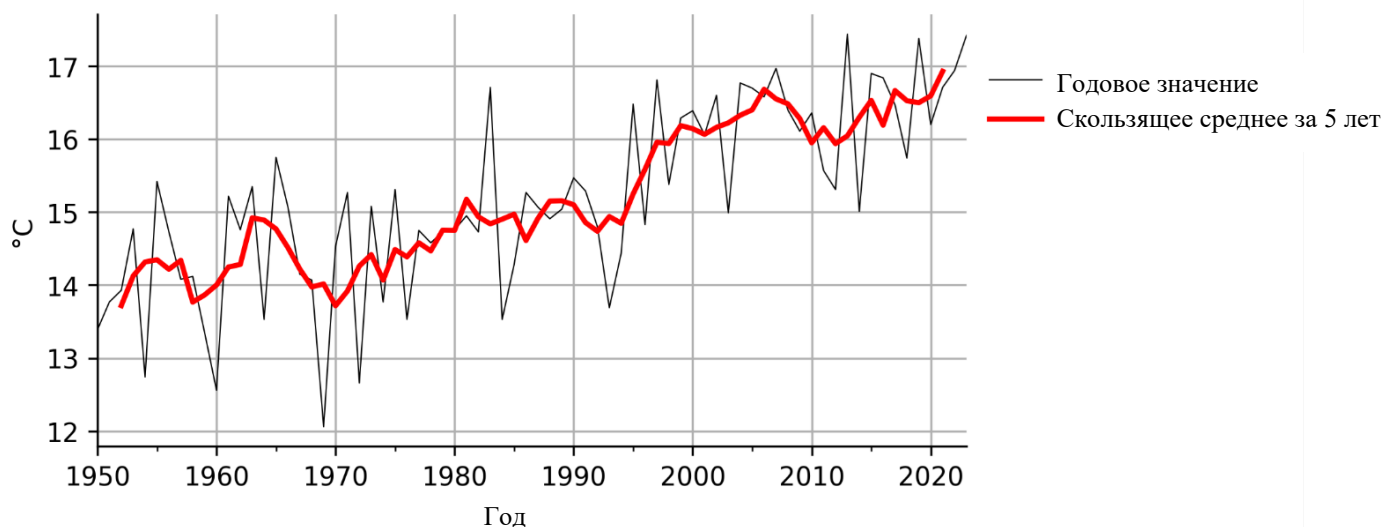


Рисунок 4: Средняя максимальная температура (данные за период 1950–2020 гг.)

Средняя минимальная температура приземного слоя атмосферы

Среднегодовая минимальная температура приземного воздуха в Жамбылской области демонстрирует устойчивую тенденцию к повышению в течение всего исторического периода наблюдений. Пятилетнее скользящее среднее значение выросло примерно с 2,5 °C в 1950 году до почти 5 °C в 2020 году.

Средняя минимальная температура приземного слоя атмосферы

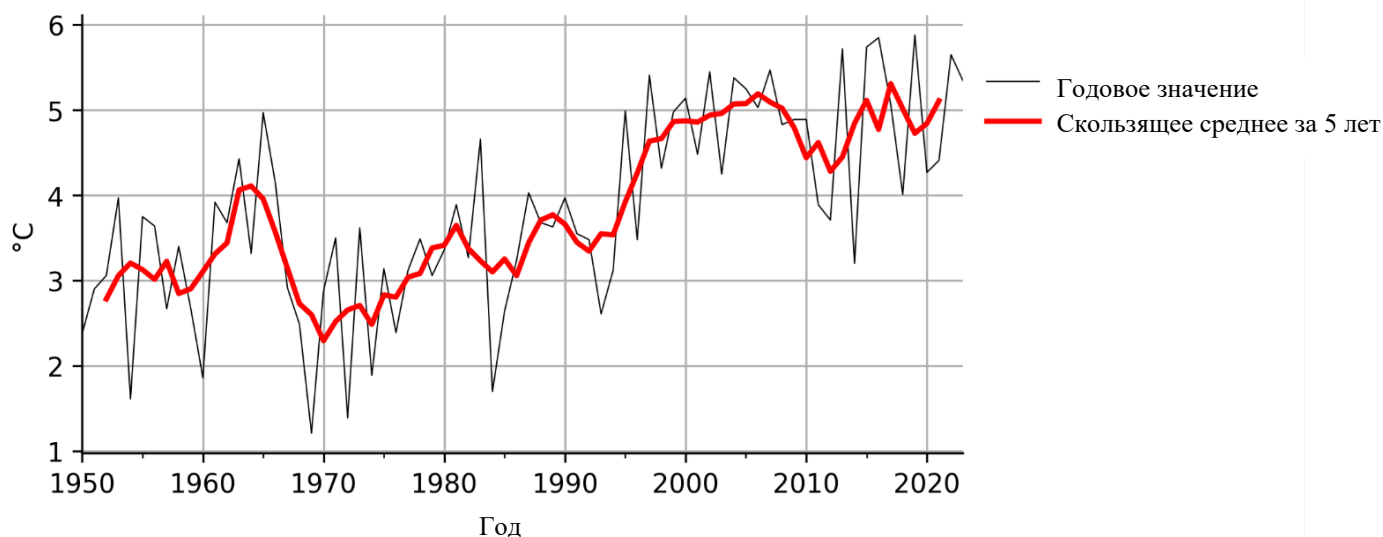


Рисунок 5: Средняя минимальная температура (данные за период 1950–2020 гг.)

Минимум суточных минимальных температур

Годовой минимум суточных минимальных температур приземного воздуха в Жамбылской области также последовательно повышается на всем протяжении исторического периода наблюдений. Пятилетнее скользящее среднее этой величины возросло примерно с -28 °C в 1950 году до примерно -22 °C в 2020 году.



Рисунок 6: Абсолютный минимум суточных минимальных температур (данные за период 1950–2020 гг.)

Максимум суточных максимальных температур

Годовой максимум суточных максимальных температур приземного воздуха в Жамбылской области также демонстрирует устойчивый рост в течение всего рассматриваемого периода. Пятилетнее скользящее среднее этого показателя увеличилось примерно с 38 °C в 1950 году до около 40 °C в 2020 году.



Рисунок 7: Абсолютный максимум суточных максимальных температур (данные за период 1950–2020 гг.)

Годовое количество осадков

Совокупное годовое количество осадков на территории Жамбылской области характеризуется значительной изменчивостью на протяжении всего исторического периода наблюдений.

Однако анализ пятилетнего скользящего среднего за весь период наблюдений не выявляет значимого тренда. Например, сравнивая значения около 300 мм в 1950 году и 330 мм в 2020 году со всеми остальными зафиксированными показателями, устойчивой тенденции к увеличению или уменьшению годовых осадков установить не удастся.



Рисунок 8: Совокупное количество осадков (данные за период 1950–2020 гг.)

Среднее максимальное суточное количество осадков

Среднее максимальное суточное количество осадков в Жамбылской области отличается значительной изменчивостью на протяжении всего исторического периода наблюдений. При этом анализ пятилетнего скользящего среднего не показывает выраженного долгосрочного тренда: показатель колеблется около отметки 15 мм, составляя немногим менее этой величины в 1950 году и немногим более — в 2020 году, что находится в пределах общей многолетней изменчивости.



Рисунок 9: Среднее максимальное количество осадков за 1 день в каждом месяце (данные за период 1950–2020 гг.)

9.3.1.1.2 Современные условия

Современные климатические условия оценены на основе данных, представленных в Главе 04 отчета OCCOCC — «Исходные условия. Физическая окружающая среда» (ссылка: **24685792-002-R-Rev 1_ESBS**). Для климата Жамбылской области характерны выраженная засушливость и резкая континентальность, что объясняется ее внутриматериковым положением, удаленностью от океанов, особенностями атмосферной циркуляции (способствующими частой ясной или малооблачной погодой), а также южным расположением, обеспечивающим значительный приток солнечной радиации. Значительную часть территории области занимают пустыни (Бетпак-Дала и Мойынкум), и лишь ее юго-западные, южные и юго-восточные окраины заняты горными системами (хребты Каратау, Киргизский Алатау и Чу-Илийские низкогорья). Такие контрасты в рельефе вносят большое разнообразие в региональный климат. Континентальность проявляется в резких суточных и сезонных перепадах температур, а также в быстрой смене зимнего сезона летним. В южной, горной части области климатическая континентальность смягчена: зимы здесь менее суровы, а количество осадков заметно выше.

Особенно засушливы пустынные равнины в северной и центральной частях области. Лето здесь исключительно жаркое: средние температуры июля колеблются от 21 до 25 °C, а в отдельные дни воздух может прогреваться до 45–48 °C (абсолютный максимум). При этом зима оказывается суровее, чем можно было бы ожидать на этой широте. Самый холодный месяц — январь. Средняя температура в это время составляет от -8 до -12 °C на севере и от -4 до -7 °C на юге области. Зимние вторжения арктического воздуха на юг вызывают сильные морозы, достигающие -45–50 °C (абсолютный минимум).

Период со среднесуточной температурой воздуха выше 0 °C достаточно продолжителен. На севере области он длится 240–250 дней, а в центральных районах — 260–270 дней.

По всей области осадков выпадает мало, особенно на равнинах (140–220 мм в год). Минимальное количество — около 135 мм в год — отмечается на северо-востоке, вблизи побережья озера Балхаш. В предгорьях годовая сумма осадков увеличивается до 210–330 мм, а в горах Киргизского Алатау достигает 400–500 мм. Распределение осадков по сезонам крайне неравномерное: их большая часть приходится на зимне-весенний период.

На большей части территории преобладают восточные и северо-восточные ветры, и только на крайнем юге чаще наблюдаются южные и юго-восточные. Их средняя скорость составляет 2,5–3,5 м/с. В горных районах режим ветров формируется под влиянием местных условий (фены, горно-долинные ветры и др.).

9.3.1.1.3 Будущие тренды

Прогнозы будущего климата на период с 2014 по 2100 год были получены из базы данных проекта сравнения сопряженных моделей шестой фазы (CMIP6). Этот проект реализуется Рабочей группой по сопряженному моделированию (WGCM) в рамках Всемирной программы исследования климата (WCRP), которая с 1995 года координирует глобальные эксперименты по климатическому моделированию, проводимые различными научными центрами (например, для Италии — Евро-Средиземноморским центром по изменению климата, CMCC). Координация заключается в определении общих протоколов и исходных условий (драйверов) для всех участвующих моделей. Данные предоставляются на сетке с разрешением 100×100 км и охватывают ряд социально-экономических сценариев (SSP), отражающих различные возможные траектории будущих выбросов парниковых газов.

В качестве основы для анализа были использованы многомодельные ансамбли данных по следующим сценариям:

- SSP1-2.6 (оптимистичный сценарий): Предполагает резкое сокращение глобальных выбросов CO₂, достижение нулевого баланса после 2050 года за счет перехода общества к экологической и социальной устойчивости. По этому пути ожидается стабилизация глобальной температуры на уровне около +1,8 °C к концу столетия.
- SSP2-4.5 (промежуточный сценарий): Предполагает, что выбросы CO₂ останутся примерно на текущем уровне до середины века, после чего начнут снижаться, но не достигнут нуля к 2100 году. Социально-экономическое развитие в целом следует историческим тенденциям без кардинальных изменений.

Прогресс в области устойчивого развития идет медленно, а экономический рост и доходы распределяются неравномерно. В рамках этого пути к концу века ожидается повышение глобальной температуры на 2,7 °C.

- **SSP5-8.5 (пессимистичный сценарий):** Предполагает сохранение зависимой от ископаемого топлива и энергоемкой модели развития, что ведет к быстрому росту мировой экономики и примерно удвоению текущих уровней выбросов CO₂ к 2050 году. К 2100 году глобальная средняя температура может повыситься до 4,4 °C.

Что касается прогнозируемых изменений, то динамика температур демонстрирует общий рост, примерно одинаковый для всех сценариев примерно до середины века. Во второй половине столетия траектории расходятся: при пессимистичном сценарии (SSP5-8.5) рост становится наиболее выраженным, при промежуточном (SSP2-4.5) — умеренным, а в оптимистичном (SSP1-2.6) наблюдается стабилизация.

Прогнозы по осадкам указывают на небольшое увеличение их количества при промежуточном и пессимистичном сценариях. Для оптимистичного сценария осадки, по всей видимости, будут колебаться вокруг современных значений без выраженного тренда.

Средняя температура приземного слоя атмосферы

Прогнозы средней температуры приземного воздуха демонстрируют восходящий тренд при всех рассмотренных сценариях вплоть до середины века. Ожидаемое повышение к этому периоду составит примерно 1–1,6 °C относительно уровня 2020 года, причем наиболее значительным оно будет для пессимистичного сценария, менее выраженным — для промежуточного и наименьшим — для оптимистичного.

Во второй половине века различия между сценариями становятся более существенными. Для пессимистичного и промежуточного сценариев прогнозируется продолжение роста температуры, однако его масштабы резко отличаются: к 2100 году при пессимистичном сценарии возможно увеличение примерно на +5,6 °C, тогда как при промежуточном — лишь на около +2,5 °C. В то же время в рамках оптимистичного сценария температура выходит на плато и стабилизируется.

Средняя температура приземного слоя атмосферы

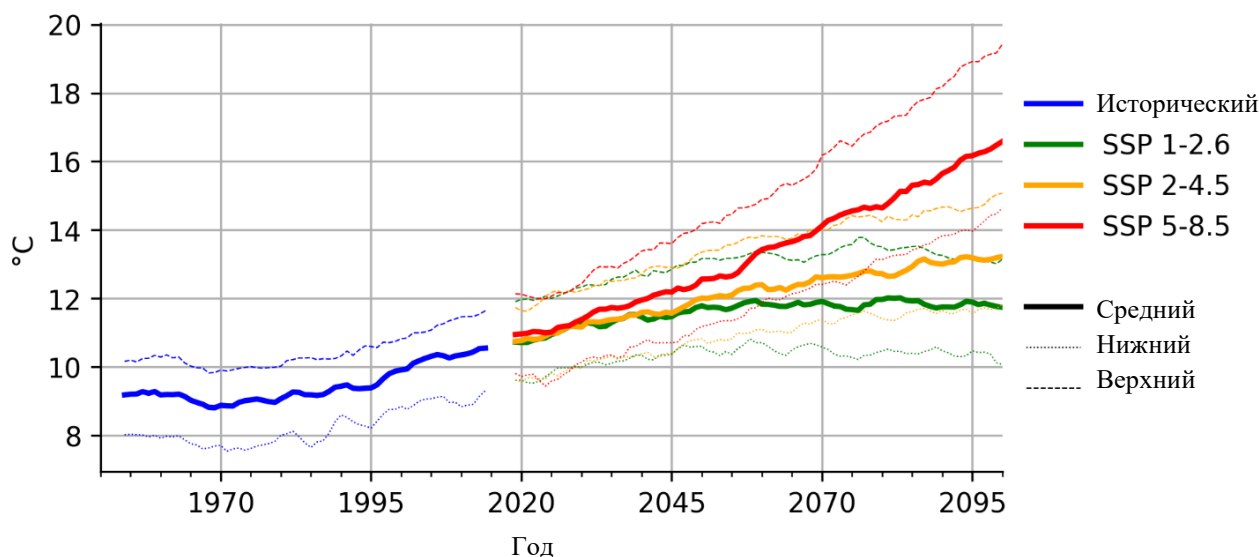


Рисунок 10: Средняя температура (данные за период 2014–2100 гг.)

Средняя максимальная температура приземного слоя атмосферы

Прогнозы средней максимальной температуры приземного воздуха демонстрируют рост при всех рассмотренных сценариях вплоть до середины века. Ожидаемое повышение к этому периоду составит примерно 1,1–1,6 °C относительно уровня 2020 года, при этом оно будет наиболее значительным для пессимистичного сценария, менее выраженным — для промежуточного и наименьшим — для оптимистичного.

Во второй половине века различия между сценариями становятся более существенными.

Для пессимистичного и промежуточного сценариев прогнозируется продолжение роста средней максимальной температуры, однако его масштабы резко отличаются: к 2100 году при пессимистичном сценарии возможно увеличение примерно на +5,7 °С, тогда как при промежуточном — лишь на около +2,5 °С. В то же время в рамках оптимистичного сценария значения температуры стабилизируются.

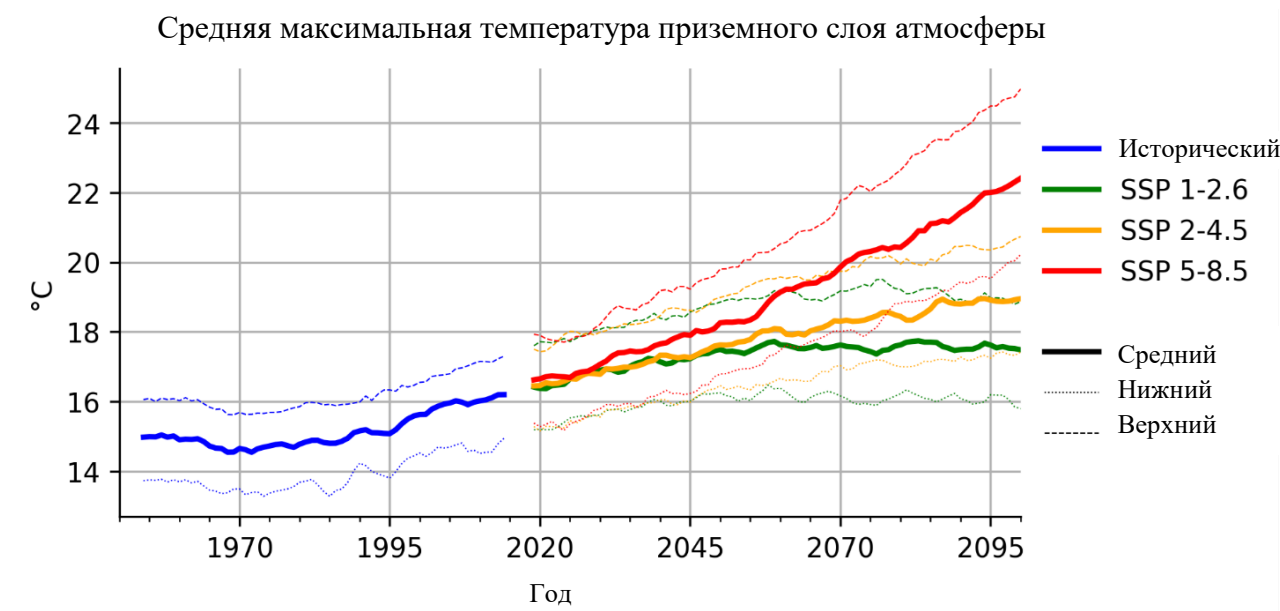


Рисунок 11: Средняя максимальная температура (данные за период 2014–2100 гг.)

Средняя минимальная температура приземного слоя атмосферы

Прогнозы средней минимальной температуры приземного воздуха указывают на устойчивый рост при всех рассмотренных сценариях вплоть до середины века. Ожидаемое повышение к этому периоду составит примерно 1–1,6 °С относительно уровня 2020 года, причем оно будет наиболее выраженным для пессимистичного сценария, умеренным — для промежуточного и наименьшим — для оптимистичного.

Во второй половине века различия между сценариями усиливаются. Для пессимистичного и промежуточного сценариев прогнозируется дальнейший рост средней минимальной температуры, однако его масштабы существенно различаются: к 2100 году при пессимистичном сценарии возможно увеличение примерно на +5,4 °С, тогда как при промежуточном — лишь на около +2,5 °С. В рамках оптимистичного сценария температурные значения выходят на плато и стабилизируются.

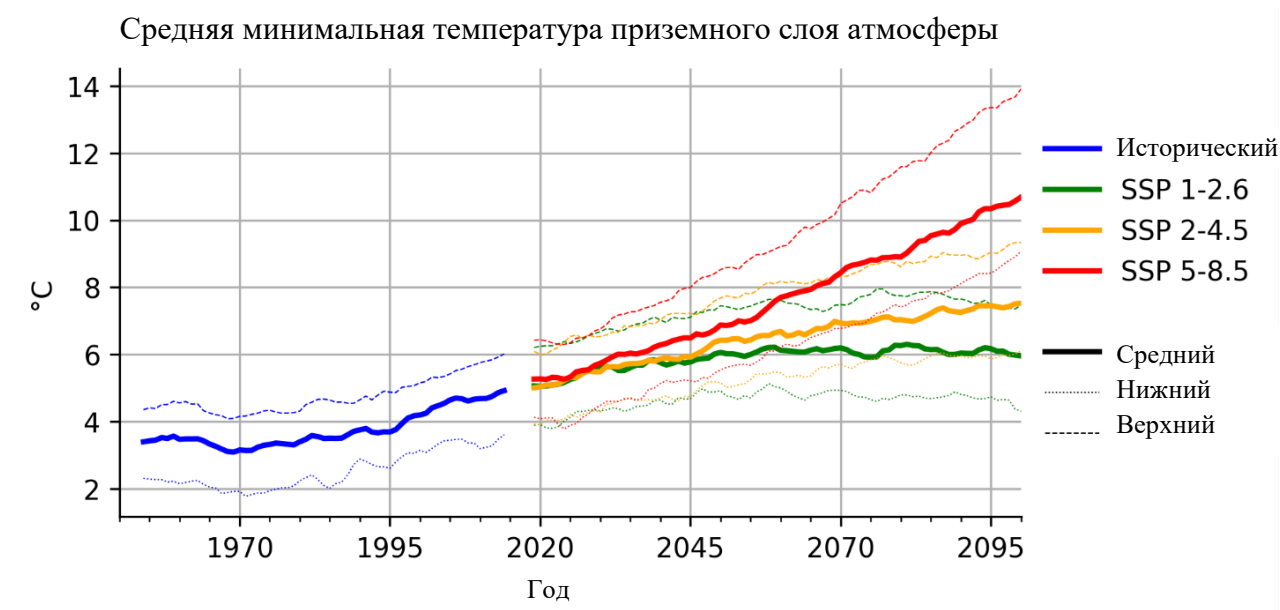


Рисунок 12: Средняя минимальная температура (данные за период 2014–2100 гг.)

Минимум суточных минимальных температур

Прогнозы минимальных суточных температур (минимумов) приземного воздуха демонстрируют рост по всем рассматриваемым сценариям примерно до середины века. Ожидаемое повышение к этому периоду составит приблизительно 1,7–2,3 °C относительно уровня 2020 года, причем оно будет наиболее значительным для пессимистичного сценария, менее выраженным — для промежуточного и наименьшим — для оптимистичного.

Во второй половине века различия между сценариями усиливаются. Для пессимистичного и промежуточного сценариев прогнозируется дальнейший рост температурных минимумов, однако его масштабы резко расходятся: к 2100 году при пессимистичном сценарии возможно увеличение примерно на +7,8 °C, тогда как при промежуточном — лишь на около +4,7 °C. В то же время в рамках оптимистичного сценария значения температур стабилизируются.

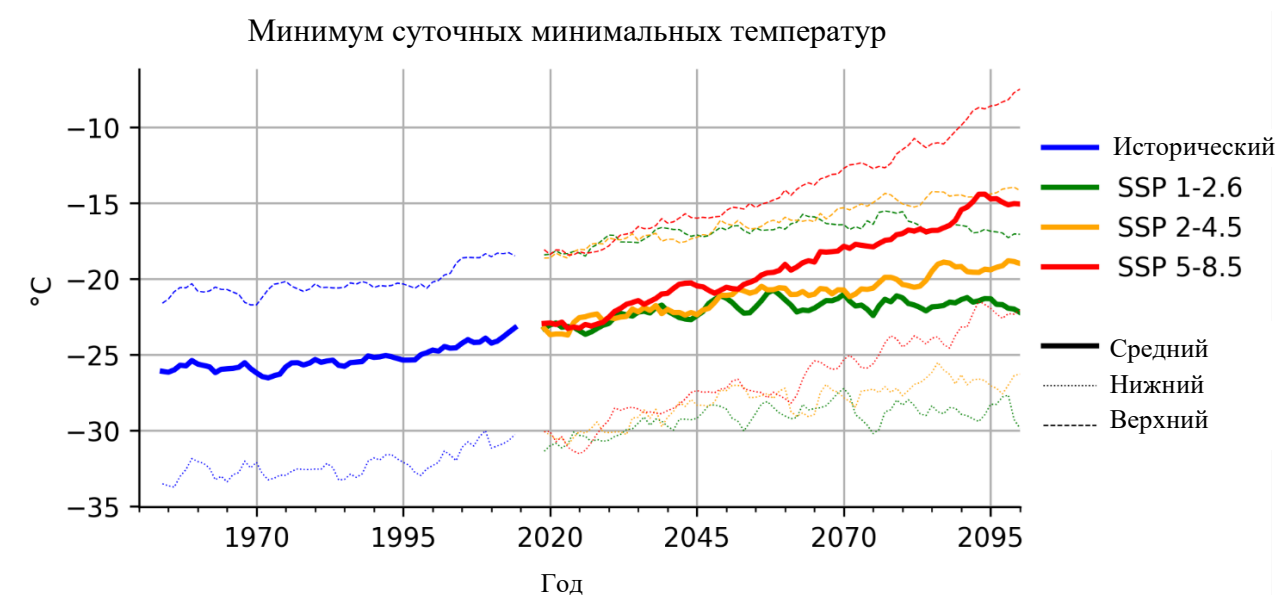
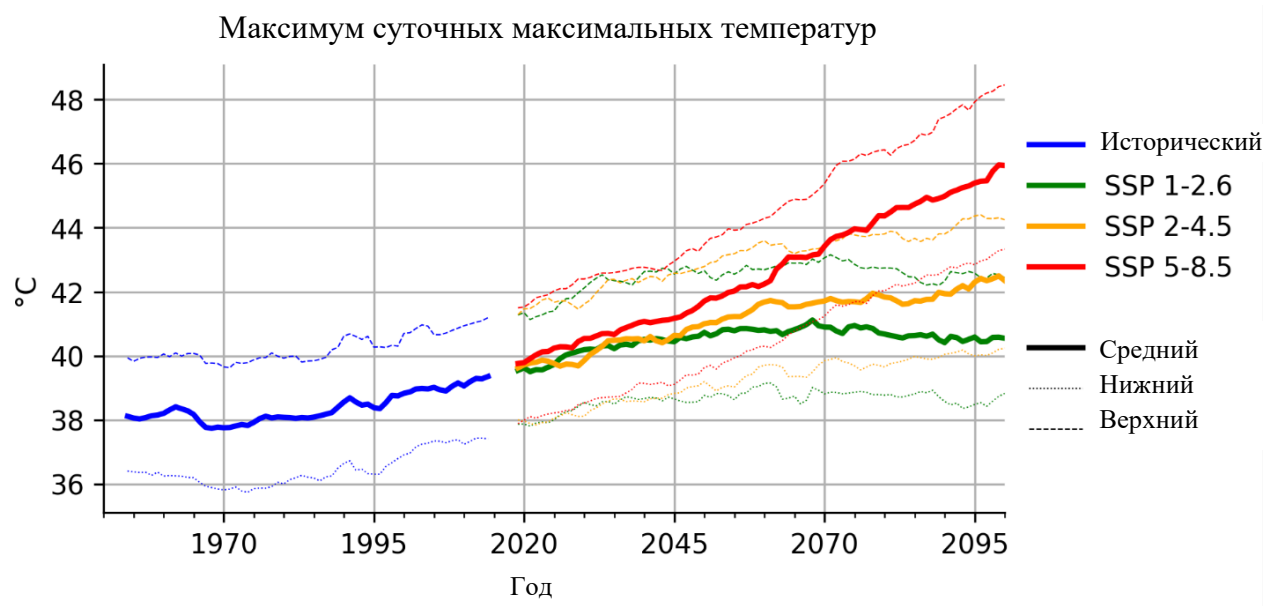


Рисунок 13: Абсолютный минимум суточных минимальных температур (данные за период 2014–2100 гг.)**Максимум суточных максимальных температур**

Прогнозы максимальных суточных температур (максимумов) приземного воздуха указывают на рост по всем рассматриваемым сценариям вплоть до середины века. Ожидаемое повышение к этому периоду составит примерно 1,1–1,9 °C относительно уровня 2020 года, при этом оно будет наиболее выраженным для пессимистичного сценария, умеренным — для промежуточного и наименьшим — для оптимистичного.

