



ОТЧЕТ

Проект ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан)

Концепция операционного управления ветрогенераторами

Предоставлено:

Aktas Energy LLP

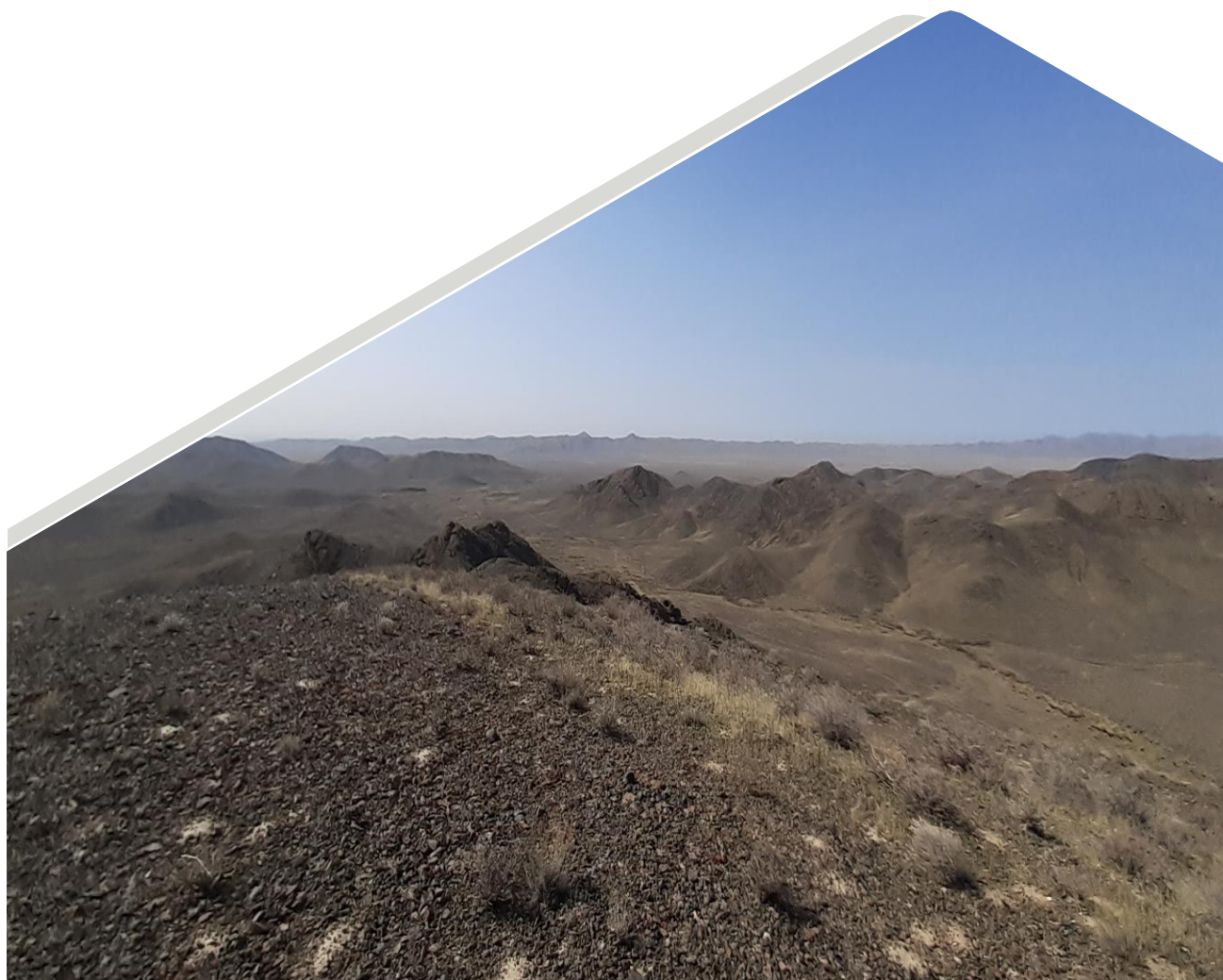
Подготовлено:

WSP Italy

Via Antonio Banfo 43, 10155 Torino, Italia

24685792-030-R-Rev. 0

December 2025



Список рассылки

Содержание

ОТЧЕТ	1
1.0 ВВЕДЕНИЕ	6
2.0 ОПЕРАЦИОННЫЙ ПЛАН УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРАМИ	6
3.0 ТЕХНОЛОГИЯ ОСТАНОВКИ ПО ТРЕБОВАНИЮ	7
3.1 Возможности систем	7
3.1.1 ProtecBird Aveswind	7
2.1.2 IdentiFlight	8
4.0 МЕТОДОЛОГИЯ	8
4.1 Дизайн исследования и виды птиц, отобранные для анализа риска столкновений	8
4.1.1 Методы исследования	8
4.1.2 Обзорные исследования с точек наблюдения	8
4.1.2.1 Ограничения данных	11
4.1.3 Целевые виды для моделирования риска столкновений	11
4.2 Выявление мест размещения ветрогенераторов с высоким уровнем риска	12
5.0 РЕЗУЛЬТАТЫ	13
5.1 Пространственная плотность птиц и места размещения ветрогенераторов с высоким уровнем риска	13
5.1.1 Пространственное распределение активности птиц	13
5.1.2 Все хищные виды	13
5.1.3 Степной орел	14
5.1.4 Нехищные виды	15
5.1.5 Мигрирующие виды	16
5.2 Ветрогенераторы с ограниченным охватом наблюдения	17
5.3 Ветрогенераторы без охвата наблюдения	17
6.0 ОБСУЖДЕНИЕ	17
6.1 Птицы : пространственный охват системы SDoD	17
6.2 Критерии остановки	19
6.2.1 Целевые виды для SDoD	19
6.3 Летучие мыши	20
6.4 Обязательства по применению системы остановки по требованию	20

6.4.1	График реализации.....	20
6.4.1.1	Птицы	20
6.4.1.2	Летучие мыши	20
7.0	МОНИТОРИНГ И АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ.....	21
7.1	План мониторинга: птицы и летучие мыши	21
7.2	Адаптивное управление	22
8.0	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	23

Перечень таблиц

Таблица 1	Точки наблюдения (ТН), использованные для анализа риска столкновений, и продолжительность исследований (в часах).....	9
Таблица 2:	Виды птиц, включенные в оценку риска столкновений.....	11
Таблица 3	Турбины в пределах зон видимости, относящихся к приоритетным ТН, на основе активности полётов целевых видов.....	18

Перечень рисунков

Рисунок 1:	Средняя плотность птиц для всех видов на каждой ТН.....	13
Рисунок 2:	Средняя плотность птиц для всех видов хищников на каждой ТН.....	14
Рисунок 3:	Средняя плотность птиц для Степного Орла на каждой ТН.....	14
Рисунок 4:	Средняя плотность птиц для Чернобрюхого рябка на каждой ТН.....	15
Рисунок 5:	Средняя плотность птиц для Стрепета на каждой ТН.....	15
Рисунок 6:	Средняя плотность птиц для всех мигрирующих видов в период весенней миграции на каждой ТН.....	16
Рисунок 7:	Средняя плотность птиц для всех мигрирующих видов в период осенней миграции на каждой ТН.....	17
Рисунок 8:	Видимость точек наблюдения, схема на январь 2025 г. (Приложение)	
Рисунок 9:	Пространственная плотность птиц для всех 13 видов, взятых для оценки (Приложение)	
Рисунок 10:	Пространственная плотность птиц для всех видов хищников (Приложение)	
Рисунок 11:	Пространственная плотность птиц для Степного Орла (Приложение)	
Рисунок 12:	Пространственная плотность птиц для Чернобрюхого рябка (Приложение)	
Рисунок 13:	Пространственная плотность птиц для Стрепета (Приложение)	
Рисунок 14:	Пространственная плотность птиц для мигрирующих видов, весенний пролёт (Приложение)	
Рисунок 15:	Пространственная плотность птиц для мигрирующих видов, осенний пролёт (Приложение)	

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Сводные рисунки для Концепции операционного управления ветрогенераторами (КОУВ)

1.0 ВВЕДЕНИЕ

Ветряные электростанции несут три основных вида прямых угроз для птиц:

- 1) Прямая потеря местообитаний на этапе строительства. К этой категории относятся застроенные площадки у оснований ветрогенераторов, служебные дороги между ними, подъездные пути к станциям, воздушные линии электропередачи, вахтовые поселки, зоны разгрузки и подстанции.
- 2) Вытеснение и беспокойство (косвенная потеря местообитаний). Птицы могут начать избегать как саму электростанцию, так и прилегающие территории из-за строительных работ и последующей эксплуатации объектов. Это включает беспокойство гнездящихся птиц, особенно редких хищных видов, а также создание барьерного эффекта. В результате птицы не могут использовать привычные маршруты к местам кормления или отдыха, а их миграционные пути нарушаются.
- 3) Гибель от столкновений. Птицы могут погибать, сталкиваясь с лопастями ветрогенераторов или другой инфраструктурой станции.

Для оценки каждого из этих потенциальных воздействий необходимо детально изучить распределение птиц на территории в течение года, а также их миграционную и локальную активность в полете. Такой анализ позволит спрогнозировать возможные последствия реализации Проекта для орнитофауны. Основная задача методики обследования — создать основу для прогноза вероятного воздействия на птиц, а также получить достоверную оценку ключевых факторов, таких как риск столкновений и влияние на важные виды.

Поскольку гибель птиц от столкновений — одно из наиболее серьезных потенциальных последствий работы ветроэлектростанций, необходимы методы, эффективно снижающие этот риск. Один из таких методов — система остановки ветрогенераторов по требованию ((SDoD)), которую рассматривают для применения на ВЭС Мирный.

Эта система предполагает целенаправленную остановку ветрогенераторов в случае, если в буферной зоне вокруг ветрогенератора оказываются особи приоритетных видов или значительные стаи других птиц, а их траектория полета может привести к опасному сближению с лопастями.

Возможность применения системы остановки для данного проекта оценивается с учетом пространственного фактора, который основан на данных о вариативности летной активности птиц на территории в период проведения обследований.

2.0 ОПЕРАЦИОННЫЙ ПЛАН УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРАМИ

Операционный план управления ветрогенераторами (ОПУВ) — это структурированная система, призванная свести к минимуму столкновения птиц и летучих мышей с лопастями, одновременно оптимизируя работу и выработку энергии ветроустановками. Цель данного плана — описать конкретную стратегию активного регулирования работы ветрогенераторов для снижения риска столкновений для определенных целевых видов птиц и летучих мышей. Для ВЭС Мирный в качестве оптимальных решений были выбраны: для защиты птиц — система остановки по требованию (SDoD) на основе видеокамер, а для защиты летучих мышей — стратегия ограничения работы ветрогенераторов. Реализация плана будет заключаться в корректировке режима работы ветрогенераторов при наступлении определенных условий, например, при повышенном риске столкновений для птиц и летучих мышей или во время неблагоприятных погодных явлений. Эта стратегия будет действовать на протяжении всей эксплуатационной фазы проекта и реализовываться в рамках адаптивного подхода. Его основой станут данные постоянного мониторинга полетов птиц и летучих мышей, а также результаты мониторинга гибели животных после завершения строительства (PCFM).

3.0 ТЕХНОЛОГИЯ ОСТАНОВКИ ПО ТРЕБОВАНИЮ

В период эксплуатации ВЭС Мирный для защиты видов с высоким природоохранным статусом будет применяться система остановки по требованию (SDoD). Она автоматически инициирует остановку ветрогенераторов при приближении такой птицы к работающим ВЭУ. На сегодняшний день существует несколько технологических решений для таких систем, включая радиолокационные (например, Robin Radar и DTBird) и основанные на видеокамерах (например, Protecbird Aveswind или IdentiFlight). Подобные системы с искусственным интеллектом обнаруживают уязвимые виды и автоматически останавливают соответствующие ветрогенераторы.

Для ВЭС Мирный предпочтительным вариантом является система на базе камер. Это объясняется тем, что аналогичные решения уже успешно применяются на крупных ветроэлектростанциях в регионе Центральной Азии, например, на Заравшанской ВЭС в Узбекистане. Окончательный выбор в пользу системы IdentiFlight пока не утвержден, но ее ключевые возможности кратко описаны далее.