Во второй половине века различия между сценариями становятся более отчетливыми. Для пессимистичного и промежуточного сценариев прогнозируется дальнейший рост температурных максимумов, однако его интенсивность существенно различается: к 2100 году при пессимистичном сценарии возможно увеличение примерно на +6,1 °C, тогда как при промежуточном — лишь на около +2,6 °C. В рамках оптимистичного сценария значения температур стабилизируются.

**Рисунок 14: Абсолютный максимум суточных максимальных температур (данные за период 2014–2100 гг.)****Годовое количество осадков**

Прогнозы годового количества осадков указывают на слабую тенденцию к увеличению, которая более выражена в промежуточном и пессимистичном сценариях и несколько менее заметна в оптимистичном. Ожидаемый прирост составляет от +15 до +27 мм к 2050 году и от +8 до +39 мм к 2100 году.

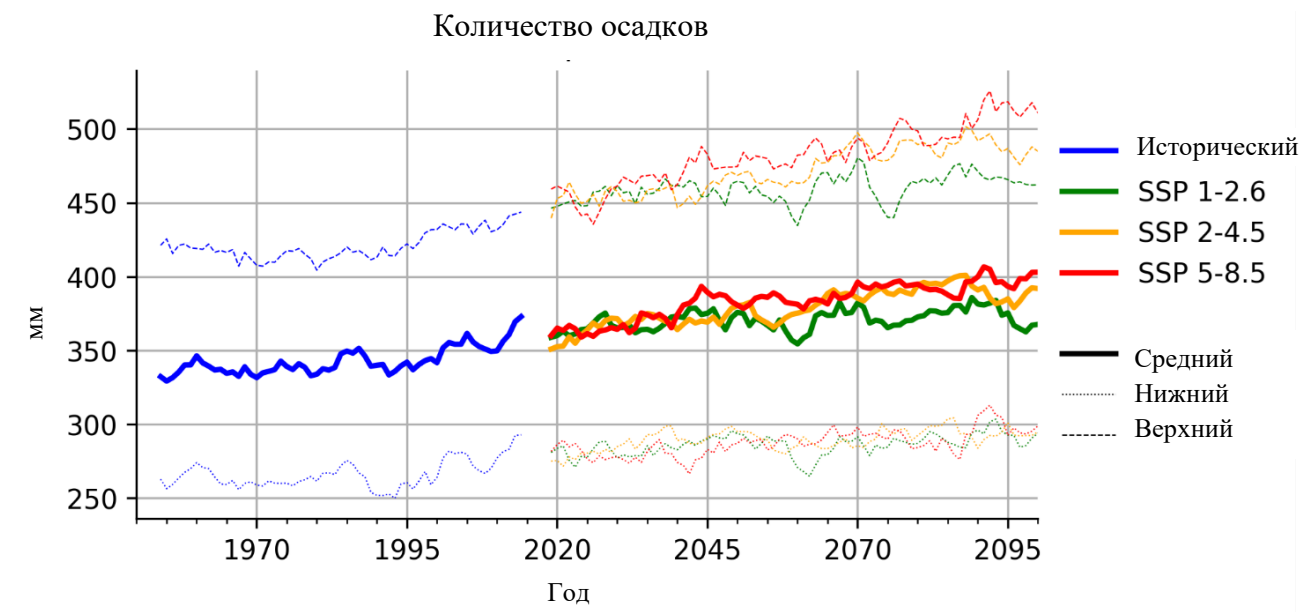


Рисунок 15: Совокупное количество осадков (данные за период 2014–2100 гг.)

Среднее максимальное суточное количество осадков

Прогнозы среднего максимального суточного количества осадков указывают на слабую тенденцию к росту, которая прослеживается при всех сценариях и для обоих рассматриваемых периодов. Ожидаемый прирост составляет от +0,1 до +1,1 мм к 2050 году и от +0,8 до +2,8 мм к 2100 году.

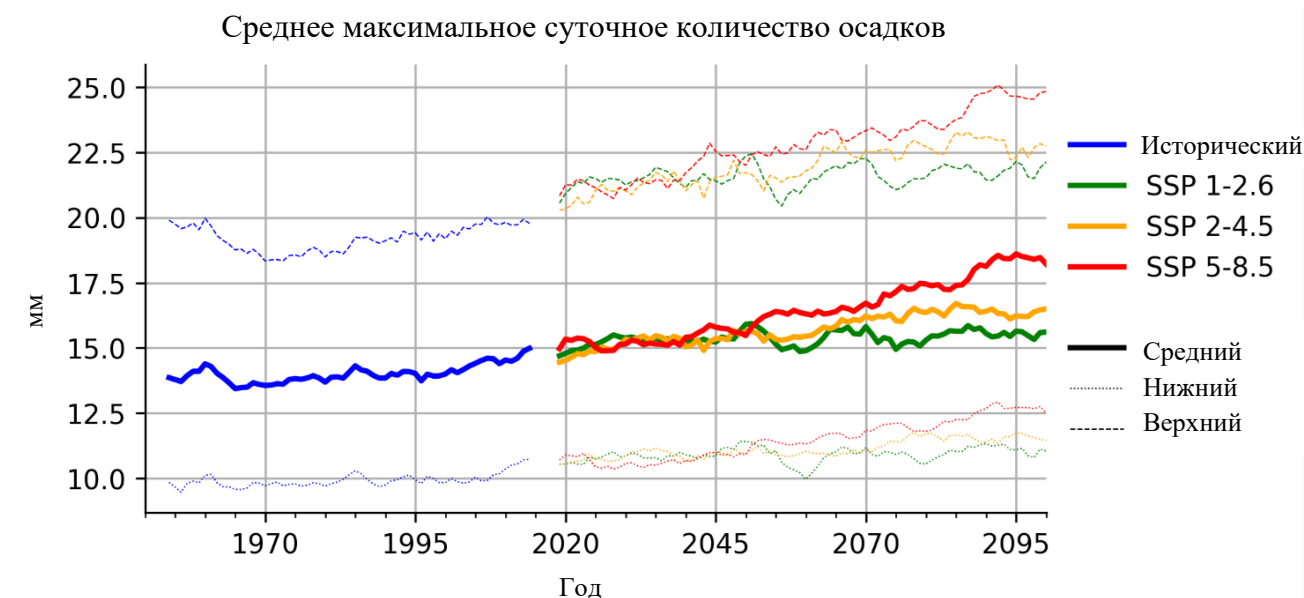


Рисунок 16: Среднее максимальное количество осадков за 1 день в каждом месяце (данные за период 2014–2100 гг.)

9.3.1.2 Климатический обзор района проекта

Как уже отмечалось в Главе 04 отчета *ОССОСС «Исходные условия. Физическая окружающая среда»* (ссылка: **24685792-002-R-Rev 1_ESBS**), климат в районе реализации проекта в значительной степени формируется под влиянием его расположения в пределах Чу-Илийской низкогорной равнины. На основе анализа климатических данных эту территорию можно охарактеризовать как зону с умеренно континентальным климатом или, согласно классификации Кеппена, отнести к полупустынной степи. Абсолютные экстремумы температуры воздуха здесь составляют от +47 °C до -46 °C. В июле средние летние температуры остаются умеренными, находясь в диапазоне от +24 °C до +27 °C, тогда как в январе зимние средние значения колеблются от -7 °C до -11 °C.

Для района характерна значительная годовая амплитуда температур — от 33 до 38 °С, хотя неровный рельеф местности в некоторой степени смягчает эти колебания в отдельные сезоны. Безморозный период длится здесь около полугода, составляя 180–190 дней.

Годовое количество осадков в районе колеблется от 150 до 300 мм, постепенно уменьшаясь к северу. Почти половина от этой суммы выпадает в теплый сезон — с апреля по октябрь, с менее выраженным пиком весной и летом, что характерно для центральноазиатско-казахстанского режима увлажнения. Устойчивый снежный покров, как правило, устанавливается в конце ноября — начале декабря и сходит к третьей декаде февраля, достигая толщины 10–20 см.

Регион подвержен сильным ветрам, скорость которых может достигать 40 м/с, а продолжительность таких ветров составляет от 10 до 100 часов в год. Гидротермический коэффициент на территории проекта равен 0,2 или ниже по направлению к озеру Балхаш, что свидетельствует о крайне засушливом климате. На протяжении последних десятилетий в Балхаш-Алакольском речном бассейне, охватывающем большую часть территории проекта, отмечалось устойчивое повышение температуры воздуха в среднем на 0,35 °С за десятилетие, особенно заметное в переходные сезоны — весной и осенью. Также наблюдалось незначительное сокращение годовой суммы осадков примерно на 0,1 мм за десятилетие, наиболее выраженное весной. В результате совокупного изменения температур и осадков в регионе происходит удлинение безморозного периода, учащение продолжительных засух в теплые месяцы, уменьшение мощности снежного покрова и другие признаки усиления аридизации.

9.3.1.3 Идентификация релевантных климатических опасностей

Согласно стандарту [ISO 14091](#) и [Руководящей записке Принципов Экватора по оценке климатических рисков](#), первый шаг оценки климатических рисков (ОКР) заключается в идентификации климатических опасностей, способных повлиять на площадку проекта, и, в частности, тех, воздействию которых проект может быть подвержен. Аналогичные рекомендации содержатся в дополнительной литературе, которая была изучена для формирования структуры и методологии идентификации опасностей. К таким источникам относятся, например [отчет МГЭИК о воздействиях, адаптации и уязвимости: материалы Финансовой инициативы ЮНЕП](#)⁸; [Инструмент скрининга климатических и стихийных рисков на национальном и политическом уровнях Группы Всемирного банка](#)⁹; [Инструмент оценки рисков Coast Adapt](#)¹⁰.

В процессе идентификации опасностей необходимо учитывать следующие ключевые вопросы:

- Какие климатические события и основные проблемы, связанные с изменением климата, уже затрагивали площадку в прошлом?
- Какие климатические опасности могут стать актуальными для площадки в будущем?

Для выявления наиболее значимых климатических опасностей на общестрановом уровне была проанализирована информация с [Портала знаний об изменении климата Группы Всемирного банка](#). Этот обзор дополнен данными Странового доклада о климате и развитии, опубликованного в ноябре 2022 года и подготовленного Группой Всемирного банка совместно с правительством Казахстана. Дополнительный контекст на национальном уровне предоставляет [8-е Национальное сообщение Казахстана об изменении климата](#)¹¹, в котором описаны ключевые климатические уязвимости и опасности страны. Для уточнения исследования на уровне Жамбылской области был использован [портал THINK HAZARD](#)¹², реализованный Глобальным фондом по снижению опасности стихийных бедствий и восстановлению при участии Группы Всемирного банка. Этот ресурс предоставляет обобщенную оценку природных опасностей по всему миру.

⁸ Финансовая инициатива Программы ООН по окружающей среде (ФИ ЮНЕП) – это партнерство между ЮНЕП и глобальным финансовым сектором для мобилизации частного финансирования в интересах устойчивого развития.

⁹ Скрининг климатических и стихийных рисков представляет собой проактивный подход к учету краткосрочных и долгосрочных климатических и стихийных рисков в процессах планирования проектов и на национальном/отраслевом уровнях.

¹⁰ Coast Adapt – это структура предоставления информации и поддержки принятия решений, помогающая оценивать риски от изменения климата и повышения уровня моря.

¹¹ Программа развития Организации Объединенных Наций. (2023). Восьмое национальное сообщение и пятый двухгодичный отчет Республики Казахстан Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата.

¹² <https://thinkhazard.org/en/>

Для более точной идентификации опасностей дополнительно был проанализирован Отчет об исходных условиях, содержащий данные о климатических условиях Жамбылской области и местоположении площадки проекта.

В результате проведенного анализа был составлен перечень наиболее значимых опасностей. Ниже они представлены вместе с основным обоснованием для их включения в оценку рисков.

9.3.1.3.1 Опасность затопления

На региональном уровне (в Мойынкумском районе Жамбылской области, где расположена площадка проекта) затопление идентифицировано как потенциальная климатическая опасность. Согласно данным портала THINK HAZARD, опасность речных наводнений в этом районе классифицируется как высокая, что означает вероятность потенциально разрушительных и опасных для жизни паводков не менее одного раза в ближайшие 10 лет. В то же время, согласно Отчету об исходных условиях, Жамбылская область в целом характеризуется умеренным риском наводнений, которые в первую очередь затрагивают приречные и предгорные районы, подверженные воздействию снеготаяния и интенсивных осадков.

Исторически в регионе фиксировались значительные наводнения. Например, в апреле 2017 года таяние снегов вызвало масштабный паводок в Жамбылской области, в результате которого пострадали более 7000 человек и было повреждено около 1500 домов (FloodList, 2017: <https://floodlist.com/asia/kazakhstan-snowmelt-floods-april-2017>). Подобные события обычно происходят весной в период снеготаяния и могут усугубляться сильными дождями и подъемом уровня воды в реках, таких как Чу и Талас. Эти факторы подчеркивают общую уязвимость территории к затоплению.

Ожидается, что изменение климата усугубит риски наводнений на региональном уровне в будущем. Хотя модельные прогнозы изменений общего количества осадков остаются неоднозначными, ожидается рост частоты и интенсивности экстремальных дождевых явлений. Это может привести к более частым и мощным речным паводкам, а также повысить риски, связанные с поверхностным стоком.

На уровне площадки проекта затопление считается маловероятным из-за ее географических и климатических особенностей. Как указано в Отчете об исходных условиях, район расположения проекта находится в пределах Чу-Илийской низкогорной равнины, для которой характерны засушливый климат, небольшая абсолютная высота и слаборазвитая сеть поверхностных водотоков. Сезонные ручьи и водотоки активны лишь в период весеннего снеготаяния и, как правило, пересыхают к лету. Временное локальное скопление воды возможно во время снеготаяния, однако значительных случаев затопления на площадке зафиксировано не было. Кроме того, гидрографическая сеть на территории развита слабо, а топографические исследования указывают на общий уклон местности, который сводит риск затопления площадки к минимуму.

Несмотря на низкую вероятность затопления непосредственно на площадке, с учетом регионального риска и будущих климатических тенденций эта опасность была включена в оценку. Дополнительным основанием для этого служат прогнозируемые тенденции к увеличению как годовых сумм осадков, так и максимального количества осадков за одни сутки.

9.3.1.3.2 Опасность экстремальной жары и изменчивости температуры

Экстремальная жара — заметная климатическая опасность для Мойынкумского района Жамбылской области, где расположена площадка проекта. Согласно данным портала THINK HAZARD, риск экстремальной жары на этой территории оценивается как **средний**. Это означает, что с вероятностью более 25% в ближайшие пять лет здесь может произойти как минимум один продолжительный период аномально высоких температур, способный вызвать тепловой стресс.

Как отмечено в Отчете об исходных условиях, климат Жамбылской области отличается выраженной засушливостью и резкой континентальностью, а экстремальные температуры являются его характерной чертой. Лето в северных и центральных районах, включая Мойынкумский район, особенно жаркое: средние температуры июля составляют от 21 до 25 °C, однако воздух может прогреваться до абсолютного максимума в 45–48 °C.

Глобальные тенденции потепления свидетельствуют о том, что температура в Казахстане растёт быстрее, чем в среднем по миру. Ожидается, что это приведет к усилению экстремальной жары, увеличению частоты и продолжительности волн тепла. Согласно данным Портала знаний об изменении климата Группы Всемирного банка и Профилю климатических рисков стран Азиатского банка развития (АБР) за 2021 год, модельные прогнозы указывают на возможный рост температуры в Казахстане к 2090-м годам до 5,3 °C.

На уровне площадки проекта климат формируется под влиянием ее расположения в пределах Чу-Илийской низкогорной равнины, для которой, как подробно описано в Отчете об исходных условиях, характерно жаркое и засушливое лето. Средние температуры июля здесь составляют от +24 до +27 °C, при этом абсолютный максимум достигает +47 °C. В регионе также наблюдается устойчивая тенденция к потеплению со средним темпом около 0,35 °C за десятилетие.

Таким образом, учитывая засушливый характер климата региона и площадки, а также прогнозируемый рост как средних, так и экстремальных температур в результате изменения климата, опасности экстремальной жары и температурной изменчивости были включены в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.3 Опасность экстремального холода

Согласно Отчету об исходных условиях, экстремальный холод представляет собой значительную климатическую опасность для Жамбылской области, где расположена площадка проекта. В этом регионе господствует континентальный климат с суровыми зимами. Самый холодный месяц — январь: средние температуры колеблются от -8 до -12 °C на севере и от -4 до -7 °C на юге области. Вторжения арктического воздуха могут вызывать сильные морозы, приводящие к абсолютным минимумам от -45 до -50 °C. Наиболее часто экстремальные холода наблюдаются на северных и центральных пустынных равнинах, где проникновение арктических воздушных масс создает особо сложные зимние условия.

Глобальные тенденции потепления указывают на постепенный рост минимальных температур, что в будущем может снизить частоту и интенсивность экстремальных холодов. Однако исторические данные свидетельствуют, что арктические воздушные массы по-прежнему способны вызывать в регионе сильные похолодания, что подтверждает сохраняющийся риск экстремального холода в современных климатических условиях.

Климат площадки проекта формируется под влиянием ее расположения в пределах Чу-Илийской низкогорной равнины, для которой характерны резкие годовые перепады температур. Средние январские температуры на площадке составляют от -7 до -11 °C, а зарегистрированный абсолютный минимум достигает -46 °C. Несмотря на то, что неровный рельеф местности частично смягчает температурные колебания, район проекта остается подверженным сильным морозам зимой из-за вторжений арктического воздуха.

Климатические прогнозы указывают на повышение минимальных температур в перспективе, что со временем уменьшит частоту и интенсивность экстремальных холодов. Тем не менее, учитывая историческую повторяемость сильных морозов в Жамбылской области и сохраняющийся потенциал локальных арктических вторжений, экстремальный холод остается актуальной опасностью в текущих климатических реалиях.

Таким образом, на основании исторической распространенности экстремальных холодов в регионе, особенностей климата площадки проекта и потенциала морозов, связанных с арктическими воздушными массами, опасность экстремального холода была включена в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.4 Опасность засухи

Согласно Отчету об исходных условиях, район проекта подвержен значительному риску засухи, что обусловлено полузасушливым климатом и исторически сложившейся повторяемостью засушливых периодов. Местные засухи характеризуются продолжительными промежутками с недостаточным количеством осадков, которые усугубляются высокими температурами, ведущими к увеличению испарения и снижению влажности почвы. Исторические данные показывают, что территория ежегодно переживает продолжительные засушливые периоды: в теплые месяцы с апреля по октябрь количество дней с засухой достигает примерно 140–160.

Климатические прогнозы указывают на то, что в будущем засухи могут участиться и усилиться из-за роста температур и изменения режима осадков.

Учитывая эти факторы, опасность засухи была включена в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.5 Опасность дефицита водных ресурсов

Дефицит воды как опасность тесно связан с засухой. Даже несмотря на прогнозируемый рост годовых сумм осадков и максимального количества осадков за одни сутки, это не исключает возможности возникновения продолжительных периодов нехватки воды.

С учетом данной взаимосвязи опасность дефицита воды была включена в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.6 Опасность сильных штормов

Согласно Отчету об исходных условиях, Жамбылская область подвержена сильным штормам в зимние месяцы (январь и февраль), включая снежные бури и метели. Они характеризуются мощными ветрами, скорость которых может достигать 45 м/с, что часто приводит к формированию глубоких снежных заносов.

На площадке проекта, расположенной в пределах Чу-Илийской низкогорной равнины, сильные снежные бури и метели также отмечаются с декабря по февраль. В этот период штормовые ветры нередко создают устойчивые и глубокие снежные заносы.

Учитывая повторяемость сильных штормов в регионе и на самой площадке, а также вероятность их интенсификации в условиях изменения климата, опасность сильных штормов была включена в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.7 Опасность экстремальных осадков и изменчивости осадков

Согласно Отчету об исходных условиях, в Жамбылской области сильные дожди наблюдаются преимущественно в теплые месяцы — с мая по сентябрь. Общий уровень осадков в регионе низок: на равнинах он составляет 140–220 мм в год, а в горных районах Киргизского Алатау увеличивается до 400–500 мм. Распределение осадков в течение года неравномерно: большая их часть приходится на зимне-весенний период. В низменных районах (таких как Сарысуский и Шуский) интенсивные дожди в теплые месяцы могут вызывать локальные подтопления, тогда как в горных и предгорных зонах они повышают риск оползней и селей.

На площадке проекта годовое количество осадков колеблется от 150 до 300 мм, причем почти половина этой суммы выпадает с апреля по октябрь. Режим осадков здесь соответствует общей региональной тенденции с пиком весной и летом, однако сильные дожди случаются реже по сравнению с другими частями Жамбылской области.

Учитывая указанные особенности, а также прогнозируемый рост как годовых сумм осадков, так и максимального количества осадков за одни сутки, опасности экстремальных осадков и изменчивости режима осадков были включены в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.8 Опасность лесных пожаров

Согласно данным портала THINK HAZARD, риск лесных пожаров в Мойынкумском районе оценивается как высокий: вероятность возникновения значительных пожаров в любой отдельный год превышает 50%. Как отмечено в Отчете об исходных условиях, в Жамбылской области повышенная пожароопасность наблюдается в летние месяцы (июль–сентябрь), особенно в степных зонах. За последние десятилетия в регионе регистрировались крупные степные пожары, в том числе на особо охраняемых территориях, таких как степи Саксаул дала и район реки Чу.

На площадке проекта, расположенной в Мойынкумском районе, в летний период обычным явлением становятся засушливые условия и возгорание сухой растительности, провоцирующее степные пожары. Несколько случаев таких пожаров было зафиксировано вблизи площадки, особенно в районах с саксауловыми насаждениями и зарослями камыша.

На основе данной оценки, а также учитывая прогнозируемый рост всех температурных показателей (среднегодовой, среднегодовой максимальной температур), что потенциально увеличивает вероятность возгораний, опасность лесных (степных) пожаров была включена в оценку климатических рисков для района проекта.

9.3.1.3.9 Опасность града

Согласно 8-му Национальному сообщению Казахстана об изменении климата, в стране наблюдается учащение экстремальных гидрометеорологических явлений, включая градовые штормы. Регистрируется рост их частоты: так, количество зафиксированных случаев увеличилось с одного в 2017 году до четырех в 2021 году.

Учитывая данную тенденцию, опасность града была включена в оценку климатических рисков.

9.3.1.3.10 Опасность сильного ветра

Согласно Отчету об исходных условиях, сильные ветры являются характерной и повторяющейся опасностью для Жамбылской области, особенно в период с мая по сентябрь. Их частота и интенсивность усиливаются за счет полусухого климата региона, горного рельефа и местных ветровых условий, таких как горно-долинные ветры и фены. На большей части территории преобладают восточные и северо-восточные ветры со средней скоростью от 2,5 до 3,5 м/с, однако во время экстремальных событий скорость порывов может достигать 45 м/с. С учетом прогнозируемого роста экстремальных погодных явлений из-за изменения климата, ожидается дальнейшее увеличение частоты и силы подобных ветров.

В районе проекта, расположенном в Мойынкумском районе Жамбылской области, сильные ветры также представляют значительную опасность. Здесь скорость ветра может достигать 40 м/с; такие ветры, преимущественно восточного и северо-восточного направления, наблюдаются до 100 часов в год.

На основании изложенного опасность сильных ветров была включена в оценку климатических рисков.

9.3.1.4 Оценка подверженности

После идентификации опасностей, способных повлиять на площадку проекта, была оценена подверженность проекта каждой из них. Ключевой вопрос этого этапа — определить, воздействует ли конкретная климатическая опасность на площадку и каким образом проект может быть затронут.

Оценка проводилась с учетом внутренних характеристик и особенностей проекта.

Таблица 1: Оценка подверженности

Опасность	Подверженный элемент	Подверженность	Обоснование
Опасность затопления	Инфраструктура	Да	В случае затопления наибольшему воздействию из-за проникновения воды могут подвергнуться подстанции, аккумуляторные системы накопления энергии и фундаменты ветротурбин. Воздушные линии электропередачи и подземные кабели менее уязвимы, однако их работа может быть нарушена в результате повреждения окружающей инфраструктуры. Локальные подтопления также способны затруднить доступ к площадке, повредив подъездные дороги.
Опасность экстремальной жары и изменчивости температуры	Инфраструктура	Да	Экстремальная жара и общее повышение температур могут снизить эффективность работы ветротурбин, воздушных линий электропередачи и подстанций из-за термического напряжения. Особую опасность перегрев представляет для аккумуляторных систем накопления энергии, так как он способен ухудшить их производительность и поставить под угрозу безопасность эксплуатации.
Опасность экстремального холода	Инфраструктура	Да	Экстремальный холод повышает риск охрупчивания материалов, используемых в воздушных линиях электропередачи и компонентах ветротурбин.

Опасность	Подверженный элемент	Подверженность	Обоснование
			Образование льда (обледенение) может снизить эффективность ветротурбин и привести к механическим повреждениям лопастей. Аккумуляторные системы накопления энергии в таких условиях могут демонстрировать снижение емкости и производительности. Кроме того, подъездные дороги могут оказаться заблокированными из-за скопления льда и снега, что нарушит логистику проекта.
Опасность засухи	Инфраструктура	Да	Засуха вряд ли нанесет прямой ущерб инфраструктуре, такой как турбины, воздушные линии электропередачи, подземные кабели, подстанции или аккумуляторная система. Однако ее продолжительное воздействие может косвенно повлиять на фундаменты турбин, особенно в районах со сложными грунтами (набухающие глины или несвязные материалы). Снижение влажности почвы в засушливый период способно вызвать ее усадку или проседание, что потенциально приведет к нестабильности фундаментов или проблемам с осадкой.
Опасность дефицита водных ресурсов	Инфраструктура	Да	Дефицит воды вряд ли нанесет прямой ущерб инфраструктуре, такой как турбины, воздушные линии электропередачи, подземные кабели, подстанции или аккумуляторная система накопления энергии. Однако продолжительные условия дефицита воды могут косвенно повлиять на фундаменты турбин в районах, где почва состоит из набухающих глин или несвязных материалов. Снижение влажности почвы из-за дефицита воды может вызвать усадку или проседание, что потенциально может привести к нестабильности или проблемам с осадкой под фундаментами.
Опасность сильных штормов	Инфраструктура	Да	Сильные штормы (с мощными ветрами и молниями) могут привести к повреждению лопастей ветротурбин, воздушных линий электропередачи и подстанций. Аккумуляторные системы накопления энергии могут быть косвенно затронуты из-за скачков напряжения или физического разрушения связанных с ними компонентов.
Опасность экстремальных осадков и изменчивости осадков	Инфраструктура	Да	Экстремальные осадки и увеличение их количества способны вызвать локальные затопления, что создает риск проникновения воды в подстанции и аккумуляторные системы. Ветротурбины и воздушные линии электропередачи могут испытывать повышенное механическое напряжение и снижение эффективности. Подъездные дороги могут быть размыты или затоплены, ухудшая доступность площадки.
Опасность лесных пожаров	Инфраструктура	Да	Лесные пожары в случае возникновения могут напрямую повредить основания ветротурбин, подстанции и аккумуляторные системы. Подземные кабели и подъездные дороги не подвержены прямому воздействию огня, но могут столкнуться с сопутствующими рисками (например, повреждением от высокой температуры или обрушениями).
Опасность града	Инфраструктура	Да	Градовые штормы способны нанести ущерб лопастям ветротурбин, воздушным линиям электропередачи и подстанциям. Аккумуляторная система хранения и подземные кабели менее уязвимы, однако могут пострадать косвенно, если будут повреждены подключенные к ним компоненты. Крупный град также может разрушать дорожное покрытие и создавать завалы, блокируя подъездные пути.
Опасность сильного ветра	Инфраструктура	Да	Сильные ветры создают чрезмерную механическую нагрузку на ветротурбины, что грозит повреждением лопастей и несущих конструкций. Воздушные линии электропередачи и подстанции также подвержены их воздействию. Подземные кабели и подъездные дороги не испытывают прямого влияния, но могут столкнуться с вторичными рисками (например, из-за падения опор или разлетающихся обломков).

В соответствии с Таблицей 1, проект был признан подверженным всем выявленным климатическим опасностям, способным повлиять на площадку. Следовательно, все они были включены в дальнейшую оценку.

9.3.1.5 Входные данные по опасностям

В качестве источника данных для присвоения классу вероятности или интенсивности каждой климатической опасности использовалась платформа Climate Score Global 3.1, разработанная компанией Jupiter Intelligence¹³.

Climate Score Global количественно оценивает климатические риски в любой точке мира, прогнозируя влияние будущих климатических условий на интенсивность и частоту экстремальных метеорологических явлений и стихийных бедствий, таких как наводнения, экстремальная жара и засухи. Инструмент анализирует десятки авторитетных климатических моделей в сочетании с методами машинного обучения, данными о землепользовании и рельефе, а также гидрологическими и штормовыми моделями. Данные имеют сверхвысокое пространственное разрешение (90 метров в глобальном масштабе) и представляют набор специфичных для опасностей показателей с шагом в 5 лет в период с 2020 по 2100 год, включая базовый уровень 1995 года. Расчеты выполняются для трех климатических сценариев, сформированных на основе комбинаций Совместных социально-экономических путей развития (SSP) и Репрезентативных траекторий концентраций (РТК)¹⁴:

- Оптимистичный сценарий (SSP1–RCP2.6): Глобальное социально-экономическое развитие смещается в сторону устойчивости. Выбросы CO₂ начинают снижаться примерно с 2020 года и достигают нулевого баланса к 2100 году.
- Промежуточный сценарий (SSP2–RCP4.5): Глобальное развитие в целом следует историческим тенденциям без радикальных отклонений. Воздействия достигают пика около 2040 года, после чего начинают постепенно снижаться.
- Пессимистичный сценарий (SSP5–RCP8.5): Развитие продолжает опираться на интенсивное использование ископаемого топлива. Воздействия нарастают на протяжении всего XXI века без признаков сокращения.

Данные представлены в электронной таблице, в которой для каждого заданного местоположения (определяемого координатами широты и долготы) указаны множественные показатели — числовые значения или диапазоны, а также качественные классы для каждой опасности.

В качестве примера, Таблица 2 демонстрирует показатели, характеризующие опасность экстремальной жары, а на Рисунке 17 приведены критерии, используемые для классификации.

Таблица 2: Обзор всех показателей, представленных для характеристики опасности экстремальной жары

Показатель	Описание	Пример
HT_daysExceeding*C_mean	Дней в году с температурой >35 °C или >38 °C на основе среднего значения распределения высоких температур из глобальных циркуляционных моделей ¹⁵ (GCM).	14
HT_daysExceeding*C_band	Диапазон, в который попадает HT_daysExceeding*C_mean.	10-20 дней
HT_daysExceeding*C_lower	Дней в году с температурой >35 °C или >38 °C на основе 5-го процентиля распределения высоких температур из GCM.	10
HT_daysExceeding*C_upper	Дней в году с температурой >35 °C или >38 °C на основе 95-го процентиля распределения высоких температур из GCM.	19

¹³ Climate Score Global <https://jupiterintel.com/products/>

¹⁴ Совместные социально-экономические варианты (SSP) — это сценарии прогнозируемых социально-экономических глобальных изменений до 2100 года. Они используются для вывода сценариев выбросов парниковых газов при различной климатической политике. Репрезентативные траектории концентраций (РТК) — это возможные будущие траектории концентрации парниковых газов, принятые МГЭИК.

¹⁵ Глобальные циркуляционные модели (GCM) — это численные модели, представляющие физические процессы в атмосфере, океане, криосфере и на поверхности суши. В настоящее время это наиболее совершенные инструменты для моделирования реакции глобальной климатической системы на увеличение концентрации парниковых газов.

Показатель	Описание	Пример
HT_daysExceeding99Pct_mean	Дней в году с температурой, превышающей местный исторический 99-й процентиль температуры, на основе среднего значения распределения высоких температур из GCM.	5
HT_daysExceeding99Pct_band	Диапазон, в который попадает HT_daysExceeding99Pct_mean.	5-10 дней
HT_daysExceeding99Pct_lower	Дней в году с температурой, превышающей местный исторический 99-й процентиль температуры, на основе 5-го процентиля распределения высоких температур из GCM.	7
HT_daysExceeding99Pct_upper	Дней в году с температурой, превышающей местный исторический 99-й процентиль температуры, на основе 95-го процентиля распределения высоких температур из GCM.	1

Показатель	Уровень	Метка	Мин. значение	Макс. значение
daysExceeding* C daysExceeding99Pct	Сам. низк.	< 5 дней	0	5
daysExceeding* C daysExceeding99Pct	Низк.	5-10 дней	5	10
daysExceeding* C daysExceeding99Pct	Средн.	10-20 дней	10	20
daysExceeding* C daysExceeding99Pct	Высок.	20-30 дней	20	30
daysExceeding* C daysExceeding99Pct	Сам. высок.	> 30 дней	30	365

Рисунок 17: Критерии классификации для показателей опасности экстремальной жары

9.3.1.6 *Характеристика опасностей*

Входные данные по климатическим опасностям от Jupiter были получены для местоположения проекта, определенного по координатам репрезентативной точки. Эта точка была выбрана для рассматриваемой площадки с учетом размещения ключевых компонентов. Местоположение репрезентативной точки и план проекта показаны на Рисунке 18.

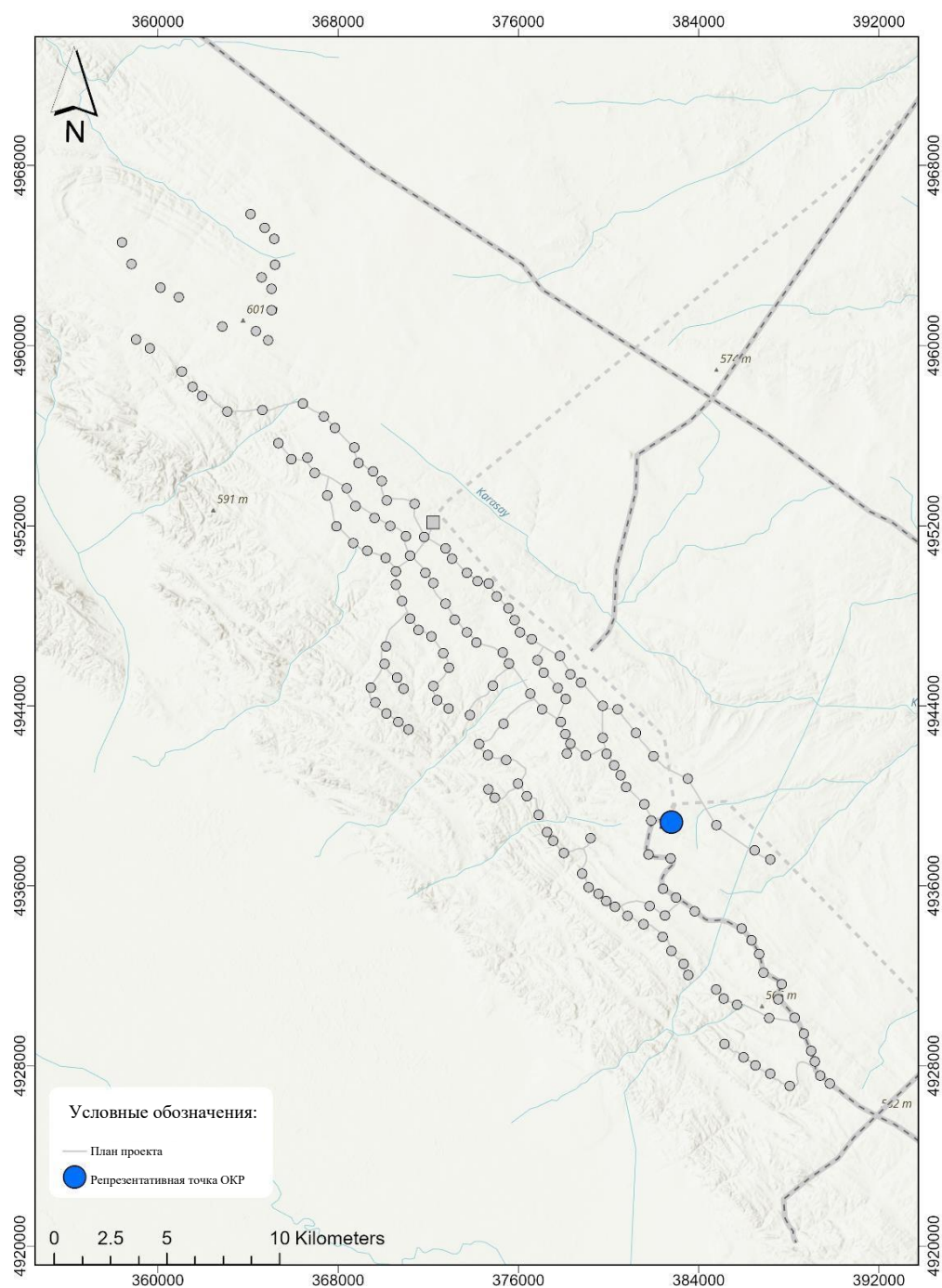


Рисунок 18: Местоположение репрезентативной точки в пределах плана проекта

Среди всех доступных возможных показателей для каждой опасности были выбраны наиболее репрезентативные. Они показаны в Таблице 3:

Таблица 3: Наиболее репрезентативные показатели, выбранные для характеристики каждой опасности

Опасность	Тип	Показатель
ЗАТОПЛЕНИЕ	Острая	Глубина воды (в метрах) при однопроцентной обеспеченности
ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЖАРА	Острая	Дней в году с температурой > 38 °C
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ	Хроническая	Средняя температура приземного слоя атмосферы (°C)
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ ХОЛОД	Острая	Дней в году с температурой < -10 °C
ЗАСУХА	Острая	Месяцев в году, когда скользящее 6-месячное среднее значение стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации ниже -2
ДЕФИЦИТ ВОДЫ	Хроническая	Общий дефицит воды: потребность человека в воде / доступность воды для местных и вышерасположенных водосборных бассейнов
СИЛЬНЫЕ ШТОРМЫ	Острая	Количество дней в году, когда условия окружающей среды благоприятствуют образованию сильных гроз
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ	Острая	Максимальное суточное количество осадков в водном эквиваленте (в мм) при однопроцентной обеспеченности
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ	Хроническая	Годовое количество осадков (мм)
ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ	Острая	Годовая вероятность возникновения лесных пожаров
ГРАД	Острая	Количество дней в году, когда возможен крупный град (>2 дюйма / 5 см в диаметре)
СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР	Острая	Максимальная устойчивая скорость ветра за 1 минуту (в км/ч) при однопроцентной обеспеченности

На основе входных данных о климатических опасностях и рассматриваемых показателях ниже представлены ключевые положения, описывающие включенные опасности и их динамику во времени на площадке проекта. Для каждой опасности на соответствующем рисунке показана ее эволюция в период с 2020 по 2100 год, охваченный данными Jupiter. Однако временной горизонт оценки уже, поскольку жизненный цикл проекта оценивается примерно в 25–30 лет, включая строительство ветроэлектростанции (с марта 2026 по ноябрь 2028 года) и последующую эксплуатацию. Соответственно, в оценке рассматриваются три периода: ближайшее будущее (2030 год), среднесрочное будущее (2040 год) и отдаленное будущее (2060 год).

Основываясь на выбранных показателях и доступных сценариях, следующие ключевые положения описывают текущие и будущие уровни каждой опасности для всех рассматриваемых сценариев. На графиках цвета линий соответствуют трем сценариям: зеленые линии — оптимистичный сценарий (SSP1–RCP2.6); оранжевые линии — промежуточный сценарий (SSP2–RCP4.5); красные линии — пессимистичный сценарий (SSP5–RCP8.5). Стили линий отражают три статистических характеристики каждого показателя: сплошная линия — среднее значение; пунктирная линия — 95-й процентиль (верхняя граница); точечная линия — 5-й процентиль (нижняя граница). Средние значения использованы для описания общих тенденций во времени, а верхние и нижние процентиля — для оценки уровня достоверности прогноза. Чем шире расхождение между процентилями и средним значением, тем ниже достоверность прогноза; чем уже — тем она выше.

Горизонтальные серые пунктирные линии на графиках обозначают границы классов опасности. Следует отметить, что более высокий уровень опасности по оптимистичному сценарию может наблюдаться уже в ближайшем будущем. Однако ключевое значение имеет общая долгосрочная тенденция, которая однозначно указывает на более высокие уровни опасности для наихудшего (пессимистичного) сценария.

9.3.1.6.1 Опасность затопления

Для оценки опасности затопления использовался показатель «глубина воды (в метрах) при однопроцентной обеспеченности». Полученные значения находятся ниже порога, определяющего какую-либо значимую угрозу затопления.

Во всех рассмотренных сценариях (SSP1-2.6, SSP2-4.5 и SSP5-8.5) и для всех временных горизонтов (ближайшее, среднесрочное и отдаленное будущее) расчетная глубина воды при однопроцентной обеспеченности остается равной 0 метрам. Это соответствует классу опасности «Самый низкий» и указывает на отсутствие существенного риска затопления на площадке проекта в течение всего анализируемого периода.



Рисунок 19: Опасность затопления, представленная глубиной воды (в метрах) при однопроцентной обеспеченности

9.3.1.6.2 Опасность экстремальной жары

Для оценки опасности экстремальной жары используется показатель «количество дней в году с температурой выше 38 °C».

Ближайшее будущее (2030 год): По всем сценариям (SSP1-2.6, SSP2-4.5 и SSP5-8.5) прогнозируется от 13,2 до 13,9 таких дней в год, что соответствует **среднему** уровню опасности. Это отражает незначительный рост по сравнению с текущими условиями.

Среднесрочное будущее (2040 год): Количество дней с экстремальной жарой увеличивается до 14,7 дней по сценарию SSP1-2.6, 15,4 дней по сценарию SSP2-4.5, 17,2 дней по сценарию SSP5-8.5. Несмотря на рост, уровень опасности для всех сценариев остается **средним**.

Отдаленное будущее (2060 год): Рост показателя продолжается: 16,4 дней по сценарию SSP1-2.6, 20,6 дней по сценарию SSP2-4.5, 27,7 дней по сценарию SSP5-8.5. Уровень опасности также сохраняется **средним**, хотя при сценарии SSP5-8.5 рост наиболее выражен.

Общий вывод: Анализ выявляет устойчивую тенденцию к увеличению числа дней с экстремальной жарой по всем сценариям в рамках рассматриваемого периода, при этом класс опасности остается **средним** вплоть до 2060 года.

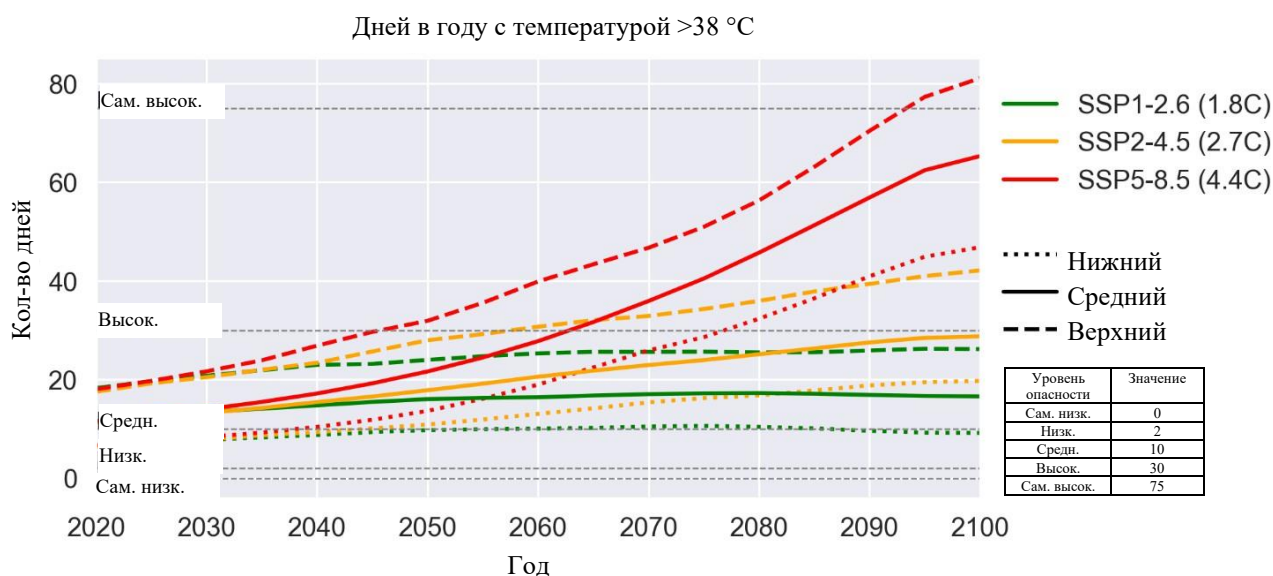


Рисунок 20: Опасность экстремальной жары, представленная количеством дней в году с температурой > 38 °C

Таблица 4: Опасность экстремальной жары, представленная количеством дней в году с температурой > 38 °C

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	12,6	12,4	12,8
2030	13,4	13,2	14,0
2040	14,8	15,4	17,2
2050	16,0	17,8	21,6
2060	16,4	20,6	27,8
2070	17,0	22,9	35,9
2080	17,2	25,1	45,7
2090	16,9	27,5	56,9
2100	16,6	28,7	65,3

9.3.1.6.3 Опасность изменчивости температуры

Для оценки опасности изменчивости температуры используется показатель «отклонение средней температуры приземного воздуха от базового уровня (2020 год)».

Прогнозируется рост средней температуры приземного воздуха по всем рассматриваемым сценариям. Отклонение от базового уровня 2020 года составляет от +0,5 °C в ближайшем будущем (2030 год) при всех сценариях до +2,5 °C в отдаленном будущем (2060 год) по пессимистичному сценарию (SSP5-8.5). Для всех временных периодов такой уровень изменчивости был оценен как **средний**.

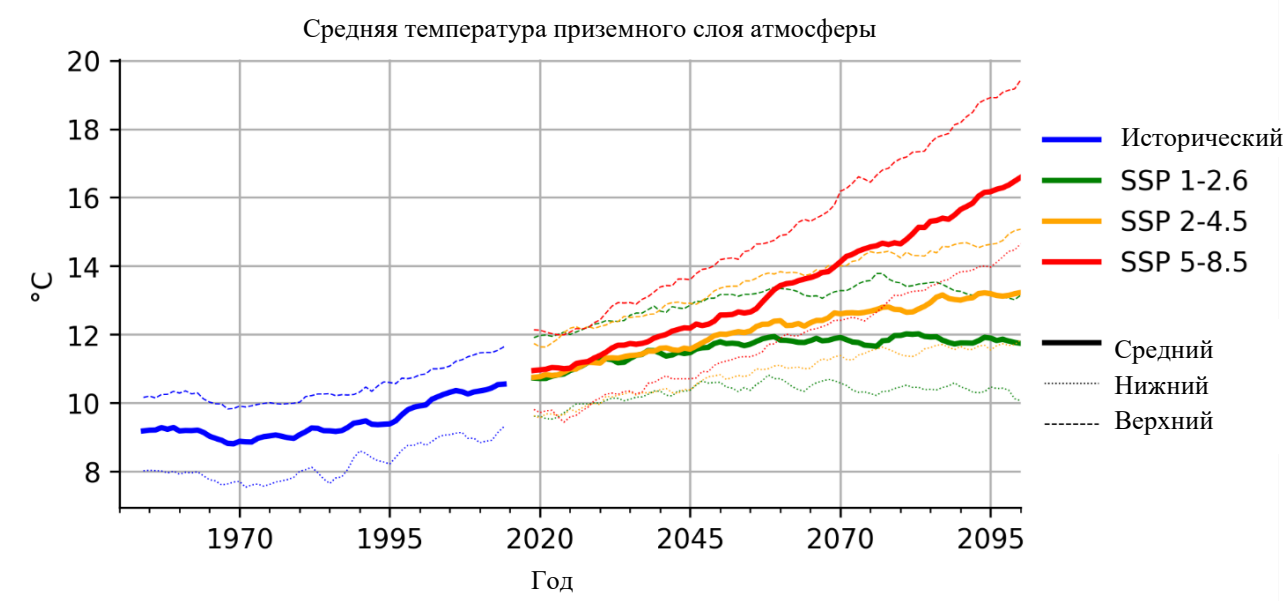


Рисунок 21: Опасность изменчивости температуры, представленная средней температурой поверхности

Таблица 5: Опасность изменчивости температуры, представленная вариациями средней температуры приземного слоя атмосферы по сравнению с базовым периодом (2020 год)

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2030	0,5	0,4	0,4
2040	0,8	0,8	1,0
2050	1,1	1,2	1,6
2060	1,1	1,6	2,5
2070	1,2	1,8	3,2
2080	1,3	2,0	3,7
2090	1,0	2,2	4,7
2100	1,0	2,5	5,6

9.3.1.6.4 Опасность экстремального холода

Ожидается, что опасность экстремального холода, измеряемая по количеству дней в году с температурой ниже -10°C , будет постепенно ослабевать по всем рассматриваемым сценариям. Несмотря на эту тенденцию к снижению, уровень опасности на большей части временного горизонта сохраняется **средним**.

В ближайшем будущем (2030 год) прогнозируется от 35 дней при пессимистичном сценарии (SSP5-8.5) до 37,7 дней при оптимистичном (SSP1-2.6), что соответствует **среднему** классу опасности для всех вариантов развития.

К среднесрочной перспективе (2040 год) количество холодных дней несколько уменьшается: до 30,1 дня по сценарию SSP5-8.5 и до 34,2 дней по сценарию SSP2-4.5. Хотя показатели остаются в пределах **среднего** диапазона, нисходящий тренд становится более выраженным, особенно для пессимистичного сценария.