3.1 Возможности систем

3.1.1 ProtecBird Aveswind

Система Aveswind активно рассматривается в качестве одной из камерных платформ для реализации SDoD. Устанавливаемая непосредственно на башню ветрогенератора, она способна работать в экстремальных погодных условиях (от -40 °C до +55 °C) при скорости ветра до 245 км/ч. Система устойчива к песчаным бурям и дождю благодаря автоматической очистке и стеклоочистителям, которые поддерживают линзы в чистоте. Система обнаруживает птиц даже при низком уровне освещенности на расстоянии до 400 метров.

Для определения вида в сумерках или темноте она анализирует частоту взмахов крыльев. Распознавание заранее заданных видов осуществляется с помощью алгоритма искусственного интеллекта, который обучается в реальном времени. Система способна одновременно отслеживать до 250 птиц на одну камеру с функцией предварительного масштабирования, точно определяя их трехмерное положение, скорость, высоту и дистанцию.

Для технического обслуживания и поддержки разработчик планирует создать специализированную сервисную команду по Центральной Азии с базой в Ташкенте.

В настоящее время алгоритм системы обучен распознаванию следующих видов:

- Орлан-белохвост, беркут
- Малый подорлик
- Змееяд
- Красный коршун, черный коршун
- Болотный лунь, полевой лунь, луговой лунь
- Обыкновенный канюк, осоед, мохноногий канюк
- Ястреб-перепелятник, ястреб-тетеревятник
- Обыкновенная пустельга
- Белый аист, черный аист
- Серый журавль

3.1.2 IdentiFlight

Система IdentiFlight обнаруживает и классифицирует виды птиц в реальном времени с точностью до 99%. Это достигается благодаря фирменной технологии, которая сочетает машинное зрение и нейронные сети. Система позволяет задать список охраняемых видов, что помогает максимизировать выработку электроэнергии, останавливая ветрогенераторы только при необходимости. Обнаруживая птиц на расстоянии до 1,3 км и идентифицируя среди них охраняемые виды, система обеспечивает достаточный запас времени для безопасного снижения скорости вращения ветрогенераторов. Это учитывает скорость полета птиц, которые могут подвергаться риску столкновения на территории ВЭС Мирный.

IdentiFlight можно установить как одиночную станцию для мониторинга и сбора данных, так и в виде сети станций для полного покрытия площади электростанции. Оптимальные места для установки камер будут определены на основе данных о пространственном распределении летной активности, собранных в ходе исследовательской программы с весны 2023 года по лето 2025 года.

Поскольку система уже развернута на Заравшанской ВЭС в Узбекистане, ее алгоритмы уже обучены распознаванию многих видов птиц, определенных в качестве целевых и для ВЭС Мирный.

4.0 МЕТОДОЛОГИЯ

4.1 Дизайн исследования и виды птиц, отобранные для анализа риска столкновений

4.1.1 Методы исследования

Для оценки исходного состояния биоразнообразия птиц, включая их плотность и летную активность, Ассоциация сохранения биоразнообразия Казахстана (АСБК) с лета 2023 года проводит мониторинговые исследования с точек наблюдения (ТН). Проект прошел несколько этапов пересмотра планировки, и окончательная схема размещения ветрогенераторов была предоставлена Заказчиком лишь в январе 2025 года. Поэтому для настоящего анализа использовались данные, собранные с тех точек наблюдения, которые соответствуют итоговому плану.

Все методы сбора данных детально описаны в отчете WSP (2025)¹, их краткое изложение с ключевыми результатами представлено далее. Программа исследований была разработана WSP и АСБК с учетом рекомендаций SNH (2017)² в редакции 2025 года, а также руководства Jenkins et al. (2015)³, которое больше подходит для обследования обширных площадок в аридных условиях. Работы начались в сентябре 2023 года и охватывали два альтернативных участка. Они продолжались до августа 2025 года, когда были завершены финальные обследования для окончательной планировки.