В отдаленном будущем (2060 год) тенденция к снижению усиливается. Прогнозируемое количество дней колеблется от 20,2 по сценарию SSP5-8.5 до 27,9 по сценарию SSP2-4.5. Несмотря на существенное сокращение, уровень опасности для всех сценариев продолжает оцениваться как **средний**.

Таким образом, опасность экстремального холода демонстрирует устойчивую тенденцию к уменьшению по всем сценариям, что отражает ожидаемое потепление, связанное с изменением климата.

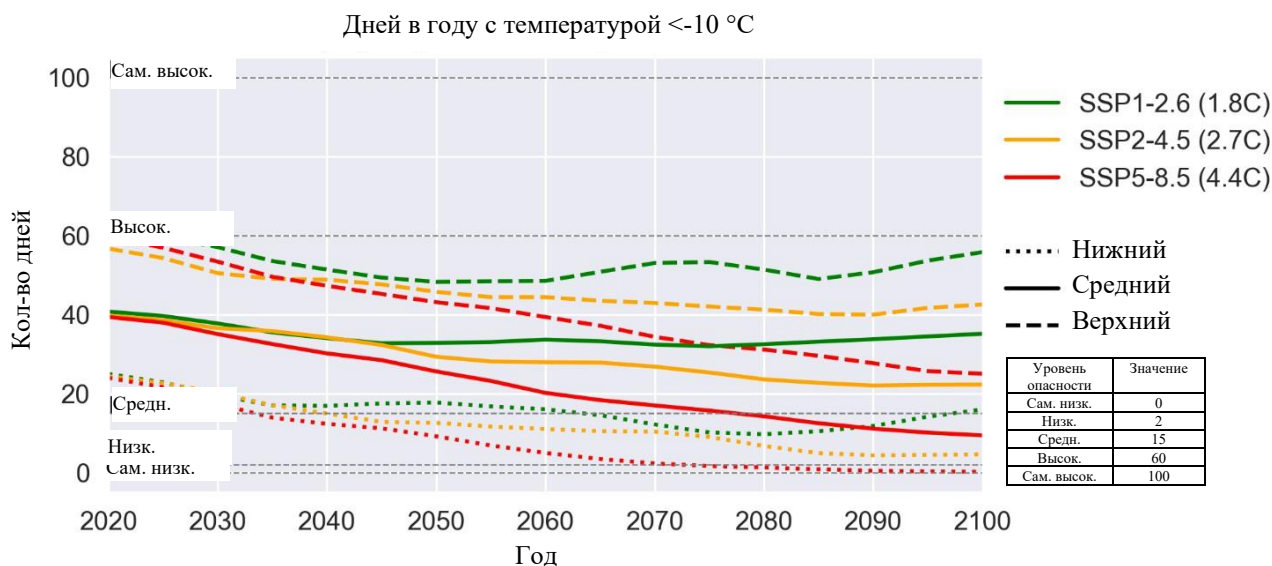


Рисунок 22: Опасность экстремального холода, представленная количеством дней в году с температурой < -10

°C

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	39,6	38,5	37,9
2030	37,7	36,5	35,0
2040	34,0	34,2	30,1
2050	32,8	29,3	25,6
2060	33,6	27,9	20,2
2070	32,4	26,8	17,0
2080	32,5	23,6	14,2
2090	33,7	22,0	11,1
2100	35,1	22,3	9,4

9.3.1.6.5 Опасность засухи

Опасность засухи, которая оценивается по количеству месяцев в году с шестимесячным скользящим средним стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации (SPEI) ниже -2, демонстрирует устойчивую тенденцию к усилению во времени, особенно в рамках пессимистичного сценария.

В ближайшем будущем (2030 год) по оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) продолжительность засушливых условий составляет около 0,5 месяца в год, что соответствует **высокому** уровню опасности. При промежуточном сценарии (SSP2-4.5) этот показатель равен 0,47 месяца, сохраняя **средний** класс опасности. Пессимистичный сценарий (SSP5-8.5) показывает значение 0,51 месяца, которое также остается в **среднем** диапазоне, но приближается к порогу **высокой** опасности.

К среднесрочной перспективе (2040 год) показатели начинают расходиться. Для оптимистичного сценария продолжительность увеличивается до 0,69 месяца, сохраняя **высокий** уровень опасности.

Промежуточный сценарий (SSP2-4.5) стабилизируется на уровне 0,46 месяца, что соответствует **среднему** уровню опасности. В то же время пессимистичный сценарий (SSP5-8.5) возрастает до 0,62 месяца, переходя в категорию **высокой** опасности.

В отдаленном будущем (2060 год) все сценарии указывают на усиление риска засухи. По оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) продолжительность составляет 0,61 месяца, что соответствует **высокому** уровню. Для промежуточного сценария показатель возрастает до 0,64 месяца, также переходя в категорию высокой опасности. Пессимистичный сценарий демонстрирует значительный рост до 0,92 месяца, оставаясь в категории **высокой** опасности.

Эти результаты подчеркивают усиление опасности засухи с течением времени: уже к 2060 году все сценарии прогнозируют достижение **высокого** уровня риска.

Месяцев в году, когда скользящее 6-месячное среднее значение стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации ниже -2

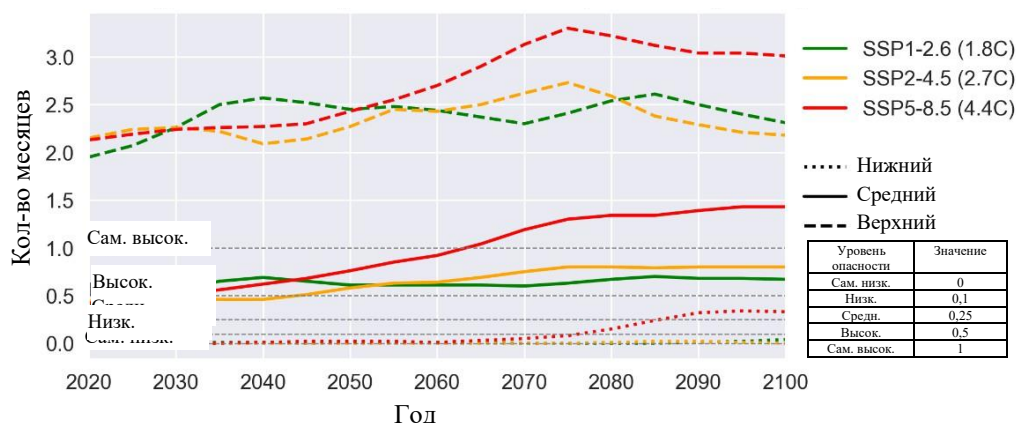


Рисунок 23: Опасность засухи, представленная количеством месяцев в году, когда скользящее 6-месячное среднее значение стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации ниже -2

Таблица 7: Опасность засухи, представленная количеством месяцев в году, когда скользящее 6-месячное среднее значение стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации ниже -2

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	0,45	0,46	0,45
2030	0,55	0,47	0,51
2040	0,69	0,46	0,62
2050	0,61	0,58	0,76
2060	0,61	0,64	0,92
2070	0,60	0,75	1,19
2080	0,67	0,80	1,34
2090	0,68	0,80	1,39
2100	0,67	0,80	1,43

9.3.1.6.6 Опасность дефицита водных ресурсов

Опасность дефицита воды, оцениваемая по показателю «Общий дефицит воды: соотношение потребности человека в воде и доступности водных ресурсов в местных и вышерасположенных бассейнах», не представляет значительного риска для местоположения проекта ни в настоящем, ни в будущем. Фактически, значения данного показателя соответствуют **самому низкому** уровню опасности для всех рассматриваемых сценариев и временных периодов.

Общий дефицит воды: потребность человека в воде / доступность воды для местных и вышерасположенных водосборных бассейнов

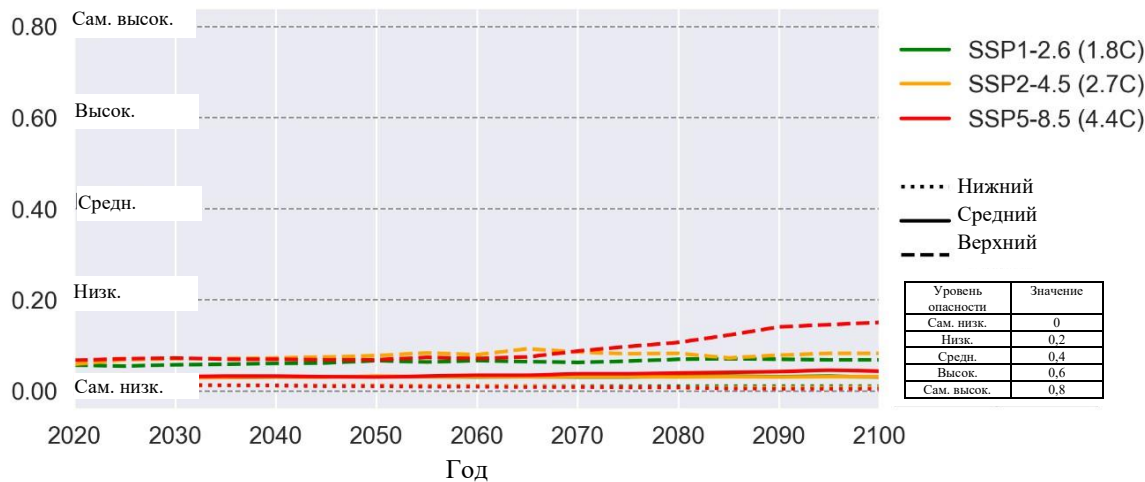


Рисунок 24: Опасность дефицита водных ресурсов, представленная общим дефицитом воды: потребность человека в воде / доступность воды для местных и вышерасположенных водосборных бассейнов

Таблица 8: Опасность дефицита воды, представленная общим дефицитом воды: потребность человека в воде / доступность воды для местных и вышерасположенных водосборных бассейнов

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	0,029	0,028	0,031
2030	0,03	0,028	0,031
2040	0,03	0,03	0,032
2050	0,031	0,032	0,03
2060	0,03	0,031	0,034
2070	0,03	0,031	0,037
2080	0,032	0,03	0,039
2090	0,031	0,03	0,042
2100	0,03	0,031	0,043

9.3.1.6.7 Опасность сильных штормов

Опасность сильных штормов, оцениваемая по количеству дней в году с условиями, благоприятными для возникновения сильных гроз, демонстрирует во времени стабильную картину с незначительной тенденцией к росту по всем сценариям.

В ближайшем будущем (2030 год) по оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) прогнозируется около 2,9 дня в год, что соответствует **самому низкому** уровню опасности. Промежуточный сценарий (SSP2-4.5) показывает схожий показатель — 2,8 дня, который также классифицируется как **самый низкий**. По пессимистичному сценарию (SSP5-8.5) значение несколько выше и составляет 3,5 дня, однако остается в пределах **самого низкого** класса опасности.

К среднесрочной перспективе (2040 год) отмечается умеренное увеличение показателей. Для оптимистичного сценария значение незначительно снижается до 2,9 дня, сохраняя **самый низкий** уровень. Промежуточный сценарий демонстрирует рост до 3,0 дней, что все еще соответствует **самому низкому** классу. Пессимистичный сценарий увеличивается далее до 3,7 дней, оставаясь в категории **самой низкой** опасности.

В отдаленном будущем (2060 год) уровень опасности по всем сценариям остается незначительным. По оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) прогнозируется 2,9 дня, по промежуточному (SSP2-4.5) — 3,3 дня, а по пессимистичному (SSP5-8.5) — 4,2 дня. При этом все значения сохраняют классификацию **самого низкого** уровня опасности.

Таким образом, сильные штормы на площадке проекта не рассматриваются как критическая опасность ни в ближайшем, среднесрочном, ни в отдаленном будущем, поскольку прогнозируемый уровень риска для всех сценариев вплоть до 2060 года соответствует категории **самой низкой**.



Рисунок 25: Опасность сильных штормов, представленная количеством дней в году, когда условия окружающей среды благоприятствуют образованию сильных гроз

Таблица 9: Опасность сильных штормов, представленная количеством дней в году, когда условия окружающей среды благоприятствуют образованию сильных гроз

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	2,9	2,6	3,6
2030	3,0	2,8	3,5
2040	2,9	3,0	3,7
2050	2,8	3,0	4,0
2060	3,0	3,3	4,3
2070	2,9	3,5	4,6
2080	3,0	3,9	5,1
2090	3,3	3,7	5,9
2100	3,5	3,2	5,8

9.3.1.6.8 Опасность экстремальных осадков

Опасность экстремальных осадков, выраженная показателем «максимальное суточное количество осадков в водном эквиваленте (в мм) при однопроцентной обеспеченности», последовательно сохраняет **самый низкий** уровень риска для всех сценариев в течение всего рассматриваемого периода — ближайшего, среднесрочного и отдаленного будущего.

В ближайшем будущем (2030 год) по оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) прогнозируется значение 76 мм, которое уверенно находится в пределах самого низкого уровня опасности. Промежуточный сценарий (SSP2-4.5) показывает такой же результат — 76 мм, а пессимистичный (SSP5-8.5) — 77 мм; все они классифицируются как представляющие **самый низкий** риск.

К среднесрочному будущему (2040 год) наблюдается незначительный рост значений. По оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) прогнозируется 78 мм, по промежуточному (SSP2-4.5) — также 78 мм, а пессимистичный сценарий (SSP5-8.5) демонстрирует небольшое увеличение до 79 мм. Несмотря на это, все сценарии сохраняют **самый низкий** уровень опасности.

В отдаленном будущем (2060 год) тенденция к постепенному увеличению продолжается. Для оптимистичного сценария значение составляет 79 мм, промежуточный возрастает до 81 мм, а пессимистичный достигает 86 мм. Все эти показатели по-прежнему соответствуют **самому низкому** классу опасности.

Таким образом, ожидается, что интенсивность экстремальных осадков на площадке проекта будет оставаться на **самом низком** уровне риска по всем сценариям вплоть до 2050 года.

Максимальное суточное количество осадков в водном эквиваленте (в мм) при однопроцентной обеспеченности

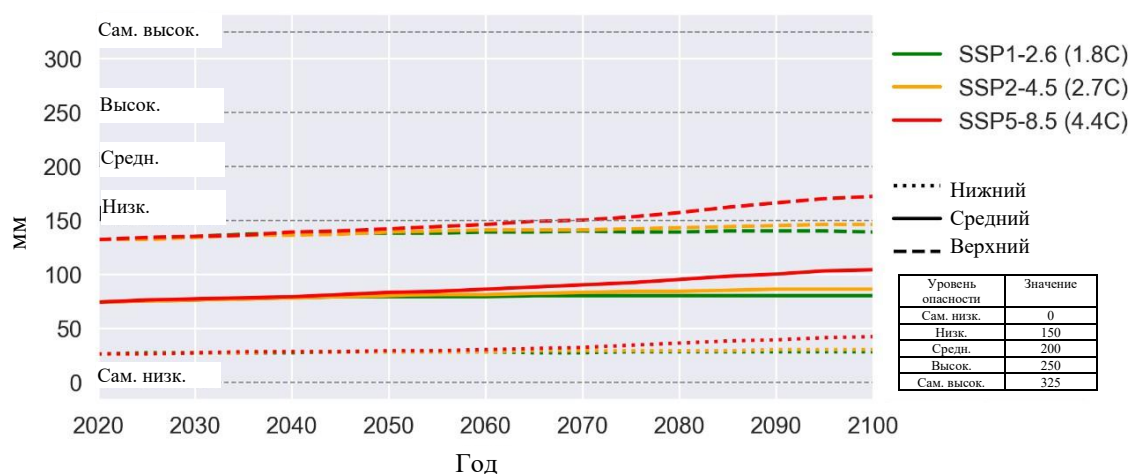


Рисунок 26: Опасность экстремальных осадков, представленная максимальным суточным количеством осадков в водном эквиваленте (в мм) при однопроцентной обеспеченности

Таблица 10: Опасность экстремальных осадков, представленная максимальным суточным количеством осадков в водном эквиваленте (в мм) при однопроцентной обеспеченности

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	75,0	75,0	76,0
2030	76,0	76,0	77,0
2040	78,0	78,0	79,0
2050	79,0	80,0	83,0
2060	79,0	81,0	86,0
2070	80,0	83,0	90,0
2080	80,0	84,0	95,0
2090	80,0	86,0	100,0
2100	80,0	86,0	104,0

9.3.1.6.9 Изменчивость осадков

Для оценки опасности изменчивости осадков используется показатель «отклонение годового количества осадков от базового уровня (2020 год)».

Прогнозы указывают на слабую тенденцию к увеличению годовых сумм осадков. Эта тенденция более выражена для промежуточного и пессимистичного сценариев и несколько менее заметна для оптимистичного.

Прогнозы также указывают на колебания прогнозируемого прироста в разные периоды. В ближайшем будущем (2030 год) он может составить от -0,8 до +18,9 мм, в среднесрочном (2040 год) — от +9,2 до +13,0 мм, а в отдаленном (2060 год) — от -5,7 до +22,7 мм. Учитывая небольшую величину этих отклонений, опасность изменчивости осадков была оценена как **низкая** для всех сценариев и временных горизонтов.

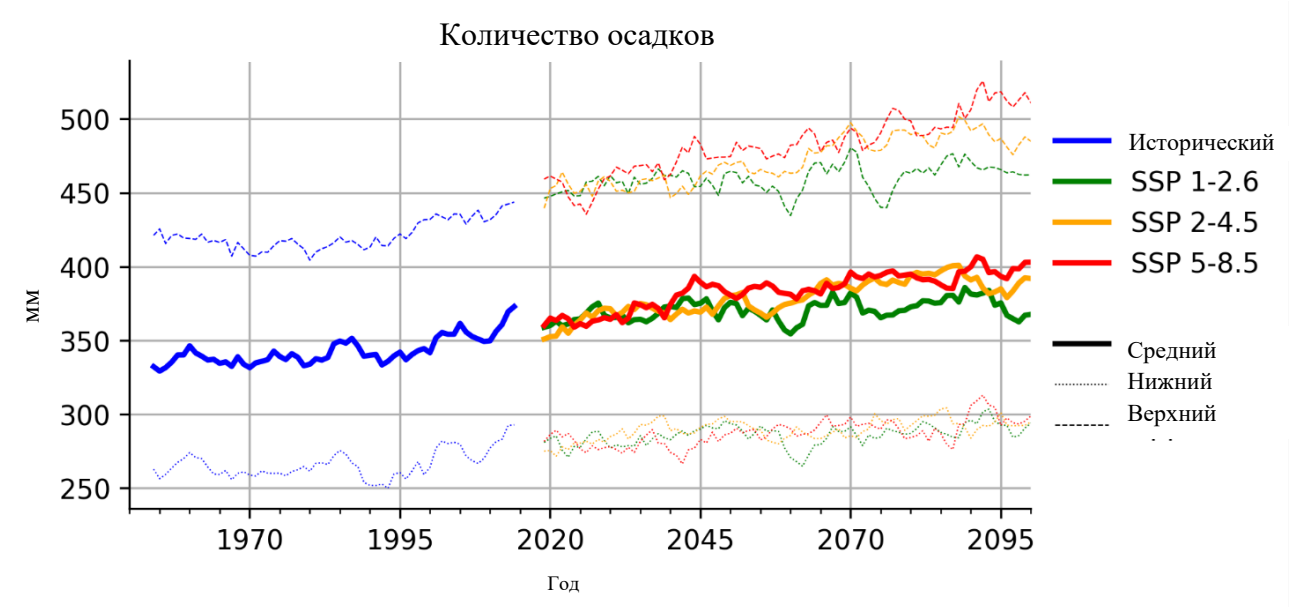


Рисунок 27: Опасность изменчивости осадков, представленная годовым количеством осадков

Таблица 11: Опасность изменчивости осадков, представленная вариациями годового количества осадков по сравнению с базовым периодом (2020 год)

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2030	5,2	18,9	-0,8
2040	13,0	11,5	9,2
2050	15,7	27,8	15,6
2060	-5,7	22,7	16,1
2070	22,1	32,8	31,2
2080	12,7	41,8	29,8
2090	21,3	38,4	34,8
2100	7,6	39,4	37,9

9.3.1.6.10 Опасность лесных пожаров

Опасность лесных пожаров, выраженная показателем «годовая вероятность возникновения пожара», последовательно сохраняет **самый высокий** уровень риска для всех сценариев на протяжении всего рассматриваемого периода — ближайшего, среднесрочного и отдаленного будущего.

В ближайшем будущем (2030 год) по оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) годовая вероятность составляет 6,3%, по промежуточному (SSP2-4.5) — также 6,3%, а по пессимистичному (SSP5-8.5) — 6,5%. Все эти значения значительно превышают порог для **самого высокого** уровня опасности, установленный на отметке >0,7%.

К среднесрочной перспективе (2040 год) вероятность продолжает расти: для оптимистичного сценария она достигает 6,7%, для промежуточного — 6,8%, а для пессимистичного — 7,1%. Все прогнозируемые значения остаются в пределах **самого высокого** класса опасности.

В отдаленном будущем (2050 год) вероятность возникновения пожара по оптимистичному сценарию (SSP1-2.6) достигает 6,9%, по промежуточному (SSP2-4.5) возрастает до 7,5%, а по пессимистичному (SSP5-8.5) демонстрирует значительный рост — до 8,5%. Все сценарии по-прежнему соответствуют **самому высокому** классу опасности.

Таким образом, вероятность лесных пожаров на площадке проекта, согласно прогнозам, сохранится на **самом высоком** уровне риска вплоть до 2060 года для всех рассмотренных сценариев.

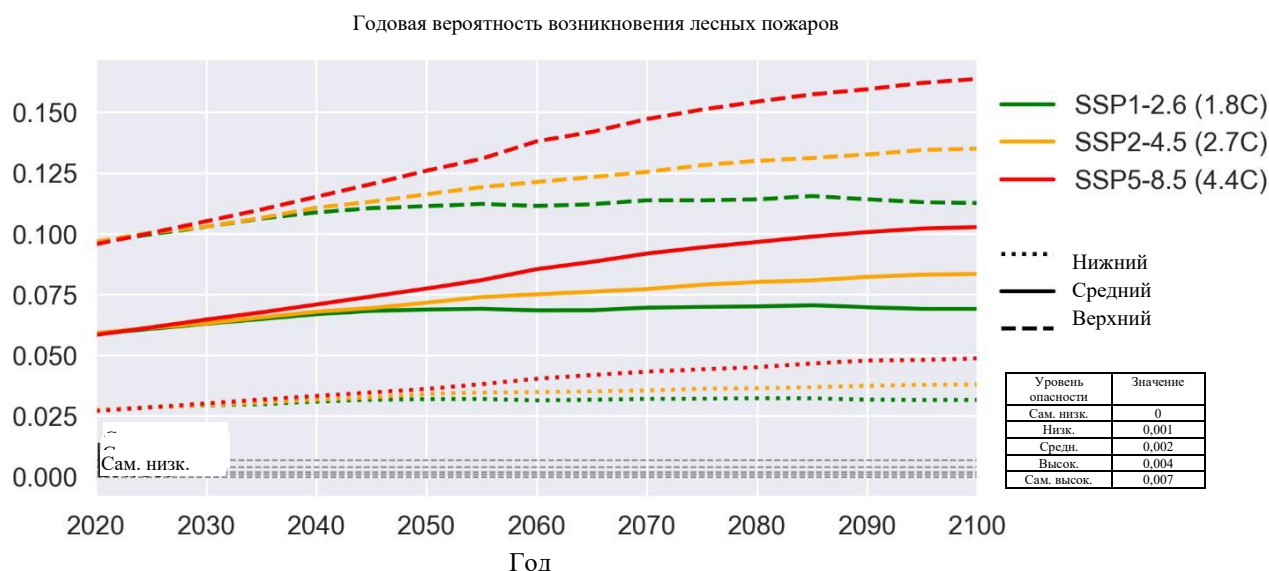


Рисунок 28: Опасность лесных пожаров, представленная годовой вероятностью

возникновения пожара

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	6,1%	6,1%	6,1%
2030	6,3%	6,3%	6,5%
2040	6,7%	6,8%	7,1%
2050	6,9%	7,2%	7,7%
2060	6,8%	7,5%	8,5%
2070	7,0%	7,7%	9,2%
2080	7,0%	8,0%	9,7%
2090	7,0%	8,2%	10,1%
2100	6,9%	8,3%	10,3%

9.3.1.6.11 Опасность града

Опасность града, оцениваемая по количеству дней в году с вероятностью выпадения крупного града (диаметром более 5 см), последовательно сохраняет **самый низкий** уровень риска для всех сценариев в течение ближайшего, среднесрочного и отдаленного будущего.

В ближайшем будущем (2030 год) по оптимистичному (SSP1-2.6) и промежуточному (SSP2-4.5) сценариям прогнозируется полное отсутствие дней с таким явлением. Пессимистичный сценарий (SSP5-8.5) показывает незначительную вероятность — около 0,01 дня в год. Все эти значения соответствуют **самому низкому** классу опасности, определяемому диапазоном от 0 до 0,1 дня.

К среднесрочной перспективе (2040 год) дни с крупным градом не прогнозируются ни по одному из сценариев, что сохраняет **самый низкий** уровень опасности.

В отдаленном будущем (2060 год) оптимистичный и промежуточный сценарии по-прежнему предполагают отсутствие таких дней, тогда как по пессимистичному сценарию вероятность оценивается как 0,01 дня в год. Все эти показатели остаются в пределах **самого низкого** класса риска.

Таким образом, риск выпадения крупного града на площадке проекта оценивается как минимальный вплоть до 2060 года для всех рассмотренных сценариев, постоянно соответствуя **самому низкому** уровню опасности.

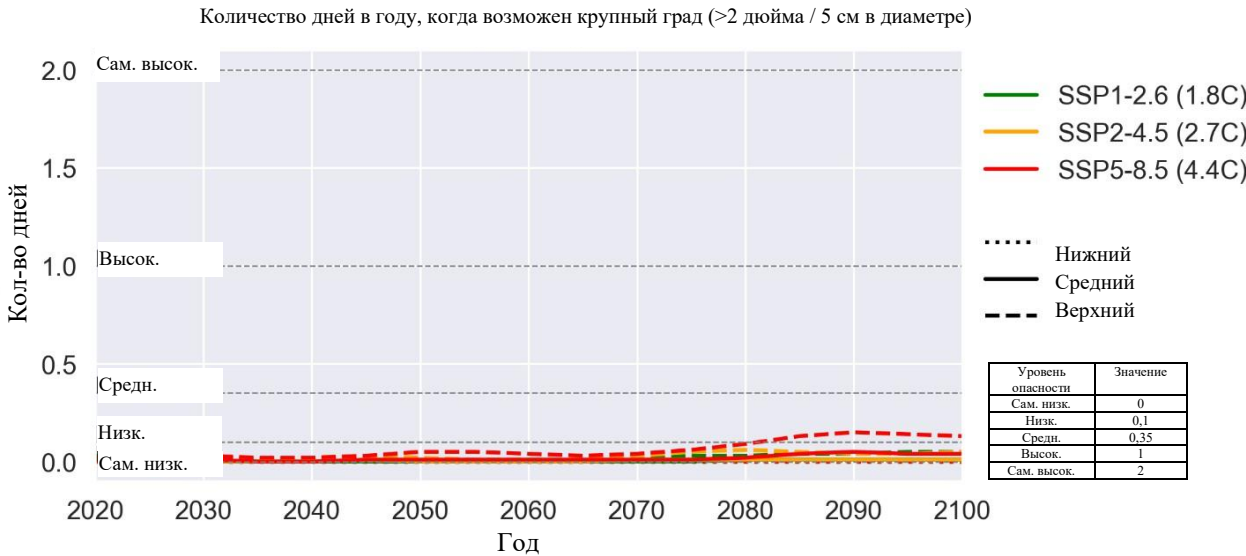


Рисунок 29: Опасность града, представленная количеством дней в году, когда возможен крупный град (>2 дюйма / 5 см в диаметре)

Таблица 13: Опасность града, представленная количеством дней в году, когда возможен крупный град (>2 дюйма / 5 см в диаметре)

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	0,01	0,00	0,00
2030	0,00	0,00	0,01
2040	0,00	0,00	0,00
2050	0,00	0,00	0,01
2060	0,00	0,00	0,01
2070	0,00	0,01	0,01
2080	0,01	0,01	0,02
2090	0,01	0,01	0,05
2100	0,01	0,01	0,04

9.3.1.6.12 Опасность сильного ветра

Опасность сильного ветра, оцениваемая по показателю «максимальная устойчивая скорость ветра за 1 минуту (в км/ч) при однопроцентной обеспеченности», остается стабильной для всех сценариев в ближайшем, среднесрочном и отдаленном будущем. Прогнозируемые значения устойчиво держатся около отметки 161 км/ч, что соответствует **среднему** уровню опасности по глобальной классификации Jupiter.

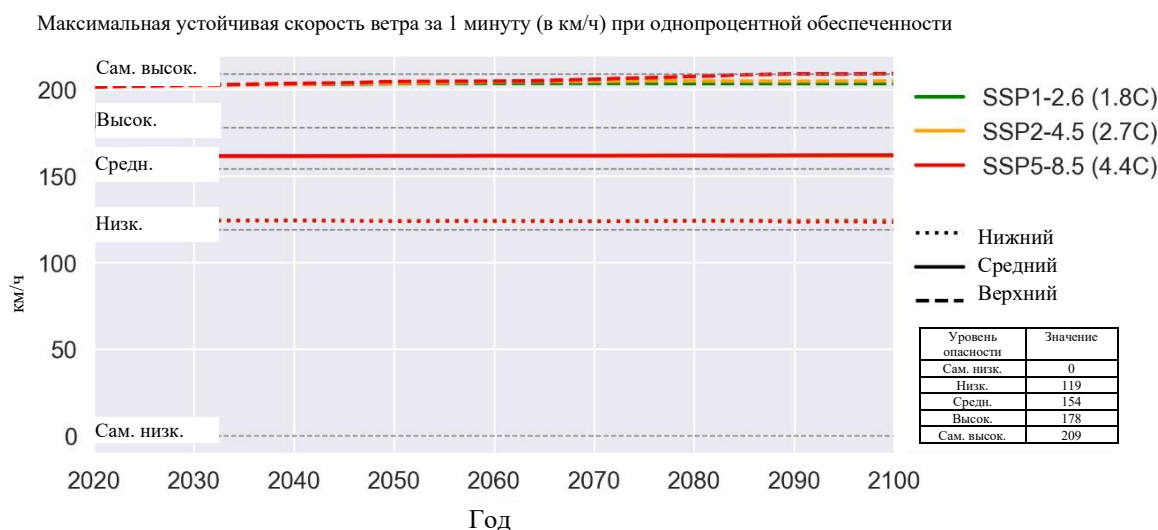


Рисунок 30: Опасность сильного ветра, представленная максимальной устойчивой скоростью ветра за 1 минуту (в км/ч) при однопроцентной обеспеченности

Таблица 14: Опасность сильного ветра, представленная максимальной устойчивой скоростью ветра за 1 минуту (в км/ч) при однопроцентной обеспеченности

год	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2025	161,4	161,4	161,4
2030	161,4	161,4	161,4
2040	161,4	161,4	161,4
2050	161,5	161,5	161,5
2060	161,5	161,5	161,6
2070	161,5	161,5	161,6
2080	161,5	161,6	161,8
2090	161,5	161,6	161,9
2100	161,5	161,6	162,0

9.3.2 Оценка чувствительности, адаптационного потенциала и уязвимости

9.3.2.1 Чувствительность

Для каждой опасности чувствительность оценивалась качественно путем определения наиболее значимых потенциальных воздействий на каждый компонент проекта и на проект в целом. Оценка проводилась в формате внутреннего семинара с экспертами компании WSP с учетом всей доступной информации из профильной литературы и специфики данного проекта.

На заключительном этапе каждому компоненту проекта, а также проекту в целом, был присвоен класс чувствительности: «Высокий», «Средний» или «Низкий». Присвоение учитывало всю совокупность данных, собранных в ходе оценки: спектр потенциальных воздействий, их количество, достоверность, полноту информации и предполагаемую серьезность последствий.

Ниже в таблице приведены определения для каждого уровня чувствительности.

Таблица 15: Определение классов чувствительности

КЛАСС ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ	ОПИСАНИЕ КЛАССА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
Низк.	Потенциальное воздействие способно нанести незначительный ущерб целостности и функциональности актива, что приведет к минимальным последствиям для работоспособности проекта.
Средн.	Потенциальное воздействие может причинить существенный ущерб целостности и функциональности актива, что повлечет за собой соответствующие нарушения в работе проекта.
Высок.	Потенциальное воздействие способно поставить под угрозу целостность и функциональность актива, приводя к серьезным последствиям для работоспособности проекта.

Был принят консервативный подход: в случаях неопределенности оценки из-за противоречивых данных присваивался более высокий класс чувствительности.

Ниже представлена чувствительность проекта к каждой опасности с краткими обоснованиями проведенной оценки.

9.3.2.1.1 Чувствительность к затоплению

Общая чувствительность проекта к затоплению оценена как «СРЕДНЯЯ». Такая классификация основана на способности этого явления нарушить работу критической инфраструктуры, что может вызвать перебои в эксплуатации и проблемы с безопасностью. Чувствительность отдельных компонентов ветроэлектростанции к затоплению описана далее.

- **Ветрогенераторы:** Затопление представляет риск для стабильности ветрогенераторов, в первую очередь для их фундаментов и оснований. Проникновение воды может нарушить структурную целостность, что приведет к механическим отказам или остановкам в работе. Несмотря на то что ветрогенераторы обычно приподняты, паводковые воды в период экстремальных событий способны повлиять на их устойчивость. Чувствительность ветрогенераторов к затоплению оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Воздушные линии электропередачи:** Воздушные линии электропередачи относительно менее подвержены прямому воздействию затопления, но остаются уязвимыми к перебоям в случае повреждения окружающей инфраструктуры. Затопление может вызвать физические повреждения опор или образование обломков, препятствующих работе линий, что ведет к электрическим неисправностям и отключениям. Чувствительность воздушных линий электропередачи к затоплению оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подземные кабели:** Подземные кабели, как правило, защищены от поверхностного затопления. Однако если вода затронет сопутствующую инфраструктуру (например, подстанции или основания турбин), это может нарушить их функциональность. Проникновение влаги в зону прокладки кабелей способно повредить изоляцию, создавая риск перебоев в электроснабжении или опасных ситуаций. Чувствительность подземных кабелей к затоплению оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подстанции:** Подстанции высокочувствительны к затоплению из-за концентрации электрического оборудования и систем распределения энергии. Попадание воды может спровоцировать короткое замыкание, выход оборудования из строя или даже возгорание. Затопление также способно парализовать работу подстанций, вызывая отключения, которые затрагивают функционирование всей ветроэлектростанции. Чувствительность подстанций к затоплению оценена как «ВЫСОКАЯ».

- **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):** Система хранения энергии уязвима к затоплению, поскольку вода способна повредить ее электрические компоненты и инфраструктуру. Попадание влаги может привести к неисправностям или полному отказу системы, что вызовет потерю емкости и создаст потенциальные угрозы безопасности, включая риск возгорания в крайних случаях. Чувствительность аккумуляторной системы накопления энергии к затоплению оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Подъездные дороги:** Затопление способно повредить подъездные дороги, вызвав эрозию, размывы или скопление воды, что ограничит доступ к площадке для технического обслуживания или аварийных служб. Это может привести к задержкам ремонтных работ и нарушить общую эксплуатацию объекта. Чувствительность подъездных дорог к затоплению оценена как «**НИЗКАЯ**».

9.3.2.1.2 Чувствительность к экстремальной жаре

Общая чувствительность проекта к экстремальной жаре и изменчивости температуры была оценена как «**СРЕДНЯЯ**». Это основано на потенциальном влиянии высоких температур, которое может проявляться в деградации материалов и инфраструктуры, а также в снижении эффективности ключевых систем. Ниже описана чувствительность компонентов ветроэлектростанции к экстремальной жаре и температурной изменчивости.

- **Ветрогенераторы:** Экстремально высокие температуры способны снизить эффективность ветрогенераторов, вызывая термическое напряжение, которое может привести к механическим проблемам или отказам. Это уменьшает эксплуатационную мощность и производительность турбин во время продолжительной жары. Чувствительность ветрогенераторов к экстремальной жаре оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Воздушные линии электропередачи:** При экстремальной жаре воздушные линии электропередачи подвержены провисанию и деформации из-за теплового расширения. Это может вызвать электрические неисправности, сбои в электроснабжении и создать опасные ситуации. В итоге подобные нарушения способны привести к отключениям, затрагивающим работу всей ветроэлектростанции. Чувствительность воздушных линий электропередачи к экстремальной жаре оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Подземные кабели:** Длительное воздействие высоких температур может вызвать пробой изоляции и потенциальные отказы подземных кабелей. Хотя они обычно лучше защищены от колебаний температуры на поверхности, экстремальная жара со временем способствует деградации материалов. Чувствительность подземных кабелей к экстремальной жаре оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Подстанции:** Экстремальная жара негативно влияет на подстанции, повышая риск перегрева и электрических неисправностей. Высокие температуры снижают эффективность оборудования, провоцируя сбои и возможные перебои в питании. Риск возгорания или повреждения возрастает, если системы охлаждения не справляются с экстремальными условиями. Чувствительность подстанций к экстремальной жаре оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):** Система хранения энергии чувствительна к экстремальной жаре. Перегрев батарей может привести к снижению производительности, сокращению срока службы и создать угрозы безопасности, включая риск теплового разгона в отдельных случаях. Чувствительность аккумуляторной системы к экстремальной жаре оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Подъездные дороги:** Прямого воздействия экстремальной жары на подъездные дороги не ожидается. Чувствительность подъездных дорог к экстремальной жаре оценена как «**НИЗКАЯ**».

9.3.2.1.3 Чувствительность к изменчивости температуры

Потенциальные воздействия на проект в целом и на его основные компоненты в условиях хронического повышения температур признаны аналогичными, но менее значительными по сравнению с воздействиями, характерными для опасности экстремальной жары (см. раздел 9.3.2.1.2). В связи с этим общая чувствительность проекта к изменчивости температуры была оценена как «**НИЗКАЯ**». Детальная информация по чувствительности отдельных компонентов представлена в главе 9.3.3 «Оценка физических рисков».

9.3.2.1.4 Чувствительность к экстремальному холоду

Общая чувствительность проекта к экстремальному холоду была оценена как «СРЕДНЯЯ». Эта оценка основана на способности крайне низких температур повреждать ключевые компоненты, включая структурные элементы, механические системы и электрическую инфраструктуру.

Чувствительность отдельных компонентов проекта к экстремальному холоду описана ниже.

- **Ветрогенераторы:** Экстремальный холод может вызвать охрупчивание материалов в компонентах ветрогенераторов, особенно лопастей и несущих конструкций. Низкие температуры повышают риск растрескивания или выхода материалов из строя. Кроме того, обледенение лопастей значительно снижает аэродинамическую эффективность турбины, что отрицательно сказывается на выработке электроэнергии. Накопление льда также способно причинить физические повреждения лопастям, приводя к дорогостоящему ремонту или простоям. Чувствительность ветрогенераторов к экстремальному холоду оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Воздушные линии электропередачи:** В условиях экстремального холода воздушные линии электропередачи подвержены сжатию, что увеличивает механическое натяжение и риск обрыва или повреждения. Это может вызвать перебои в электроснабжении и нарушить работу ветроэлектростанции. Дополнительную опасность представляет обледенение проводов, которое создает значительную дополнительную нагрузку, еще больше повышая вероятность обрыва. Чувствительность воздушных линий электропередачи к экстремальному холоду оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Подземные кабели:** Хотя подземные кабели защищены от прямого воздействия экстремального холода, промерзание грунта может повлиять на их изоляцию и рабочие характеристики. В районах с высокой влажностью циклы заморозки-оттаивания вызывают подвижки грунта, способные повредить кабели или их защитную оболочку, что ведет к потенциальным электрическим отказам. Чувствительность подземных кабелей к экстремальному холоду оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подстанции:** Экстремально низкие температуры вызывают сжатие оборудования внутри подстанций, что может привести к сбоям в работе или отказам. Охрупчивание материалов в таких условиях повышает вероятность растрескивания или повреждения ключевых компонентов, таких как трансформаторы, выключатели и коммутационная аппаратура. Кроме того, низкие температуры приводят к загущению смазочных материалов и рабочих жидкостей, ухудшая функциональность и производительность оборудования. Чувствительность подстанций к экстремальному холоду оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Аккумуляторная система накопления энергии (АСНЭ):** Система хранения энергии чувствительна к экстремальному холоду, поскольку низкие температуры снижают ее емкость и эффективность. Это также ведет к ухудшению характеристик аккумуляторов, сокращению их срока службы и уменьшению общей способности накапливать энергию. В отдельных случаях возможен полный отказ системы, что нарушит электроснабжение и создаст угрозу безопасности объекта. Чувствительность аккумуляторной системы к экстремальному холоду оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Подъездные дороги:** Экстремальный холод способствует обледенению и повышению скользкости дорог, что может затруднить доступ к площадке. Это вызывает задержки в проведении технического обслуживания или аварийных работ в период холодов. Чувствительность подъездных дорог к экстремальному холоду оценена как «НИЗКАЯ».

9.3.2.1.5 Чувствительность к засухе

Общая чувствительность проекта к засухе и дефициту воды оценена как «НИЗКАЯ». Маловероятно, что засуха напрямую повредит инфраструктуру — ветрогенераторы, воздушные линии электропередачи, подземные кабели, подстанции, систему накопления энергии или подъездные дороги. Однако продолжительные засушливые условия могут косвенно повлиять на отдельные компоненты, главным образом через изменение стабильности фундаментов турбин и целостности грунта.

Чувствительность конкретных компонентов проекта к засухе описана ниже.

- **Ветрогенераторы:** Засуха может косвенно повлиять на фундаменты ветрогенераторов, особенно в районах с почвами, склонными к набуханию (глины) или осыпанию. Продолжительное снижение влажности грунта вызывает его усадку, что способно привести к проседанию или нестабильности под фундаментами. Чувствительность ветрогенераторов к засухе оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Воздушные линии электропередачи:** Прямого воздействия засухи на воздушные линии электропередачи не ожидается. Чувствительность воздушных линий электропередачи к засухе оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Подземные кабели:** Подземные кабели также не подвержены прямому воздействию засухи. Снижение влажности почвы теоретически может вызвать подвижки грунта, однако в большинстве случаев это не представляет существенной угрозы для целостности кабелей. В районах с особыми грунтами (набухающие глины) такие процессы требуют внимания, но значительного риска не создают. Чувствительность подземных кабелей к засухе оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Подстанции:** Прямого воздействия засухи на подстанции не ожидается. Чувствительность подстанций к засухе оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Аккумуляторная система накопления энергии (АСНЭ):** Прямого воздействия засухи на систему накопления энергии не ожидается. Чувствительность АСНЭ к засухе оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Подъездные дороги:** Прямого воздействия засухи на подъездные дороги не ожидается. Чувствительность подъездных дорог к засухе оценена как «**НИЗКАЯ**».

9.3.2.1.6 Чувствительность к дефициту водных ресурсов

Потенциальные воздействия хронического дефицита воды на все основные компоненты проекта аналогичны воздействиям от засухи. В связи с этим общая чувствительность проекта к дефициту воды была оценена как «**НИЗКАЯ**».

Подробная информация о чувствительности отдельных компонентов представлена в главе 9.3.3 «Оценка физических рисков».

9.3.2.1.7 Чувствительность к сильным штормам

Общая чувствительность проекта к сильным штормам была оценена как «**ВЫСОКАЯ**». Эти явления, характеризующиеся ураганными ветрами, проливными дождями и грозовыми разрядами, способны нанести значительный ущерб различным компонентам проекта, приводя к структурным и материальным разрушениям, включая возникновение электрических аварий. Ниже описана чувствительность отдельных элементов проекта к сильным штормам.

- **Ветрогенераторы:** Сильные штормы с ураганными ветрами представляют прямую угрозу для ветрогенераторов. Мощные порывы могут повредить лопасти или дестабилизировать конструкцию, что способно привести к механическому отказу. Помимо этого, вибрации, вызванные ветром, влияют на производительность и безопасность турбин. Частые во время штормов удары молний также опасны: они могут вывести из строя электрические компоненты и спровоцировать системные сбои. Чувствительность ветрогенераторов к сильным штормам оценена как «**ВЫСОКАЯ**».
- **Воздушные линии электропередачи:** Воздушные линии электропередачи крайне уязвимы к воздействию сильных штормов. Шквальные ветры вызывают провисание или обрыв проводов, а падающие деревья и обломки повреждают линии и опоры. Удары молний создают опасные скачки напряжения, ведущие к неисправностям в сети, отключениям электроэнергии и операционным сбоям. Чувствительность воздушных линий электропередачи к сильным штормам оценена как «**ВЫСОКАЯ**».
- **Подземные кабели:** Хотя подземные кабели защищены от прямого физического воздействия ветра и обломков, экстремальные осадки во время штормов могут вызвать локальные подтопления. Это приводит к эрозии почвы и нестабильности грунта вокруг кабельных траншей.

Со временем это может нарушить работу кабелей или повредить их. Чувствительность подземных кабелей к сильным штормам оценена как «СРЕДНЯЯ».

- **Подстанции:** Как ключевые электрические узлы, подстанции уязвимы к повреждениям от сильных штормов. Ураганные ветры могут разрушить здания и конструкции, а удары молний — вызвать скачки напряжения, возгорания или отказы оборудования. Локальные подтопления из-за ливней способны ослабить фундаменты и привести к проникновению воды, что парализует работу подстанции. Чувствительность подстанций к сильным штормам оценена как «ВЫСОКАЯ».
- **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):** Системы хранения энергии подвержены скачкам напряжения, вызванным молниями или интенсивной грозовой активностью. Разряды молний могут повредить электрические компоненты, приводя к отказам системы или снижению производительности. Кроме того, сильные ветры и летящие обломки способны косвенно повлиять на систему, если будут повреждены подключенные к ней элементы. Чувствительность СНЭ к сильным штормам оценена как «ВЫСОКАЯ».
- **Подъездные дороги:** Сильные штормы вызывают эрозию, подтопление или скопление обломков на дорогах, делая их непроходимыми и опасными. Повреждение подъездных путей задерживает аварийное реагирование, техническое обслуживание и доставку материалов, что ведет к сбоям в работе проекта и создает риски для безопасности. Чувствительность подъездных дорог к сильным штормам оценена как «СРЕДНЯЯ».

9.3.2.1.8 Чувствительность к экстремальным осадкам

Общая чувствительность проекта к экстремальным осадкам оценена как «СРЕДНЯЯ». Подобные события, в особенности интенсивные ливни, способны повредить инфраструктуру, нарушить ее функционирование и создать угрозы безопасности. Они могут перегрузить системы водоотвода, привести к затоплению территорий и повысить риск структурных повреждений. Чувствительность отдельных компонентов проекта к экстремальным осадкам описана ниже.

- **Ветрогенераторы:** Экстремальные осадки приводят к скоплению воды у оснований турбин, что может вызвать эрозию почвы или нестабильность под фундаментами. Интенсивные дожди и переувлажнение также увеличивают механическую нагрузку на компоненты, снижая производительность и повышая риск повреждений. В сочетании с сильным ветром осадки усиливают опасность для лопастей и механических систем. Чувствительность ветрогенераторов к экстремальным осадкам оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Воздушные линии электропередачи:** Воздушные линии электропередачи уязвимы к воздействию экстремальных осадков. Ливни могут вызвать локальные подтопления, которые ослабляют фундаменты опор, нарушая их структурную целостность. Паводковые воды повышают вероятность электрических неисправностей и коротких замыканий, ведущих к отключениям. Кроме того, размягченный грунт провоцирует осадку или перекос опор, дополнительно угрожая устойчивости сети. Чувствительность воздушных линий электропередачи к экстремальным осадкам оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Подземные кабели:** Хотя подземные кабели в целом защищены от прямого воздействия дождей, экстремальные осадки способны перегрузить системы водоотвода и вызвать переувлажнение грунта вокруг них. Избыточное скопление влаги ведет к эрозии почвы, что влияет на стабильность кабельных траншей и со временем может вызвать нарушения в работе или повреждение кабелей. Чувствительность подземных кабелей к экстремальным осадкам оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подстанции:** Подстанции чувствительны к экстремальным осадкам из-за риска затопления и проникновения воды. Продолжительные ливни перегружают дренаж, приводя к подтоплению территории и воздействию на электрооборудование. Вода вызывает коррозию, электрические неисправности и повреждения, что может обернуться отключениями и дорогостоящим ремонтом. Кроме того, размыв грунта способен ослабить фундаменты, ставя под угрозу структурную целостность объектов. Чувствительность подстанций к экстремальным осадкам оценена как «СРЕДНЯЯ».

- **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):** Экстремальные осадки могут воздействовать на систему хранения энергии через проникновение воды и подтопление, что ведет к неисправностям оборудования или снижению производительности. Переувлажнение и затопление способны повредить электрические компоненты, нарушить работу системы и создать угрозы безопасности. Чувствительность СНЭ к экстремальным осадкам оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Подъездные дороги:** Интенсивные осадки наносят значительный ущерб подъездным дорогам, вызывая подтопления, эрозию и скопление обломков. Непроходимость дорог задерживает аварийное реагирование, техническое обслуживание и доставку материалов, что нарушает работу проекта и создает дополнительные риски для безопасности. Чувствительность подъездных дорог к экстремальным осадкам оценена как «СРЕДНЯЯ».

9.3.2.1.9 Чувствительность к изменчивости осадков

Потенциальные воздействия на проект в целом и его основные компоненты в условиях хронического увеличения количества осадков признаны аналогичными, но менее значительными по сравнению с воздействиями при экстремальных осадках (см. раздел 9.3.2.1.8). Следовательно, общая чувствительность проекта к изменчивости осадков была оценена как «НИЗКАЯ». Детальная информация о чувствительности отдельных компонентов представлена в главе 9.3.3 «Оценка физических рисков».

Аналогично, воздействия, связанные с хроническим повышением температур, считаются схожими, но менее серьезными в сравнении с опасностью экстремальной жары (см. раздел 9.3.2.1.2).

9.3.2.1.10 Чувствительность к лесным пожарам

Общая чувствительность проекта к лесным пожарам была оценена как «ВЫСОКАЯ». В случае возникновения эти пожары способны нанести серьезный ущерб инфраструктуре и нарушить эксплуатацию. Потенциал прямого и косвенного воздействия на критически важные объекты, особенно в пожароопасных районах, делает данную угрозу значимой для проекта. Чувствительность отдельных компонентов проекта к лесным пожарам описана ниже.

- **Ветрогенераторы:** Ветрогенераторы, в особенности их основания и несущие конструкции, уязвимы к лесным пожарам. Высокие температуры и открытый огонь могут серьезно повредить или разрушить фундамент, механические узлы и электрические системы турбин. Дым и жара также нарушают нормальную работу, снижая эффективность или вызывая сбой. Повреждения от пожара способны привести к длительному простоему и значительным затратам на ремонт или замену. Чувствительность ветрогенераторов к лесным пожарам оценена как «ВЫСОКАЯ».
- **Воздушные линии электропередачи:** Воздушные линии электропередачи крайне подвержены повреждениям от лесных пожаров. Жар от огня вызывает провисание или оплавление проводов, что может привести к отключениям электроэнергии. Воспламенившаяся рядом растительность или падающие деревья повреждают линии, вызывая структурные разрушения и электрические неисправности. Подобные инциденты приводят к масштабным перебоям в электроснабжении, затрагивая инфраструктуру и ремонтные работы на площадке. Чувствительность воздушных линий электропередачи к лесным пожарам оценена как «ВЫСОКАЯ».
- **Подземные кабели:** Подземные кабели в меньшей степени подвержены прямому воздействию лесных пожаров, поскольку огонь в первую очередь поражает наземные объекты. Однако пожары могут нарушить стабильность грунта над кабелями, что создает риск эрозии или обрушения, способных повредить кабели или нарушить их работу. Чувствительность подземных кабелей к лесным пожарам оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подстанции:** Подстанции особенно уязвимы к лесным пожарам: жар от пламени напрямую повреждает электрооборудование, трансформаторы и другие компоненты. Это может привести к электрическим авариям, отключениям и потенциально катастрофическим отказам, парализующим работу проекта. Кроме того, огонь способен разрушить конструкции подстанции, что потребует масштабного восстановления. Чувствительность подстанций к лесным пожарам оценена как «ВЫСОКАЯ».