4.1.2 Обзорные исследования с точек наблюдения

Методика проведения исследований летной активности для оценки риска столкновений детально описана в отчете WSP (2025) и в Приложении С к ОВОСС — отчете по моделированию этого риска (WSP, 2025a)⁴. Площадь проектной территории была очень велика и составляла 26 764,93 га. Получить доступ ко всем точкам окончательного размещения ветрогенераторов было затруднительно из-за

¹ Отчет WSP по ОССОСС (2025) для Проекта ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан), глава 06 — Исходные условия. Биологические ресурсы и биоразнообразие.

² Документ Scottish Natural Heritage (2017) "Рекомендуемые методы орнитологических исследований для оценки воздействия наземных ветряных электростанций, редакция 2".

³ A.R. Jenkins, C.S. van Rooyen, J.J. Smallie, J.A. Harrison, M. Diamond, H.A. Smit-Robinson and S. Ralston (2015) Birds and Wind-Energy Best-Practice Guidelines (Птицы и ветроэнергетика: Рекомендации по наилучшей практике)

⁴ ПРОЕКТ ВЭС 1 ГВТ МИРНЫЙ (КАЗАХСТАН) Приложение С: Отчет по моделированию риска столкновения птиц

удаленности площадки, сложного рельефа, ограниченных возможностей полевой группы, а также из-за периодических экстремальных погодных условий. Последние, в частности, не позволяли обеспечить полное покрытие исследований в зимние месяцы из-за снежного покрова и подтопления территории.

Территория окончательной планировки была охвачена наблюдениями с превышением минимального порога в 75%, рекомендованного в работе Jenkins et al. (2015), и составила:

- 78,57% видимости для 121 из 150 ветрогенераторов, включенных в окончательную планировку.
- 66,7% видимости для 17 из 21 резервного ветрогенератора.
- Общий охват ветрогенераторов с точек наблюдения — 77%.

Расположение этих финальных точек наблюдения показано на Рисунке 6 отчета WSP (2025) и для наглядности продублировано на Рисунке 1 настоящего документа.

Согласно пункту 3.2 отчета Ramboll (2025)⁵, в котором указана необходимость предоставления сводных данных по общему количеству часов наблюдений со всех точек, охватывающих текущую планировку ветрогенераторов, в разрезе сезонов, эти данные представлены в Таблице 1-1 отчета WSP (2025a). Для удобства они также приведены ниже в Таблице 1.

Таблица 1: Точки наблюдения (ТН), использованные для анализа риска столкновений, и продолжительность исследований (в часах).

Релевантная ТН	Лето 2023 (ч)	Осень 2023 (ч)	Весна 2024 (ч)	Осень 2024 (ч)	Зи ма 202 4- 25 (ч)	Вес на 202 5 (ч)	Ле то 20 25 (ч)
S01 / M19	12	12	12	12	3	12	18
S04 / M17	12	12	12	12	3	12	18
S05 / M15	12	12	12	18	3	12	18
S09 / M08	12	12	12	18	3	12	18
S10 / M10	12	12	12	15		12	18
S12 / M32	12	12	12	15		12	18
S13 / M06	12	12	12	18	3	12	18
S16 / M04	12	12	12	18	3	12	18

⁵ Ramboll (2025) "Резюме по критическим вопросам, требующим внимания перед раскрытием информации"

Релевантная ТН	Лето 2023 (ч)	Осень 2023 (ч)	Весна 2024 (ч)	Осень 2024 (ч)	Зи ма 202 4- 25 (ч)	Вес на 202 5 (ч)	Ле то 20 25 (ч)
S18 / M03	12	12	12	15		12	18
S20 / M01	12	12	12	15		12	18
S11 / M07	12	12		15	2	12	18
M02			12	18		12	18
M05			12	18	3	12	18
M09			12	15	3	12	18
M11			12	18	3	12	18
M12			12	15	3	12	18
M13			12	18	2	12	18
M14			12	12	3	12	18
M16			12	15		12	18
M21			12	18		12	18
P02				12		12	18
P24				12		12	18
P17				12		12	18
X04				12		12	18
X05				12		12	18
P06				12		12	18

Релевантная ТН	Лето 2023 (ч)	Осень 2023 (ч)	Весна 2024 (ч)	Осень 2024 (ч)	Зи ма 202 4- 25 (ч)	Вес на 202 5 (ч)	Ле то 20 25 (ч)
Кол-во релевантных ТН	11	11	19	26	13	26	26
Общий эффективный объем исследований за сезон	132	132	228	342	37	312	468