- **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):** Системы хранения энергии чувствительны к пожарной опасности, поскольку огонь может напрямую воздействовать на аккумуляторные модули и связанное с ними электрооборудование. Тепловое излучение от близлежащих пожаров способно воспламенить горючие материалы или спровоцировать тепловой разгон в батареях. Подобные события могут привести к пожарам или взрывам, ставя под угрозу инфраструктуру и вызывая серьезные операционные сбои. Чувствительность СНЭ к лесным пожарам оценена как «**ВЫСОКАЯ**».
- **Подъездные дороги:** Лесные пожары могут причинить существенный ущерб подъездным дорогам: вызвать плавление асфальта, эрозию грунтовых покрытий или заблокировать пути упавшими деревьями и обломками. Поврежденные или перекрытые дороги затрудняют аварийное реагирование, эвакуацию и проведение технического обслуживания, задерживая критически важные операции и повышая риски для безопасности. Чувствительность подъездных дорог к лесным пожарам оценена как «**СРЕДНЯЯ**».

9.3.2.1.11 Чувствительность к граду

Общая чувствительность проекта к граду была оценена как «**СРЕДНЯЯ**». Градовые штормы способны причинить значительный материальный ущерб, особенно компонентам, открытым для прямого воздействия. Ниже описана чувствительность отдельных компонентов проекта к граду.

- **Ветрогенераторы:** Лопасти ветрогенераторов особенно уязвимы для градовых штормов. Удары градин вызывают поверхностные повреждения, что ведет к снижению аэродинамической эффективности, деградации материалов и может поставить под угрозу структурную целостность лопастей. Крупный град способен стать причиной трещин, вмятин или сколов, требующих дорогостоящего ремонта или замены. Также может пострадать башня и механические компоненты турбины, что приведет к эксплуатационным сбоям. Чувствительность ветрогенераторов к граду оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Воздушные линии электропередачи:** Воздушные линии электропередачи восприимчивы к граду. Накопление града увеличивает нагрузку на провода, вызывая их провисание или даже обрыв. Кроме того, удары градин повреждают изоляцию и могут спровоцировать электрические неисправности, что потенциально приводит к отключениям электроэнергии. Такие перебои нарушают работу ветроэлектростанции, включая ее турбины и связанную инфраструктуру, и задерживают необходимый ремонт. Чувствительность воздушных линий электропередачи к граду оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Подземные кабели:** Подземные кабели в целом меньше подвержены воздействию града по сравнению с воздушными линиями электропередачи. Однако они могут быть косвенно затронуты, если град повредит окружающую инфраструктуру — подъездные дороги, подстанции или воздушные линии электропередачи. Если такие повреждения приведут к сбоям в работе или отказам смежных систем, это скажется и на кабелях. Чувствительность подземных кабелей к граду оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Подстанции:** Подстанции уязвимы для градовых штормов, особенно их электрические компоненты — трансформаторы и распределительные устройства. Град может повредить внешние защитные корпуса и создать механическую нагрузку, увеличивая риск эксплуатационных отказов. Длительное воздействие также ускоряет износ оборудования, что ведет к дорогостоящему ремонту и возможным отключениям. Чувствительность подстанций к граду оценена как «**СРЕДНЯЯ**».
- **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):** Хотя сама система хранения энергии менее уязвима к граду, связанная с ней внешняя инфраструктура — трансформаторы, системы охлаждения и защитные устройства — может быть повреждена. Это способно вызвать отказы или снижение производительности батарей, потребовав дорогостоящего ремонта и вызвав простой. Чувствительность СНЭ к граду оценена как «**НИЗКАЯ**».
- **Подъездные дороги:** Градовые штормы влияют на подъездные дороги, вызывая эрозию, образование выбоин или скопление града и льда. Это делает дороги скользкими и опасными, затрудняя перемещение техники и транспорта. Поврежденные дороги задерживают аварийное реагирование, плановое обслуживание и доставку материалов, что может нарушить график и эксплуатацию проекта. Накопление града и льда также повышает риски безопасности при доступе на площадку. Чувствительность подъездных дорог к граду оценена как «**СРЕДНЯЯ**».

9.3.2.1.12 Чувствительность к сильному ветру

Общая чувствительность проекта к сильному ветру была оценена как «СРЕДНЯЯ». Поточковые и шквальные ветры способны создавать значительную механическую нагрузку на различные компоненты, что может привести к их повреждению или сбоям в эксплуатации. Чувствительность отдельных компонентов проекта к сильному ветру описана ниже.

- **Ветрогенераторы:** Ветрогенераторы напрямую подвержены воздействию сильных ветров, которые создают на них значительную механическую нагрузку. Это может привести к повреждению лопастей — образованию трещин, разломам или даже их полному разрушению. Механические компоненты, такие как гондола и редуктор, также испытывают чрезмерные нагрузки, что снижает эксплуатационную эффективность и требует дорогостоящего ремонта. Конструкции, не рассчитанные на определенные ветровые режимы, могут получить структурные повреждения, останавливая выработку энергии и вызывая простой. Чувствительность ветрогенераторов к сильному ветру оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Воздушные линии электропередачи:** Сильные ветры воздействуют на воздушные линии электропередачи, вызывая их раскачивание, что может привести к провисанию, обрыву или падению, особенно на изношенных или плохо обслуживаемых участках. Кроме того, ветер повреждает или смещает изоляционные материалы, провоцируя электрические неисправности, отключения или возгорания. Такие перебои нарушают работу ветрогенераторов, подстанций и другой критической инфраструктуры, требуя ремонта и вызывая задержки. Чувствительность воздушных линий электропередачи к сильному ветру оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Подземные кабели:** Подземные кабели защищены от прямого воздействия сильных ветров, что делает их более устойчивыми к этой опасности. Однако если ветер повредит наземную инфраструктуру (воздушные линии электропередачи, подстанции), косвенные последствия могут нарушить работу кабелей, особенно при масштабных системных отказах. Чувствительность подземных кабелей к сильному ветру оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подстанции:** Подстанции могут пострадать от сильных ветров, особенно в части структурной целостности. Хотя они рассчитаны на суровые условия, ветровые вибрации и колебания со временем ослабляют конструктивные элементы. В экстремальных случаях возможны отказы оборудования или структурные повреждения, ведущие к отключениям и сбоям в работе. Кроме того, летящие обломки могут повредить ограждения, панели управления и другие внешние элементы, создавая угрозы безопасности и затрудняя восстановление. Чувствительность подстанций к сильному ветру оценена как «СРЕДНЯЯ».
- **Аккумуляторная система накопления энергии (АСНЭ):** Система хранения энергии сама по себе мало подвержена прямому воздействию ветра, но связанная с ней инфраструктура — трансформаторы и системы охлаждения — может быть уязвима. Летящие обломки или повреждения внешних компонентов способны нарушить ее функциональность. Кроме того, перебои в электроснабжении из-за поврежденных линий передачи влияют на работу батарейной системы. Чувствительность АСНЭ к сильному ветру оценена как «НИЗКАЯ».
- **Подъездные дороги:** Сильные ветры наносят косвенный ущерб подъездным дорогам, вырывая деревья, разбрасывая обломки и создавая опасные условия. Заблокированные или поврежденные дороги затрудняют перемещение ремонтных бригад, аварийных и обслуживающих команд, задерживая критически важные операции и повышая риски безопасности. Чувствительность подъездных дорог к сильному ветру оценена как «НИЗКАЯ».

9.3.2.2 Адаптационный потенциал

Адаптационный потенциал, как и чувствительность, оценивался качественно — путем определения наиболее подходящих мер, уже заложенных в конструкцию различных компонентов проекта в рамках данной оценки климатических рисков (ОКР). Эти меры направлены на то, чтобы избежать, предотвратить или уменьшить потенциальные последствия климатических опасностей.

Оценка проводилась в ходе внутреннего семинара с экспертами WSP с учетом всей соответствующей и доступной информации.

На заключительном этапе каждому компоненту проекта, а также проекту в целом, был присвоен класс адаптационного потенциала: «Высокий», «Средний» или «Низкий». Присвоение учитывало всю собранную в ходе оценки информацию, а также относительную значимость, достоверность и полноту данных.

Ниже в таблице приведены определения для каждого уровня адаптационного потенциала.

Таблица 16:

КЛАСС АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА	ОПИСАНИЕ КЛАССА АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
Низк.	Предусмотренные меры позволяют лишь незначительно смягчить последствия потенциального воздействия.
Средн.	Меры дают возможность существенно снизить негативные последствия потенциального воздействия.
Высок.	Меры позволяют полностью избежать или предотвратить последствия потенциального воздействия.

Был принят консервативный подход: в случаях неопределенности оценки из-за противоречивых данных присваивался более низкий класс адаптационного потенциала.

Ниже приведены общие положения, применимые ко всем опасностям. Их анализ способствовал общей оценке адаптационного потенциала проекта в отношении климатических рисков в регионе.

- Казахстан разработал ряд стратегических рамок для решения проблем климатических рисков и содействия устойчивому развитию. Национальный план адаптации к изменению климата, в настоящее время создаваемый при поддержке Программы развития ООН (ПРООН, 2022)¹⁶, интегрирует климатическую адаптацию в стратегическое планирование с фокусом на инфраструктуру и энергетические системы. Кроме того, долгосрочная стратегия «Казахстан-2050» задает курс на устойчивый экономический рост, уделяя особое внимание климатически устойчивому развитию и инфраструктуре (Стратегия "Казахстан-2050")¹⁷.
- Обновленный определяемый на национальном уровне вклад (ОНВ 2023)¹⁸, представленный в 2023 году, закрепляет обязательство Казахстана достичь углеродной нейтральности к 2060 году и одновременно усиливает меры по адаптации для снижения уязвимости к изменению климата. Стратегия Республики Казахстан по достижению углеродной нейтральности к 2060 году конкретизирует пути перехода к низкоуглеродной экономике и повышения устойчивости ключевых секторов (Стратегия углеродной нейтральности 2060)¹⁹.
- Наконец, Концепция по переходу к «зеленой экономике» формирует политическую основу для устойчивого и эффективного развития через экологические инициативы, делая особый акцент на возобновляемой энергетике и устойчивости к климатическим воздействиям Концепция зеленой экономики МЭА)²⁰.

¹⁶ <https://www.undp.org/kazakhstan/press-releases/undp-launches-Project-integrate-climate-adaptation-strategic-planning-kazakhstan>

¹⁷ <https://strategy2050.kz/en/page/multilanguage/>

¹⁸ https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-06/12updated%20NDC%20KAZ_Gov%20Decree313_19042023_en_cover%20page.pdf

¹⁹ <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/kazakhstan-strategy-carbon-neutrality-2060>.

²⁰ https://www.oecd.org/environment/outreach/Kazakhstan_Green_Economy_Strategy_2013.pdf

- Ветрогенераторы были подобраны с учетом их технических характеристик и устойчивости к конкретным климатическим условиям. Их конструкция включает такие функции, как противопожарная защита, системы против обледенения и способность работать в экстремальных погодных условиях, что подробно рассмотрено в соответствующих разделах по отдельным опасностям ниже.
- Для проекта будет разработан План аварийной готовности и реагирования (ПАГР), чтобы обеспечить эффективное управление всеми потенциальными аварийными ситуациями, включая экстремальные погодные явления.
- В рамках подготовки проекта был составлен Отчет по идентификации опасностей (HAZID), который определяет меры по снижению воздействия экстремальных событий. Этот отчет будет регулярно пересматриваться и актуализироваться для гарантии того, что все потенциальные риски устраняются с помощью эффективных профилактических или корректирующих мер. Он также послужит основой для реализации стратегий смягчения последствий различных климатических событий, обеспечивая постоянную устойчивость проекта.

9.3.2.2.1 Адаптационный потенциал к затоплению

Адаптационный потенциал к затоплению будет опираться на несколько запланированных мер:

■ Ветрогенераторы:

- Для комплексной оценки рисков затопления на всей площадке будет проведено гидрологическое исследование.
- Для эффективного управления поверхностными водами и снижения риска их проникновения в основания конструкций будет пересмотрена и реализована комплексная дренажная концепция площадки, включая защиту фундаментов ветрогенераторов.
- Геотехнические изыскания определяют пригодность грунта и рельефа для инфраструктуры, устойчивой к затоплению, в местах расположения турбин.
- Усиленные фундаменты будут использоваться в конструкциях турбин для минимизации риска затопления.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к затоплению был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к затоплению был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к затоплению был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подстанции:

- Для комплексной оценки рисков затопления на всей площадке будет проведено гидрологическое исследование.
- Для обеспечения устойчивости инфраструктуры к затоплению будут проведены геотехнические изыскания. Они позволят оценить пригодность грунта и рельефа местности.
- Для эффективного управления поверхностными водами и снижения риска их проникновения на подстанции будет пересмотрена и реализована общая дренажная концепция площадки..

Адаптационный потенциал подстанций к затоплению был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Аккумуляторная система накопления энергии (АСНЭ):

- Для комплексной оценки рисков затопления на всей площадке будет проведено гидрологическое исследование.
- Для обеспечения устойчивости инфраструктуры к затоплению будут проведены геотехнические изыскания. Они позволят оценить пригодность грунта и рельефа местности.

- Для эффективного управления поверхностными водами и снижения риска их проникновения будет пересмотрена и реализована дренажная концепция площадки, учитывающая защиту СНЭ.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к затоплению был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Подъездные дороги:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к затоплению был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

С учетом этих мер адаптационный потенциал Проекта в целом к затоплению был оценен как **«СРЕДНИЙ»**. Это обусловлено проведением проактивных гидрологических исследований, внедрением дренажных систем и реализацией структурных улучшений. Следует отметить, что итоговая эффективность будет зависеть от результатов гидрологического исследования и качественного выполнения работ по дренажной системе.

9.3.2.2 Адаптационный потенциал к экстремальной жаре и изменчивости температуры

Для решения рисков экстремальной жары и изменчивости температуры будут реализованы следующие меры:

■ Ветрогенераторы:

- Ветрогенераторы будут спроектированы для отключения при заранее определенных высоких температурах для предотвращения перегрева.
- В конструкции башен турбин будут использоваться теплоотражающие покрытия или материалы для минимизации теплопоглощения.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к экстремальной жаре и изменчивости температуры был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту воздушных линий электропередачи, выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к экстремальной жаре и изменчивости температуры был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к экстремальной жаре и изменчивости температуры был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подстанции:

- В конструкции подстанций будут использоваться теплоотражающие покрытия или материалы для минимизации теплопоглощения.

Адаптационный потенциал подстанций к экстремальной жаре и изменчивости температуры был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):

- Система управления аккумуляторными батареями ("СУБ") будет отслеживать внешние температуры для обеспечения безопасной работы СНЭ.

- Взаимодействие с поставщиками аккумуляторных систем позволит подтвердить, что СНЭ способна эффективно функционировать в условиях экстремально высоких температур.
- В конструкции СНЭ будут использоваться теплоотражающие покрытия или материалы для минимизации теплопоглощения.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к экстремальной жаре и изменчивости температуры был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ Подъездные дороги:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к экстремальной жаре и изменчивости температуры был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

Учитывая перечисленные меры, адаптационный потенциал Проекта к экстремальной жаре и температурной изменчивости в целом был оценен как **«СРЕДНИЙ»**. Такая оценка обусловлена зависимостью от систем мониторинга рабочих температур и отсутствием в проекте повсеместно установленных систем охлаждения для всей инфраструктуры.

9.3.2.2.3 Адаптационный потенциал к экстремальному холоду

Для повышения устойчивости к экстремальному холоду будут приняты следующие меры:

■ Ветрогенераторы:

- Будет разработана стратегия борьбы с обледенением. Она может включать в себя ручное отключение турбин, интеграцию с системой SCADA для обнаружения обледенения в режиме реального времени, а также применение дронов для механического удаления льда.
- Будет рассмотрена возможность внедрения систем удаления льда с лопастей турбин. Это может предусматривать интеграцию передовых технологий, таких как специальный режим работы при обледенении. Данный режим позволяет автоматически регулировать параметры работы турбины на основе текущих метеорологических условий и технических спецификаций для предотвращения образования льда.
- Для снижения рисков хрупкости и механических напряжений в условиях экстремального холода будут выбраны соответствующие материалы и конструкции. Их функциональность будет поддерживаться системами предварительного подогрева, обеспечивающими поддержание рабочих температур.
- Для обеспечения безопасной и эффективной работы турбин в условиях обледенения будут использоваться высоконадежные ветровые датчики, устойчивые к обмерзанию.
- Для предотвращения накопления льда на лопастях будет применяться технология, использующая гидрофобную противообледенительную краску. Ее функция — предотвращение накопления воды на поверхностях лопастей, что эффективно снижает риски последующего обледенения.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к экстремальному холоду был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к экстремальному холоду был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к экстремальному холоду был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подстанции:

- Будут установлены системы обнаружения обледенения в реальном времени, интегрированные с SCADA, для обеспечения проактивного управления обледенением.

Адаптационный потенциал подстанций к экстремальному холоду был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):**

- Будут установлены системы предварительного подогрева для СНЭ для поддержания рабочих температур в условиях экстремального холода.
- Будут установлены системы обнаружения обледенения в реальном времени, интегрированные с SCADA, для обеспечения проактивного управления обледенением.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к экстремальному холоду был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ **Подъездные дороги:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к экстремальному холоду был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

Адаптационный потенциал Проекта к экстремальному холоду в целом был оценен как **«ВЫСОКИЙ»**, поскольку предусмотренные меры включают как оперативные ответные действия, так и возможность ручного вмешательства.

9.3.2.2.4 Адаптационный потенциал к засухе и дефициту водных ресурсов

Запланированные меры для устранения потенциальных воздействий засухи и дефицита воды включают:

■ **Ветрогенераторы:**

- Будут проведены геотехнические изыскания для идентификации типов почвы и оценки рисков усадки или проседания под фундаментами турбин.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к засухе и дефициту воды был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ **Воздушные линии электропередачи:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к засухе и дефициту воды был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ **Подземные кабели:**

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к засухе и дефициту воды был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ **Подстанции:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подстанций выявлено не было.

Адаптационный потенциал подстанций к засухе и дефициту воды был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для СНЭ выявлено не было.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к засухе и дефициту воды был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ **Подъездные дороги:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к засухе и дефициту воды был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

Учитывая ограниченные адаптационные меры, определенные для Проекта, адаптационный потенциал к засухе и дефициту воды по проекту в целом был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

9.3.2.2.5 Адаптационный потенциал к сильным штормам

Для управления рисками, связанными с сильными штормами, будут реализованы следующие меры:

■ Ветрогенераторы:

- Ветрогенераторы будут оснащены системами защиты от превышения скорости и пройдут комплексный анализ нагрузок для обеспечения структурной стабильности.
- На всем электрическом оборудовании будут установлены системы молниезащиты в соответствии со стандартами IEC 61400-24.
- Будут установлены системы мониторинга погоды в реальном времени для поддержки оперативного принятия решений и предоставления ранних предупреждений.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к сильным штормам был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к сильным штормам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к сильным штормам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подстанции:

- На всем электрическом оборудовании будут установлены системы молниезащиты в соответствии со стандартами IEC 61400-24.
- Будут установлены системы мониторинга погоды в реальном времени для поддержки оперативного принятия решений и предоставления ранних предупреждений.

Адаптационный потенциал подстанций к сильным штормам по проекту в целом был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):

- На всем электрическом оборудовании будут установлены системы молниезащиты в соответствии со стандартами IEC 61400-24.
- Будут установлены системы мониторинга погоды в реальном времени для поддержки оперативного принятия решений и предоставления ранних предупреждений.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к сильным штормам был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Подъездные дороги:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к сильным штормам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

Учитывая включение передовых защитных систем и оперативных мер, адаптационный потенциал к сильным штормам был оценен как **"СРЕДНИЙ"**, так как эти меры значительно снизят риск повреждений, связанных со штормами.

9.3.2.2.6 Адаптационный потенциал к экстремальным осадкам и изменчивости осадков

Для смягчения рисков, связанных с экстремальными осадками и изменчивостью осадков, будут использованы следующие меры:

■ Ветрогенераторы:

- Для комплексной оценки рисков затопления на всей площадке будет проведено гидрологическое исследование.
- Для эффективного управления поверхностными водами и снижения риска их проникновения будет пересмотрена и реализована дренажная концепция площадки, включая защиту фундаментов ветрогенераторов.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к экстремальным осадкам и изменчивости осадков был оценен как **"СРЕДНИЙ"**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к экстремальным осадкам и изменчивости осадков был оценен как **"НИЗКИЙ"**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к экстремальным осадкам и изменчивости осадков был оценен как **"НИЗКИЙ"**.

■ Подстанции:

- Для комплексной оценки рисков затопления на всей площадке будет проведено гидрологическое исследование.
- Для эффективного управления поверхностными водами и снижения риска их проникновения на подстанции будет пересмотрена и реализована общая дренажная концепция площадки.

Адаптационный потенциал подстанций к экстремальным осадкам и изменчивости осадков был оценен как **"СРЕДНИЙ"**.

■ Аккумуляторная система накопления энергии (АСНЭ):

- Для комплексной оценки рисков затопления на всей площадке будет проведено гидрологическое исследование.
- Для эффективного управления поверхностными водами и снижения риска их проникновения будет пересмотрена и реализована дренажная концепция площадки с учетом защиты АСНЭ.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к экстремальным осадкам и изменчивости осадков был оценен как **"СРЕДНИЙ"**.

■ Подъездные дороги:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к экстремальным осадкам и изменчивости осадков был оценен как **"НИЗКИЙ"**.

Учитывая эти меры, адаптационный потенциал к экстремальным осадкам и изменчивости осадков по проекту в целом был оценен как **"СРЕДНИЙ"**, так как эффективность этих адаптаций будет определяться надежностью дренажа и систем управления поверхностными водами.

9.3.2.2.7 Адаптационный потенциал к лесным пожарам

Для устранения рисков лесных пожаров будут приняты следующие меры:

■ Ветрогенераторы:

- В проект площадки будет включен план контроля растительности для предотвращения распространения пожара на критически важную инфраструктуру, включая ветрогенераторы.
- Для раннего предупреждения о возгораниях будут установлены системы обнаружения дыма, тепла и пламени. Они будут включать одноточечные детекторы: температурные датчики, датчики пламени и дымовые извещатели. При срабатывании эти системы будут передавать сигналы на главный пульт управления и активировать аварийную сигнализацию через SCADA.
- В наиболее важных зонах, таких как электрические шкафы и тормозные системы, будут установлены автоматические системы пожаротушения. Они будут оснащены аэрозольными огнетушителями с тепловой активацией и элементами магнитной генерации для немедленного реагирования на пожарную опасность.
- Рядом с высокоскоростными тормозными дисками будут размещены порошковые огнетушители, оснащенные тепловыми датчиками для предотвращения возгораний, связанных с работой тормозов.
- Для кабелей и электрических компонентов будут применяться огнестойкие материалы, соответствующие строгим отраслевым стандартам. Также кабели будут дополнительно защищены современными средствами от истирания, чтобы снизить риски короткого замыкания и возникновения дугового разряда.
- Для защиты от перегрева в реальном времени температурные датчики будут установлены в закрытых пространствах, таких как внутренние части электрических шкафов и ступицы ротора.
- Конструкция ветрогенераторов будет соответствовать стандартам молниезащиты, чтобы минимизировать риск возгорания от удара молнии.
- Контроль растительности будет включен в проект площадки для предотвращения распространения огня на критическую инфраструктуру, включая ветрогенераторы.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к лесным пожарам был оценен как **"ВЫСОКИЙ"**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к лесным пожарам был оценен как **"НИЗКИЙ"**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к лесным пожарам был оценен как **"НИЗКИЙ"**.

■ Подстанции:

- Контроль растительности будет включен в проект площадки для предотвращения распространения огня на критическую инфраструктуру, такую как подстанции.
- Будут установлены системы обнаружения дыма и тепла для раннего предупреждения о пожарах.

Адаптационный потенциал подстанций к лесным пожарам был оценен как **"СРЕДНИЙ"**.

■ **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):**

- Контроль растительности будет включен в проект площадки для предотвращения распространения огня на критическую инфраструктуру, такую как СНЭ.
- Будут установлены системы обнаружения дыма и тепла для раннего предупреждения о пожарах.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к лесным пожарам был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ **Подъездные дороги:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к лесным пожарам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

С учетом этих мер адаптационный потенциал к лесным пожарам по проекту в целом был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**, поскольку эти проактивные меры являются хорошо зарекомендовавшими себя и эффективными в смягчении рисков лесных пожаров для инфраструктуры.

9.3.2.2.8 Адаптационный потенциал к граду

Для смягчения рисков, связанных с градом, будут реализованы следующие меры:

■ **Ветрогенераторы:**

- Лопасти ветрогенераторов будут спроектированы таким образом, чтобы выдерживать ударные нагрузки во время градовых штормов. Для этого будут использованы передовые композитные материалы и специальные защитные покрытия.
- Будут внедрены процедуры планового технического обслуживания и целевых осмотров. Это позволит своевременно выявлять и устранять возможные повреждения, причиненные градом.

Адаптационный потенциал ветрогенераторов к граду был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ **Воздушные линии электропередачи:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к граду был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ **Подземные кабели:**

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к граду был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ **Подстанции:**

- Будут внедрены процедуры технического обслуживания и инспекции для оперативного устранения потенциальных повреждений, связанных с градом.

Адаптационный потенциал подстанций к граду был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ **Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):**

- Будут внедрены процедуры технического обслуживания и инспекции для оперативного устранения потенциальных повреждений, связанных с градом.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к граду был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ **Подъездные дороги:**

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к граду был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

Учитывая акцент на устойчивости ветротурбин и защитных мерах для критической инфраструктуры, адаптационный потенциал Проекта в целом к граду был оценен как **"СРЕДНИЙ"**.