4.1.2.1 Ограничения данных

Охват территории исследованиями в период с осени 2024 года по лето 2025 года (с сентября 2024 по август 2025) можно считать репрезентативным, хотя он и не достигает полного стандартного объема часов наблюдений. В рамках методики были приняты следующие сезонные определения: осень — сентябрь, октябрь, ноябрь; зима — декабрь—март; весна — апрель, май; лето — июнь, июль, август. В осенний сезон 2024 года среднее время наблюдения с каждой точки составило 4,38 часа в месяц, при этом часть данных за сентябрь отсутствует. Данные за зимний сезон 2024/2025 года являются ограниченными из-за проблем с доступом к территории и сложных погодных условий. В весенний и летний сезоны 2025 года наблюдение с каждой точки велось по 6 часов в месяц. Дополнительные данные собраны за лето 2023, осень 2023 и весну 2024 года для 11, 11 и 19 из 26 точек наблюдения соответственно.

Одиннадцать точек наблюдения, которые использовались с начала исследовательской программы и оставались релевантными для охвата окончательной скорректированной планировки, характеризуются наиболее полным временным охватом.

4.1.3 Целевые виды для моделирования риска столкновений

Тринадцать видов птиц, выбранных для моделирования риска столкновений (CRM)⁶, приведены в Таблице 2.

Таблица 2: Виды птиц, включенные в оценку риска столкновений.

Обычное название	Научное название	Хищная/Нехищная	Перелетная/Оседлая
Чернобрюхий рябок	<i>Pterocles orientalis</i>	Нехищная	Перелетная
Черный коршун	<i>Milvus migrans</i>	Хищная	Перелетная
Обыкновенная пустельга	<i>Falco tinnunculus</i>	Хищная	Оседлая
Чеглок	<i>Falco subbuteo</i>	Хищная	Перелетная
Ястреб-перепелятник	<i>Accipiter nisus</i>	Хищная	Перелетная
Беркут	<i>Aquila chrysaetos</i>	Хищная	Оседлая
Степная пустельга	<i>Falco naumanni</i>	Хищная	Перелетная
Стрепет	<i>Tetrax tetrax</i>	Нехищная	Перелетная

⁶ WSP Italia, (2025) Отчет по OCCOCC, глава 06 — Исходные условия. Биологические ресурсы и биоразнообразие. Проект ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан).

Обычное название	Научное название	Хищная/Нехищная	Перелетная/Оседлая
Курганник	<i>Buteo rufinus</i>	Хищная	Перелетная
Зимняк (мохноногий канюк)	<i>Buteo lagopus</i>	Хищная	Перелетная
Змееяд	<i>Circaetus gallicus</i>	Хищная	Перелетная
Степной орел	<i>Aquila nipalensis</i>	Хищная	Перелетная
Орлан-белохвост	<i>Haliaeetus albicilla</i>	Хищная	Перелетная

Полное описание методики исследований и процесса фильтрации данных для анализа приведено в Приложении С⁷ к Главе 06 Отчета по ОССОСС⁸).

4.2 Выявление мест размещения ветрогенераторов с высоким уровнем риска

Для определения мест размещения ветрогенераторов, представляющих наибольший риск для птиц и, следовательно, потенциально требующих оснащения системой останова по требованию (SDoD), была применена группировка ветрогенераторов в пределах зоны видимости каждой точки наблюдения (ТН). Для всех полетов в диапазоне потенциального столкновения (РСН) в этой зоне была рассчитана пространственная плотность птиц. Расчет выполнялся путем деления общего времени полета (в «птице-секундах») на продолжительность наблюдения (в секундах) и площадь наблюдаемой зоны (в км²). В результате была получена средняя плотность птиц в диапазоне РСН на квадратный километр за время наблюдений. Эти значения плотности также были нанесены на карту для визуального представления участков проекта с наивысшим уровнем риска.

Расчет пространственной плотности был выполнен для следующих видов и групп:

- Все виды, перечисленные в Таблице 2;
- Все хищные птицы;
- Степной орел (глобально уязвимый вид);
- Чернобрюхий рябок (вид, находящийся под угрозой исчезновения на общеевропейском уровне);
- Стрепет (вид, близкий к уязвимому положению на глобальном уровне и уязвимый на общеевропейском уровне);
- Все мигрирующие виды — период весенней миграции;
- Все мигрирующие виды — период осенней миграции.

Из 13 оцениваемых видов только обыкновенная пустельга и беркут считаются оседлыми; все остальные классифицированы как мигрирующие.

⁷ WSP Italia, (2025) Отчет по ОССОСС, глава 06 — Исходные условия. Биологические ресурсы и биоразнообразие. Проект ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан).

⁸ WSP Italia, (2025) Отчет по ОССОСС, глава 06 — Исходные условия. Биологические ресурсы и биоразнообразие. Проект ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан).

5.0 РЕЗУЛЬТАТЫ

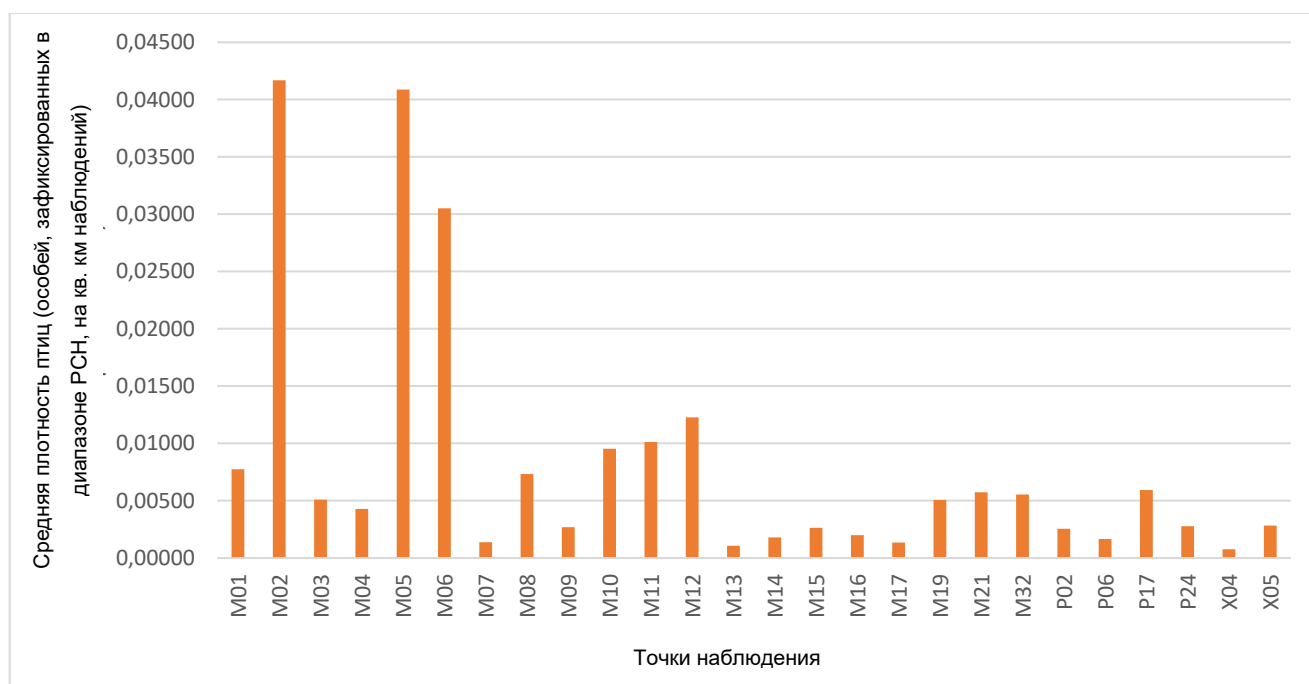
5.1 Пространственная плотность птиц и места размещения ветрогенераторов с высоким уровнем риска

Для каждой зоны видимости ТН была рассчитана пространственная плотность птиц в диапазоне РСН для различных видов и групп видов. Полученные результаты обсуждаются ниже.