9.3.2.2.9 Адаптационный потенциал к сильным ветрам

Для устранения рисков от сильных ветров будут использованы следующие меры:

■ Ветротурбины:

- Ветротурбины будут оснащены системами защиты от превышения скорости, а их конструкция будет разработана на основе комплексного анализа нагрузок.
- Фундаменты турбин будут спроектированы с учетом конкретных ветровых условий, характерных для площадки.
- Будут внедрены процедуры технического обслуживания и инспекций, чтобы обеспечить сохранение структурной целостности ветротурбин и сопутствующей инфраструктуры во время экстремальных ветровых событий.

Адаптационный потенциал ветротурбин к сильным ветрам был оценен как **“ВЫСОКИЙ”**.

■ Воздушные линии электропередачи:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для воздушных линий электропередачи выявлено не было.

Адаптационный потенциал воздушных линий электропередачи к сильным ветрам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подземные кабели:

- Насколько нам известно, никаких специальных мер, направленных конкретно на защиту подземных кабелей, выявлено не было.

Адаптационный потенциал подземных кабелей к сильным ветрам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

■ Подстанции:

- Будут внедрены процедуры технического обслуживания и плановых инспекций. Это необходимо для обеспечения сохранения конструкционной прочности ветротурбин и инфраструктуры во время экстремальных ветровых явлений.

Адаптационный потенциал подстанций к сильным ветрам был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Аккумуляторная система накопления энергии (СНЭ):

- Фундаменты СНЭ будут спроектированы с учетом конкретных ветровых условий, характерных для данной площадки.
- Будут внедрены процедуры технического обслуживания и инспекций, направленные на обеспечение структурной прочности СНЭ во время экстремальных ветровых событий.

Адаптационный потенциал аккумуляторной системы накопления энергии к сильным ветрам был оценен как **“СРЕДНИЙ”**.

■ Подъездные дороги:

- Насколько нам известно, никаких конкретных мер для подъездных дорог выявлено не было.

Адаптационный потенциал подъездных дорог к сильным ветрам был оценен как **“НИЗКИЙ”**.

При наличии этих мер адаптационный потенциал к сильным ветрам по проекту в целом был оценен как **"СРЕДНИЙ"**, так как эти комплексные меры обеспечивают значительную устойчивость к событиям с сильным ветром.

9.3.2.3 Уязвимость

Величина потенциальных воздействий и последствий для каждой опасности определялась путем совместной оценки чувствительности и адаптационного потенциала. Использовался качественный подход с применением матрицы, представленной на Рисунке 31:

УЯЗВИМОСТЬ			
АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ		
	Низк.	Средн.	Высок.
Высок.	Сам. низк.	Низк.	Средн.
Средн.	Низк.	Средн.	Высок.
Низк.	Низк.	Высок.	Сам. высок.

Рисунок 31: Матрица уязвимости

В целом проект продемонстрировал наибольшую уязвимость к сильным штормам, которая была оценена как **Высокая**. Это результат сочетания значительных потенциальных воздействий (отражающихся в **Высокой** чувствительности) с адаптационным потенциалом, который может быть усилен (оценен как **Средний**). **Среднюю** уязвимость проект показал к затоплению, экстремальной жаре, экстремальным осадкам, граду и сильным ветрам. Это обусловлено сочетанием **средней** чувствительности и **средних** уровней адаптационного потенциала. Уязвимость к лесным пожарам также была оценена как **Средняя**, однако в этом случае она складывается из серьезных потенциальных воздействий (приводящих к **Высокой** чувствительности), которые частично компенсируются продуманными адаптационными мерами (обеспечивающими **Высокий** адаптационный потенциал). **Низкий** уровень уязвимости был определен для экстремального холода, изменчивости температуры, изменчивости осадков, засухи и дефицита воды.

Таблица 17: Оценка уязвимости

Опасность	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость
ЗАТОПЛЕНИЕ	Средн.	Средн.	Средн.
ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЖАРА	Средн.	Средн.	Средн.
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ	Низк.	Средн.	Низк.
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ ХОЛОД	Средн.	Высок.	Низк.
ЗАСУХА	Низк.	Низк.	Низк.
ДЕФИЦИТ ВОДЫ	Низк.	Низк.	Низк.
СИЛЬНЫЕ ШТОРМЫ	Высок.	Средн.	Высок.
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ	Средн.	Средн.	Средн.
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ	Низк.	Средн.	Низк.
ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ	Высок.	Высок.	Средн.
ГРАД	Средн.	Средн.	Средн.
СИЛЬНЫЕ ВЕТРЫ	Средн.	Средн.	Средн.

Подробности с оценкой уязвимости каждого компонента Проекта представлены в главе 9.3.3 в рамках расчетов климатических рисков.

9.3.3 Оценка физических рисков

Риск изменения климата определялся путем сочетания уровней Уязвимости и Опасности на основе качественного анализа согласно представленной ниже матрице:

РИСК					
ОПАСНОСТЬ	УЯЗВИМОСТЬ				
	Сам. низк.	Низк.	Средн.	Высок.	Сам. высок.
Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Средн.
Низк.	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.
Средн.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Высок.
Высок.	Низк.	Средн.	Высок.	Высок.	Сам. высок.
Сам. высок.	Средн.	Высок.	Высок.	Сам. высок.	Сам. высок.

Рисунок 32: Матрица рисков

Все три сценария рассматривались для десятилетних интервалов с 2020 по 2100 год в соответствии с доступностью данных по опасностям. Однако с учетом жизненного цикла проекта анализ будет сосредоточен на трех ранее определенных периодах: ближайшем будущем (2030 год), среднесрочном будущем (2040 год) и отдаленном будущем (2060 год).

Риски оценивались сначала для проекта в целом, а затем — для каждого отдельного компонента.

9.3.3.1 Оценка рисков для проекта в целом

Для проекта в целом можно выделить следующие ключевые положения.

Наиболее критическим признан риск лесных пожаров, который оценивается как **высокий** при всех сценариях и временных горизонтах.

Экстремальный холод, экстремальная жара, изменчивость температуры, засуха и сильный ветер также требуют внимания, поскольку соответствуют **среднему** уровню риска для всех трех сценариев и периодов.

Менее критичными оказались затопление, сильные штормы, экстремальные осадки, изменчивость осадков и град — для них определен **низкий** уровень риска на всех временных этапах и при всех сценариях.

Дефицит воды представляет наименьшую угрозу, демонстрируя самый **низкий** уровень риска во всех рассматриваемых случаях.

Сводные результаты представлены на следующих рисунках, которые иллюстрируют прогнозируемую динамику климатических рисков для проекта в целом в соответствии с различными сценариями.

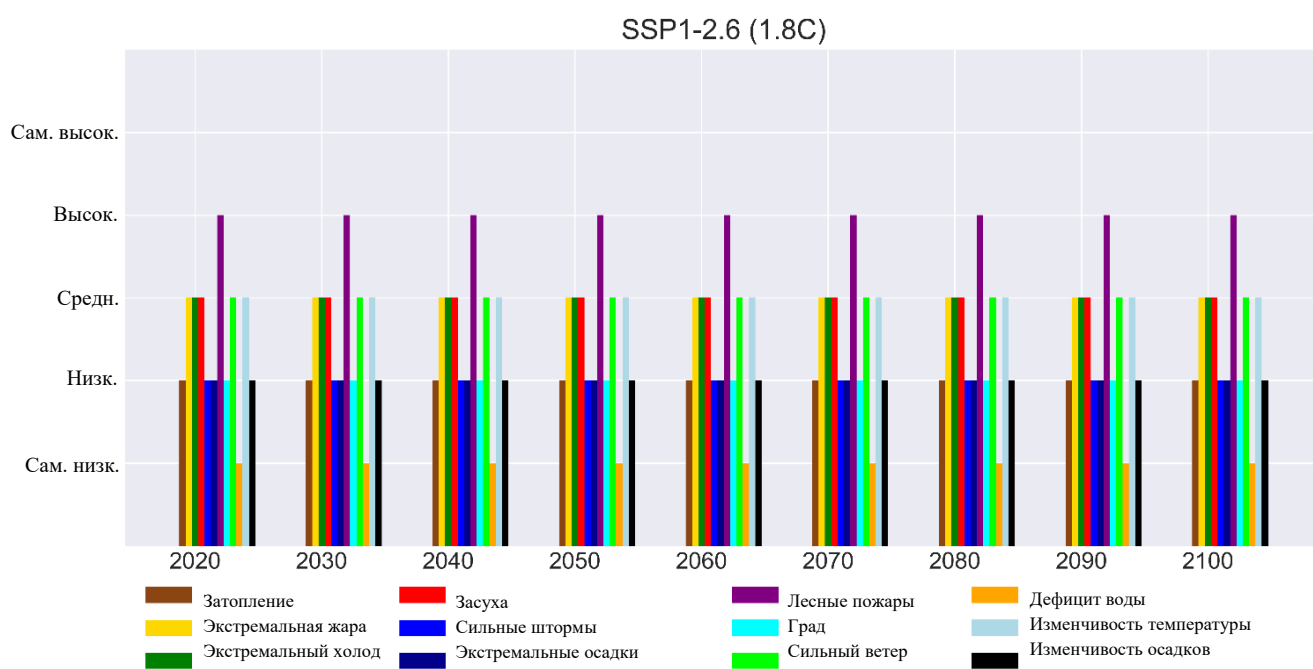


Рисунок 33: Результаты ОКР для оптимистичного сценария (SSP1-2.6)

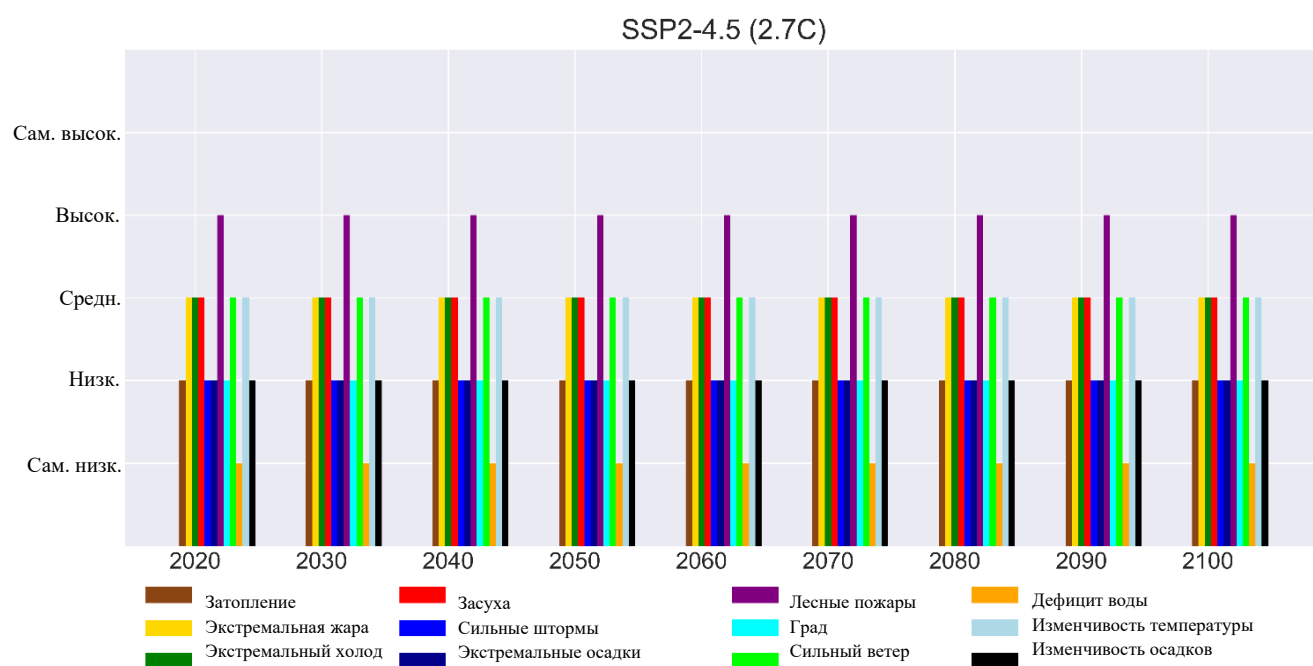


Рисунок 34: Результаты ОКР для промежуточного сценария (SSP2-4.5)

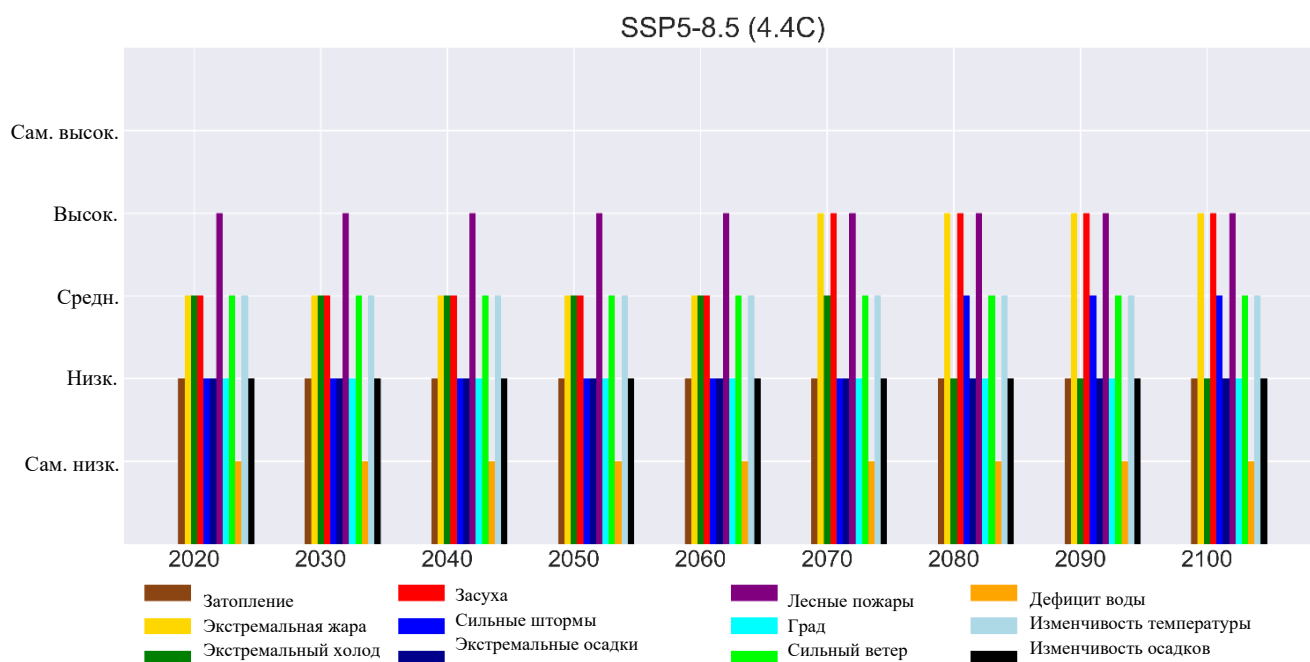


Рисунок 35: Результаты ОКР для пессимистичного сценария (SSP5-8.5)

9.3.3.1.1 Риск затопления

Согласно результатам оценки, затопление не представляет значительного риска для проекта в целом. Оно было оценено как «Низкий» риск при всех сценариях с 2020 по 2100 год. Эта оценка основана на «Средней» уязвимости проекта в сочетании с «Самым низким» уровнем опасности затопления для всех рассматриваемых периодов: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

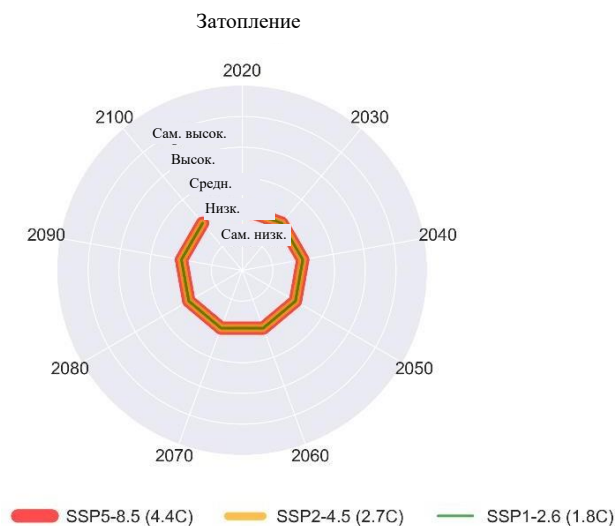


Рисунок 36: Риск затопления для проекта в целом

9.3.3.1.2 Риск экстремальной жары

Согласно проведенной оценке, риск экстремальной жары для проекта оценивается как «Средний» вплоть до 2060 года. Это связано с тем, что и уровень опасности, и уязвимость проекта по данному фактору определены как «Средние» для всех сценариев на всем рассматриваемом периоде — ближайшем (2030), среднесрочном (2040) и отдаленном (2060) будущем.

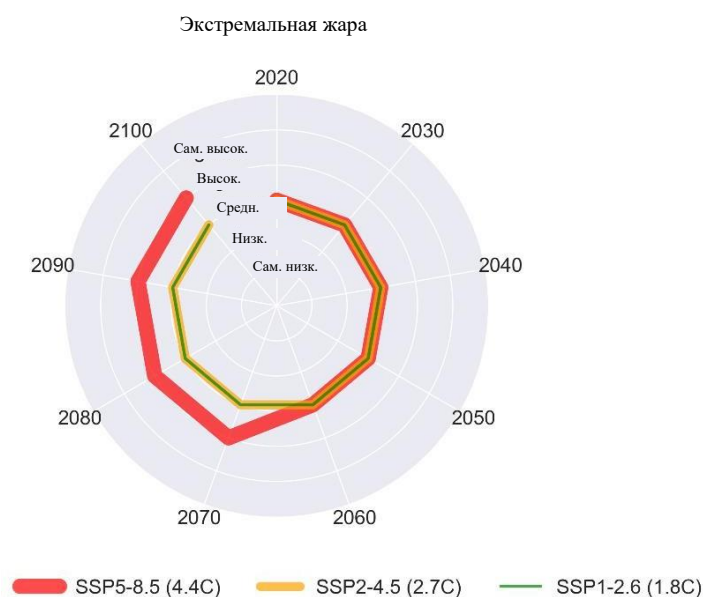


Рисунок 37: Риск экстремальной жары для проекта в целом

9.3.3.1.3 Изменчивость температуры

Согласно проведенной оценке, риск, связанный с изменчивостью температуры, оценивается как «Низкий» вплоть до 2060 года. Это обусловлено тем, что при «Среднем» уровне опасности и «Средней» уязвимости проекта их сочетание формирует общий низкий уровень риска. Данная оценка актуальна для всех сценариев на протяжении всего рассматриваемого периода: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

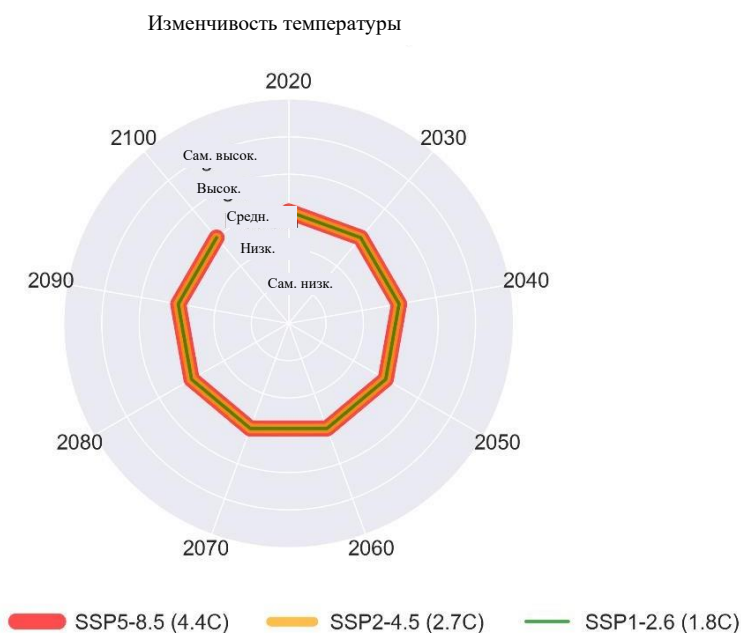


Рисунок 38: Риск изменчивости температуры для проекта в целом

9.3.3.1.4 Риск экстремального холода

Согласно проведенной оценке, риск экстремального холода для проекта оценивается как «Средний» вплоть до 2060 года. Эта оценка складывается из «Среднего» уровня опасности в сочетании с «Низкой» уязвимостью проекта по данному фактору. Данный вывод справедлив для всех сценариев на протяжении всего рассматриваемого периода: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

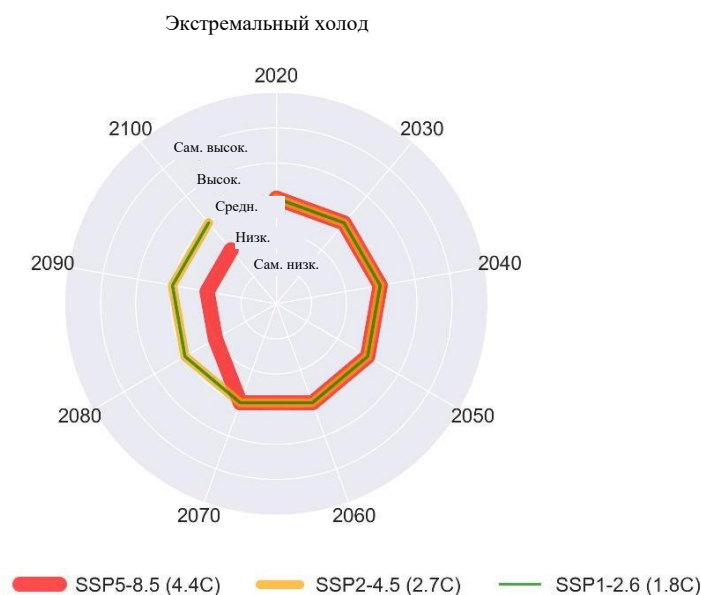


Рисунок 39: Риск экстремального холода для проекта в целом

9.3.3.1.5 Риск засухи

Согласно проведенной оценке, риск засухи для проекта оценивается как «Средний» вплоть до 2060 года. Эта оценка формируется, несмотря на «Низкую» уязвимость проекта, за счет «Среднего» или «Высокого» уровня самой опасности в зависимости от сценария. Данный вывод актуален для всех рассматриваемых периодов: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

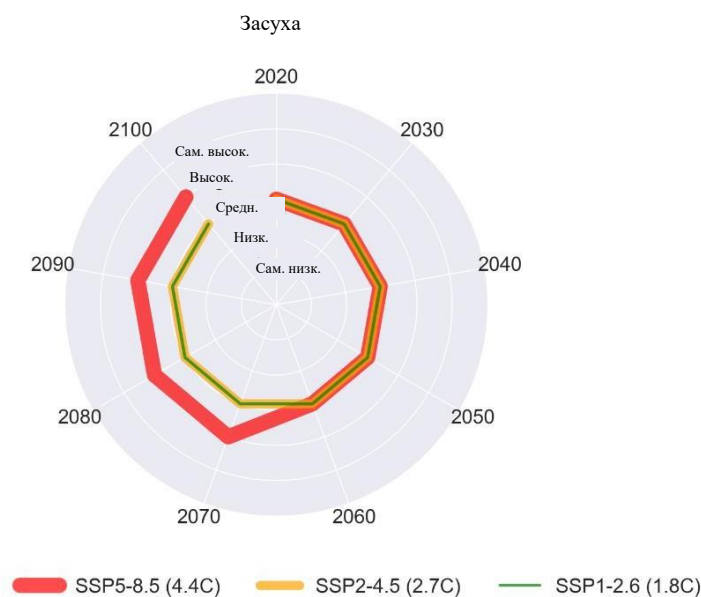


Рисунок 40: Риск засухи для проекта в целом

9.3.3.1.6 Риск сильных штормов

Согласно проведенной оценке, риск сильных штормов для проекта оценивается как «Низкий» вплоть до 2060 года. Это связано с тем, что «Самый низкий» уровень опасности в данном регионе компенсирует «Высокую» уязвимость проекта к этому явлению. Данная оценка сохраняется для всех сценариев на протяжении всего рассматриваемого периода: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

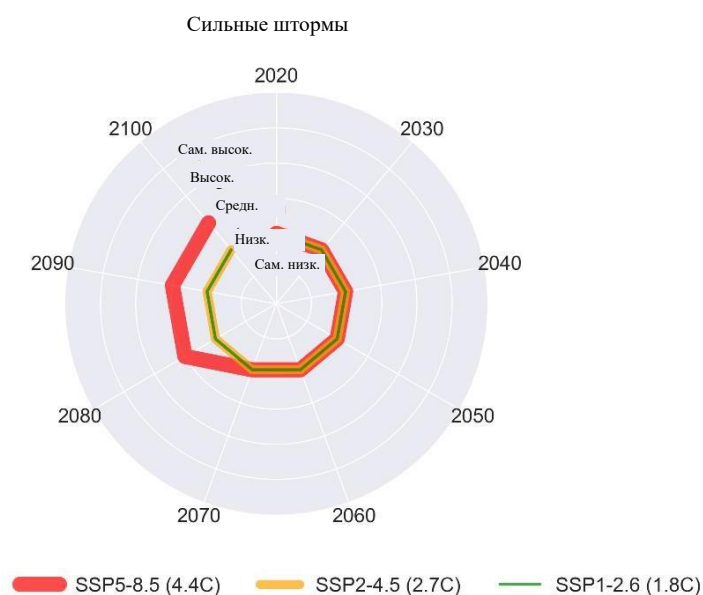


Рисунок 41: Риск сильных штормов для проекта в целом

9.3.3.1.7 Риск экстремальных осадков

Согласно результатам оценки, экстремальные осадки не представляют значительного риска для проекта. Они были оценены как «Низкий» риск при всех сценариях. Эта оценка основана на «Средней» уязвимости проекта в сочетании с «Самым низким» уровнем опасности данных явлений для всех рассматриваемых периодов: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.



Рисунок 42: Риск экстремальных осадков для проекта в целом

9.3.3.1.8 Риск лесных пожаров

Согласно результатам оценки, лесные пожары представляют значительный риск для проекта. Они были оценены как «Высокий» риск при всех сценариях. Эта оценка обусловлена сочетанием «Средней» уязвимости проекта и «Самого высокого» уровня опасности этих явлений на протяжении всех рассматриваемых периодов: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

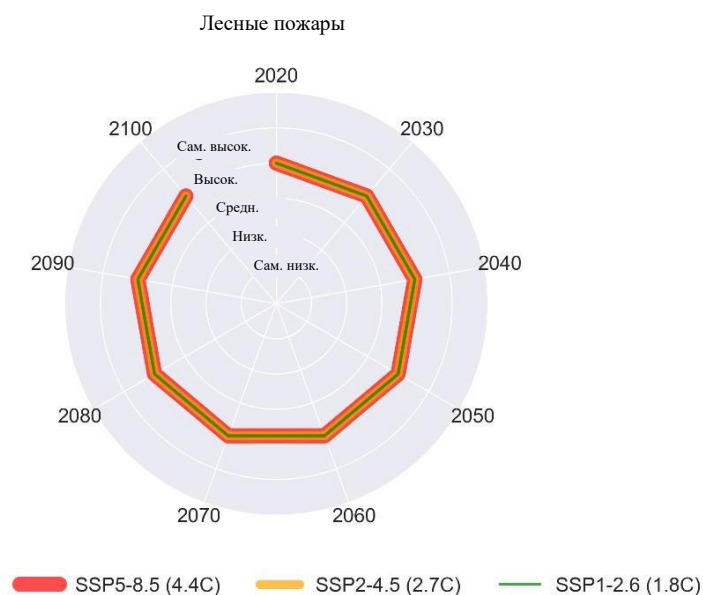


Рисунок 43: Риск лесных пожаров для проекта в целом

9.3.3.1.9 Риск града

Согласно результатам оценки, град не представляет значительного риска для проекта. Это явление было оценено как «Низкий» риск при всех сценариях. Такая оценка основана на «Средней» уязвимости проекта в сочетании с «Самым низким» уровнем опасности града для всех рассматриваемых периодов: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

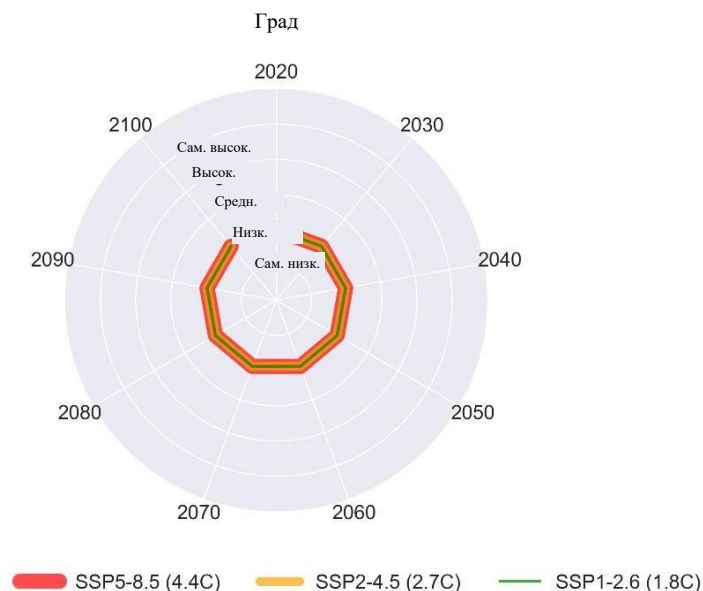


Рисунок 44: Риск града для проекта в целом

9.3.3.1.10 Риск сильного ветра

Согласно результатам оценки, сильный ветер представляет заметный риск для проекта. Он был оценен как «Средний» риск при всех сценариях. Эта оценка обусловлена тем, что как уровень опасности, так и уязвимость проекта по данному фактору определены как «Средние» на протяжении всех рассматриваемых периодов: ближайшего (2030), среднесрочного (2040) и отдаленного (2060) будущего.

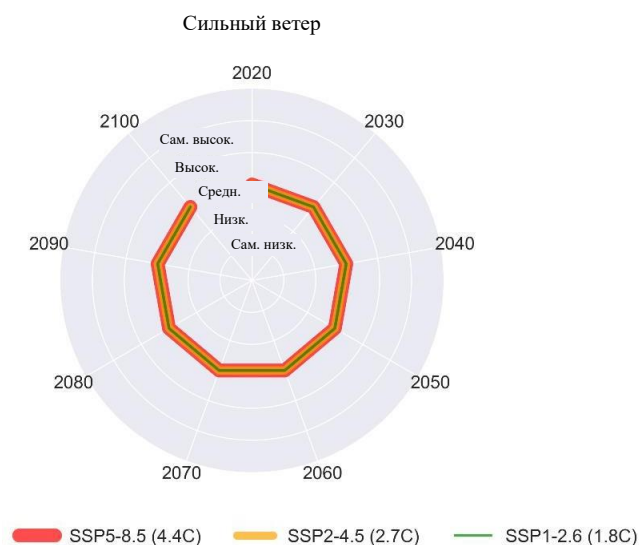


Рисунок 45: Риск сильного ветра для проекта в целом

9.3.3.2 Оценка рисков для компонентов проекта

На основе оценки рисков для различных компонентов проекта были рассчитаны итоговые уровни с учетом всех трех временных периодов и промежуточного сценария SSP2-4.5. Результаты и ключевые выводы представлены в следующих разделах, посвященных каждому климатическому риску.

9.3.3.2.1 Риск затопления

В таблице ниже показана оценка риска затопления на уровне компонентов Проекта:

Таблица 18: Риск затопления на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Средн.	Высок.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.
Воздушные линии электропередачи	Низк.	Низк.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.
Подстанции	Высок.	Средн.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Аккумуляторная система накопления энергии	Средн.	Средн.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Подъездные дороги	Низк.	Низк.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.

На основе приведенной выше таблицы значительный риск не прогнозируется ни для одного из компонентов проекта ни в один из временных периодов. Фактически все оценки укладываются в диапазон от «Низкого» до «Самого низкого» уровня.

9.3.3.2.2 Риск экстремальной жары

В таблице ниже показана оценка риска экстремальной жары на уровне компонентов Проекта:

Таблица 19: Риск экстремальной жары на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Средн.	Высок.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Воздушные линии электропередачи	Средн.	Низк.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.	Высок.	Высок.	Высок.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подстанции	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Аккумуляторная система накопления энергии	Средн.	Высок.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подъездные дороги	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.

На основе данных приведенной выше таблицы наиболее критичным компонентом проекта с точки зрения экстремальной жары признаны воздушные линии электропередачи: для них прогнозируется «Высокий» риск на всех временных этапах. Остальные компоненты проекта также подвержены существенному риску, будучи оценены как «Средний» для всех рассматриваемых периодов.

9.3.3.2.3 Изменчивость температуры

В таблице ниже показана оценка риска изменчивости температуры на уровне компонентов Проекта:

Таблица 20: Риск изменчивости температуры на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Низк.	Низк.	Низк.
Воздушные линии электропередачи	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подстанции	Низк.	Средн.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Аккумуляторная система накопления энергии	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Низк.	Низк.	Низк.
Подъездные дороги	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.

На основе данных приведенной таблицы наиболее подверженными риску изменчивости температуры оказались Воздушные линии электропередачи, подземные кабели, подстанции и подъездные дороги. Для всех этих компонентов на протяжении всех рассматриваемых периодов определен «Средний» уровень риска.

9.3.3.2.4 Риск экстремального холода

В таблице ниже показана оценка риска экстремального холода на уровне компонентов Проекта:

Таблица 21: Риск экстремального холода на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Средн.	Высок.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Воздушные линии электропередачи	Средн.	Низк.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.	Высок.	Высок.	Высок.

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подстанции	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Аккумуляторная система накопления энергии	Средн.	Высок.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подъездные дороги	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.

На основе данных приведенной таблицы наиболее критичным компонентом проекта в условиях экстремального холода признаны воздушные линии электропередачи: для них прогнозируется «Высокий» уровень риска на всех временных этапах. Остальные компоненты проекта также подвержены существенному риску, сохраняя «Средний» уровень для всех рассматриваемых периодов.

9.3.3.2.5 Риск засухи

В таблице ниже показана оценка риска засухи на уровне компонентов Проекта:

Таблица 22: Риск засухи на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Низк.	Средн.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.
Воздушные линии электропередачи	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.
Подстанции	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.
Аккумуляторная система накопления энергии	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.
Подъездные дороги	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.

На основе данных приведенной таблицы все компоненты проекта, как ожидается, будут подвержены существенному риску в условиях засухи. Для каждого из них на всех временных этапах прогнозируется «Средний» уровень риска.

9.3.3.2.6 Риск сильных штормов

В таблице ниже показана оценка риска сильных штормов на уровне компонентов Проекта:

Таблица 23: Риск сильных штормов на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Высок.	Высок.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Воздушные линии электропередачи	Высок.	Низк.	Сам. высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Средн.	Средн.	Средн.
Подземные кабели	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Подстанции	Высок.	Средн.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Аккумуляторная система накопления энергии	Высок.	Средн.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Подъездные дороги	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.

На основе данных приведенной таблицы наиболее уязвимым компонентом проекта к риску сильных штормов признаны воздушные линии электропередачи. Для них прогнозируется «Средний» уровень риска на всех временных этапах. Для всех остальных компонентов проекта значительный риск в связи с сильными штормами не прогнозируется ни на одном из рассматриваемых периодов.

9.3.3.2.7 Риск экстремальных осадков

В таблице ниже показана оценка риска экстремальных осадков на уровне компонентов Проекта:

Таблица 24: Риск экстремальных осадков на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Средн.	Средн.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Воздушные линии электропередачи	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.
Подстанции	Средн.	Средн.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Аккумуляторная система накопления энергии	Средн.	Средн.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Подъездные дороги	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.

На основе данных приведенной таблицы значительный риск не прогнозируется ни для одного компонента проекта ни на одном из временных этапов. Фактически все оценки укладываются в диапазон от «Низкого» до «Самого низкого» уровня.

9.3.3.2.8 Риск лесных пожаров

В таблице ниже показана оценка риска лесных пожаров на уровне компонентов Проекта:

Таблица 25: Риск лесных пожаров на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Высок.	Высок.	Средн.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Высок.	Высок.	Высок.
Воздушные линии электропередачи	Высок.	Низк.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Высок.	Высок.	Высок.
Подстанции	Высок.	Средн.	Высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.
Аккумуляторная система накопления энергии	Высок.	Средн.	Высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.
Подъездные дороги	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.	Сам. высок.

На основе данных приведенной таблицы все компоненты проекта, и особенно Воздушные линии электропередачи, подстанции, СНЭ и подъездные дороги, как ожидается, будут подвержены критическому риску лесных пожаров на всех временных этапах. Фактически уровень риска для них варьируется от «Высокого» до «Самого высокого» в различные периоды.

9.3.3.2.9 Риск града

В таблице ниже показана оценка риска града на уровне компонентов Проекта:

Таблица 26: Риск града на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Средн.	Средн.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Воздушные линии электропередачи	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.
Подстанции	Средн.	Средн.	Средн.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.
Аккумуляторная система накопления энергии	Низк.	Средн.	Низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.
Подъездные дороги	Средн.	Низк.	Высок.	Сам. низк.	Сам. низк.	Сам. низк.	Низк.	Низк.	Низк.

На основе данных приведенной таблицы значительный риск не прогнозируется ни для одного компонента проекта ни на одном из временных этапов. Фактически все оценки укладываются в диапазон от «Низкого» до «Самого низкого» уровня.

9.3.3.2.10 Риск сильного ветра

В таблице ниже показана оценка риска сильного ветра на уровне компонентов Проекта:

Таблица 27: Риск сильного ветра на уровне компонентов проекта (SSP2-4.5)

Компонент проекта	Чувствительность	АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Уязвимость	Опасность (2030)	Опасность (2040)	Опасность (2060)	Риск (2030)	Риск (2040)	Риск (2060)
Ветрогенераторы	Средн.	Высок.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Воздушные линии электропередачи	Средн.	Низк.	Высок.	Средн.	Средн.	Средн.	Высок.	Высок.	Высок.
Подземные кабели	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подстанции	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Аккумуляторная система накопления энергии	Низк.	Средн.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.
Подъездные дороги	Низк.	Низк.	Низк.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Средн.

На основе данных приведенной таблицы наиболее критичным компонентом проекта в отношении риска сильного ветра признаны воздушные линии электропередачи: для них прогнозируется «Высокий» уровень риска на всех временных этапах. Остальные компоненты проекта также подвержены существенному риску, сохраняя «Средний» уровень для всех рассматриваемых периодов.

9.3.4 Мероприятия по снижению рисков и выводы

Оценка физических климатических рисков позволила выявить наиболее критические угрозы, связанные с долгосрочными последствиями изменения климата, с учетом различных сценариев воздействия на протяжении всего жизненного цикла проекта.

Учитывая 25-летний жизненный цикл проекта, оценка была сосредоточена на трех ранее определенных временных горизонтах: ближайшем будущем (2030 год), среднесрочном будущем (2040 год) и отдаленном будущем (2060 год).

Что касается этапов реализации, данное исследование в основном относится к эксплуатации и выводу объекта из эксплуатации, учитывая соответствующие воздействия, вызванные изменением климата с течением времени.

Рассматривая результаты для проекта в целом, оценка выявила лесные пожары как наиболее критический климатический риск с уровнем «высокий». Засуха, экстремальная жара, экстремальный холод и сильный ветер были классифицированы как опасности со «средним» риском, а затопление, сильные штормы, экстремальные осадки и град — как опасности с «низким» риском для всех сценариев на протяжении жизненного цикла проекта.

Для повышения устойчивости компания будет систематически управлять климатическими рисками и обеспечивать их непрерывный мониторинг и снижение. Комплекс мер по смягчению последствий будет интегрирован в План управления окружающей и социальной средой, План аварийной готовности и реагирования (ПАГР) и другие сопутствующие документы. Эти документы должны периодически пересматриваться и актуализироваться с учетом новых научных данных и климатических прогнозов.

Был определен набор мер по снижению рисков для помощи в уменьшении климатических угроз. Хотя этот список не является исчерпывающим или обязывающим, он обеспечивает прочную основу для дальнейшего планирования адаптации. Меры должны быть расставлены по приоритетам на основе уровней риска и ожидаемых временных рамок их эффективности.

В данном разделе сначала приводится перечень общих мер, полезных для проекта в целом и способствующих повышению его устойчивости к климатическим рискам. Затем следует перечень мер, специфичных для отдельных рисков и компонентов проекта, приоритизированных — от наиболее критических до наименее критических — в соответствии с результатами оценки климатических рисков (ОКР). Большинство предлагаемых мер следует учитывать уже на этапе проектирования.

Все риски

- Интегрировать соответствующие меры по смягчению климатических рисков в План управления окружающей и социальной средой (ПУОС), обеспечив их согласование с общими целями устойчивого развития.
- В рамках обязательного для проекта Плана аварийной готовности и реагирования (ПАГР), являющегося частью Системы экологического и социального менеджмента (ESMS), детально проработать и интегрировать процедуры по контролю за всеми выявленными опасностями.
- Регулярно (например, раз в пять лет) пересматривать оценку климатических рисков для актуализации адаптационных стратегий с учетом новых научных прогнозов и результатов уже реализованных мер.
- Обеспечить плановое техническое обслуживание инфраструктуры для повышения ее устойчивости к климатическим воздействиям.
- Заложить меры по снижению рисков в проектную документацию, где это целесообразно, и включить их в Систему экологического и социального менеджмента (ESMS) Подрядчика для обеспечения беспрепятственной реализации и долгосрочной эффективности.

Риск лесных пожаров

Для смягчения риска лесных пожаров на проекте, где это технически и экономически целесообразно, рекомендуются следующие меры:

- Установить тепловые, дымовые и газоанализаторы (датчики горючих газов) в стратегических точках каждого контейнера СНЭ для обнаружения электрического возгорания и теплового разгона на самой ранней стадии, с передачей сигнала тревоги в случае события.
- Развернуть тепловизионные камеры, инфракрасные датчики и системы дистанционного мониторинга пожаров на подстанциях и ветротурбинах для выявления тепловых аномалий и обеспечения раннего предупреждения до возникновения открытого огня.

- Создать противопожарные разрывы и зоны снижения горючей нагрузки с использованием гравия, негорючих барьеров или контролируемых выжиганий для замедления распространения огня вблизи ветротурбин, подстанций и СНЭ.
- Поддерживать защитную зону путем регулярной расчистки сухой растительности, валежника и других горючих материалов вдоль подъездных дорог и вокруг ключевых объектов (воздушных линий электропередачи, ветротурбин, подстанций, СНЭ) для предотвращения распространения пожара.
- Обеспечить адекватный доступ для пожарной техники и поддерживать стратегически расположенные запасы воды или гидранты на подстанциях, у СНЭ и вблизи ветротурбин для эффективного аварийного реагирования.
- Проводить регулярные инспекции электрических систем и трансформаторов на подстанциях и ветротурбинах для выявления потенциальных источников возгорания из-за электрических неисправностей.
- Обеспечить достаточное расстояние между контейнерами СНЭ для предотвращения распространения огня в соответствии со спецификациями производителя.
- Соорудить огнестойкие ограждения, перегородки и физические барьеры вокруг подстанций для предотвращения распространения огня между критическими компонентами.
- Установить газовые детекторы внутри подстанций для выявления опасных концентраций газов, способных привести к пожарам.
- Внедрить активные системы охлаждения и контролируемые механизмы вентиляции на СНЭ и ветротурбинах для предотвращения перегрева и снижения связанных с ним рисков.
- Использовать изолированные проводники, искрогасители и системы защиты от дугового разряда вдоль воздушных линий электропередачи для минимизации рисков возгорания от электрических неисправностей.
- Разрабатывать и регулярно обновлять планы аварийного реагирования на пожары, включая учения по пожаротушению и процедуры эвакуации, обеспечивая координацию между всеми объектами (ветротурбинами, СНЭ, подстанциями) и подъездными дорогами.

Риск экстремальной жары и изменчивости температуры

Для смягчения рисков, связанных с экстремальной жарой и повышением температур, где это технически и экономически целесообразно, рекомендуются следующие меры:

- Использовать проводники, стойкие к высоким температурам, на воздушных линиях электропередачи для сохранения механической целостности и уменьшения провисания в периоды экстремальной жары.
- Установить системы динамического определения номинала линий на воздушных линиях электропередачи для мониторинга температуры проводника и условий окружающей среды в реальном времени, что позволит осуществлять адаптивное управление нагрузкой и избегать перегрева.
- Увеличить габаритные расстояния и проводить проверку на риски теплового провисания для воздушных линий электропередачи, чтобы предотвратить контакт с землей или перекрытие во время экстремальных температурных событий.
- Внедрить активные и пассивные системы охлаждения (включая принудительную вентиляцию и материалы с фазовым переходом) на СНЭ и подстанциях для регулирования температуры критического оборудования.
- Усилить системы мониторинга дополнительными тепловыми датчиками и предиктивной аналитикой на ветротурбинах, СНЭ и подстанциях для заблаговременного обнаружения рисков перегрева и запуска корректирующих действий.
- Оптимизировать эксплуатационные процедуры путем корректировки нагрузок, графиков работы или порогов отключения во время волн жары для ветротурбин, подстанций и СНЭ с целью предотвращения перегрева.
- Использовать передовые термостойкие материалы и покрытия в электрических компонентах и механических частях ветротурбин, подстанций и воздушных линий электропередачи для повышения их долговечности в условиях высоких температур.
- Проектировать кожухи и укрытия с отражающими поверхностями и естественными охлаждающими свойствами для СНЭ и подстанций, чтобы минимизировать внутреннее накопление тепла.

- Разработать планы действий при волнах тепла, включая меры экстренного охлаждения, использование дополнительных резервов мощности и оперативные корректировки режима работы для ветротурбин, СНЭ и подстанций с целью обеспечения надежности энергосистемы.

Риск экстремального холода

Для смягчения рисков, связанных с экстремальным холодом, где это технически и экономически целесообразно, рекомендуются следующие меры:

- Усилить конструкции воздушных линий электропередачи для выдерживания увеличенных механических нагрузок от нарастания льда и снега в периоды экстремальных холодов.
- Использовать проводники и изоляторы из материалов, сохраняющих гибкость и прочность при температурах ниже нуля, чтобы избежать их охрупчивания и разрыва.
- Интегрировать автоматизированные системы удаления льда и защиты от обледенения (например, нагревательные элементы и ледостойкие покрытия) на воздушных линиях электропередачи и подземных кабелях для предотвращения накопления льда и обеспечения бесперебойной передачи электроэнергии.
- Применять морозостойкие смазочные материалы, гидравлические жидкости и изоляционные покрытия для компонентов ветротурбин и оборудования подстанций для поддержания работоспособности в условиях замерзания.
- Разработать стратегии удаления и снижения льда (дистанционно управляемое механическое удаление, химические антиобледенители) для подъездных дорог, чтобы обеспечить безопасную транспортировку и доступ для технического обслуживания.
- Использовать материалы с высокой ударной вязкостью и гибкостью в конструкции воздушных линий электропередачи и подземных кабелей для предотвращения механической деградации и хрупкости при экстремальном холоде.
- Установить протоколы эксплуатации в холодную погоду, включая скорректированные графики технического обслуживания и планы аварийного реагирования для подстанций и СНЭ, чтобы предотвратить отказы системы из-за экстремальных температур.

Риск засухи и дефицита воды

Для смягчения рисков, связанных с засухой и дефицитом воды, где это технически и экономически целесообразно, рекомендуются следующие меры:

- Наладить постоянный мониторинг влажности почвы и гидрологических условий в зоне фундаментов ветротурбин и подстанций, чтобы своевременно выявлять ранние признаки рисков проседания, вызванных продолжительными засушливыми периодами.
- Применять методы стабилизации грунта, такие как биоинженерия, высадка глубококорневой растительности и использование геосинтетических материалов, вокруг оснований ветротурбин и подстанций для поддержания структурной целостности грунта и снижения риска осадки фундаментов.
- Использовать засухоустойчивую растительность и специальные методы обработки почвы на участках с набухающими глинами вблизи фундаментов турбин и вдоль подъездных дорог, чтобы минимизировать усадку грунта и предотвратить нестабильность, связанную с эрозией.
- Внедрить системы контролируемого орошения или стратегии удержания влаги на площадках критической инфраструктуры, таких как подстанции и ветротурбины, для смягчения последствий экстремального высыхания почвы в условиях продолжительной засухи.
- Разработать планы действий в чрезвычайных ситуациях для обслуживания фундаментов ветротурбин и подстанций в случае значительной усадки грунта; эти планы должны включать варианты оперативного усиления конструкций, а также рассматривать адаптивные типы фундаментов для районов с высоким уровнем риска.

Риск сильных ветров

Для смягчения рисков, связанных с сильными ветрами, где это технически и экономически целесообразно, рекомендуются следующие меры:

- Применять компактные или низкопрофильные конфигурации проводников, чтобы уменьшить ветровую нагрузку и минимизировать раскачивание линий электропередачи.
- Оснастить воздушные линии электропередачи гасителями вибрации и распорками для контроля ветровых колебаний, что предотвратит механическую усталость материалов.
- Использовать для лопастей и гондол ветротурбин аэродинамически совершенные конструкции и усиленные материалы, чтобы минимизировать вибрации и структурные напряжения от воздействия ветра.
- Усилить системы анкеровки и опорные конструкции воздушных линий электропередачи для снижения риска их повреждения или обрушения при экстремальных ветровых нагрузках.
- Установить системы мониторинга ветра в реальном времени на ветротурбинах и подстанциях, интегрировав их с автоматическими алгоритмами реагирования, такими как адаптивное перераспределение нагрузки или прогнозируемое отключение.
- Усилить конструктивные элементы ограждений подстанций и корпусов СНЭ, чтобы они могли выдерживать высокие ветровые нагрузки и обеспечивать защиту критического оборудования.
- Проводить регулярные обследования структурной целостности фундаментов ветротурбин, подстанций и СНЭ для своевременного выявления и устранения потенциальных уязвимостей, вызванных длительным воздействием сильных ветров.
- Разработать детальные планы действий в чрезвычайных ситуациях для случаев экстремальных ветров, которые должны включать процедуры быстрого осмотра, протоколы аварийного отключения и алгоритмы ускоренного восстановительного обслуживания ветротурбин и электрической инфраструктуры.
- Наносить специальные ветростойкие покрытия и устанавливать защитные барьеры на открытые компоненты воздушных линий электропередачи, чтобы снизить износ и риск повреждения от разносимого ветром мусора.

Риск затопления

- Для снижения уязвимости к затоплению подстанции и СНЭ будут приподняты.
- Конструкция подстанций и СНЭ будет включать водостойкие кожухи и системы мониторинга для раннего обнаружения проникновения воды.
- Вокруг критической инфраструктуры и подъездных дорог будут спроектированы и внедрены дренажные системы, адаптированные к конкретной площадке. Они обеспечат эффективный отвод воды и предотвратят ее накопление.

Риск сильных штормов

- Для противодействия механическим нагрузкам, возникающим во время шторма, подстанции и СНЭ будут оснащены усиленными системами анкеровки.

Риск экстремальных осадков и изменчивости осадков

- Для управления водными рисками и обеспечения раннего предупреждения будут установлены системы мониторинга осадков в реальном времени. Данные системы будут охватывать ветротурбины, подстанции и СНЭ.
- Чувствительное оборудование на подстанциях и СНЭ будет размещено во влагозащищенных кожухах для защиты от повреждения водой.

Риск града

- Для своевременного обнаружения градовых штормов будут внедрены системы мониторинга погоды в реальном времени. Это позволит оперативно корректировать режим работы ветротурбин, подстанций и СНЭ.
- Для минимизации воздействия града чувствительное оборудование на подстанциях и СНЭ будет оснащено защитными чехлами или экранами.