5.1.1 Пространственное распределение активности птиц

Средняя плотность птиц в диапазоне РСН значительно варьируется между различными точками наблюдения, что указывает на наличие отдельных очагов активности, как показано на рисунке 2 и графике 1 ниже. Наибольшая плотность зафиксирована на точках M02, M05 и M06, которые в совокупности составляют около 53% от всей активности в диапазоне РСН. Эти три точки расположены вдоль юго-западной границы проектной площадки, что определяет данный участок как зону повышенного риска столкновений. Умеренная активность наблюдается в центральной части площадки на точках M12, M11 и M10. На большинстве остальных точек присутствие птиц в диапазоне РСН было минимальным.

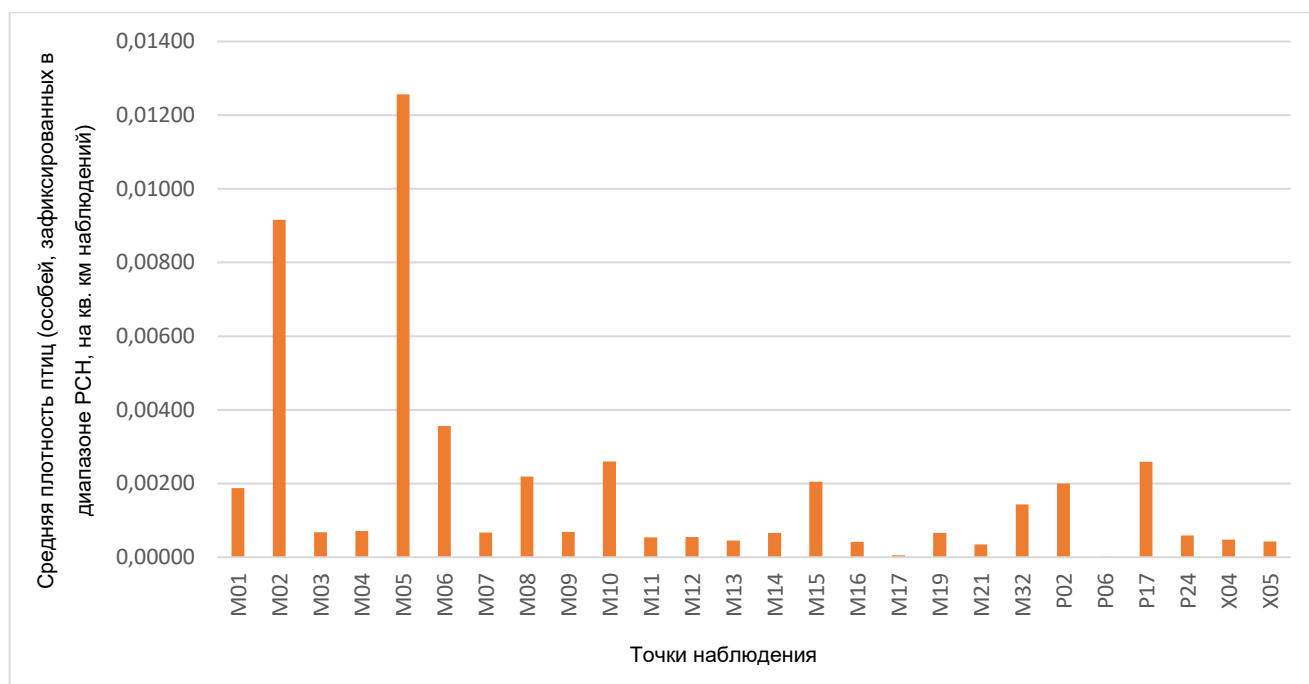
Рисунок 1: Средняя плотность птиц для всех видов в зоне видимости каждой ТН



5.1.2 Все хищные виды

Расчет пространственной плотности для всех хищных видов в совокупности выявил наиболее высокие значения в зонах M05 и M02, за которыми следует M06. Это указывает на данные участки как на основные очаги активности хищных птиц, что наглядно представлено на рисунке 3 и графике 2 ниже. Некоторый уровень активности также зафиксирован на точках M10 и P17, расположенных ближе к центру проектируемой площадки.

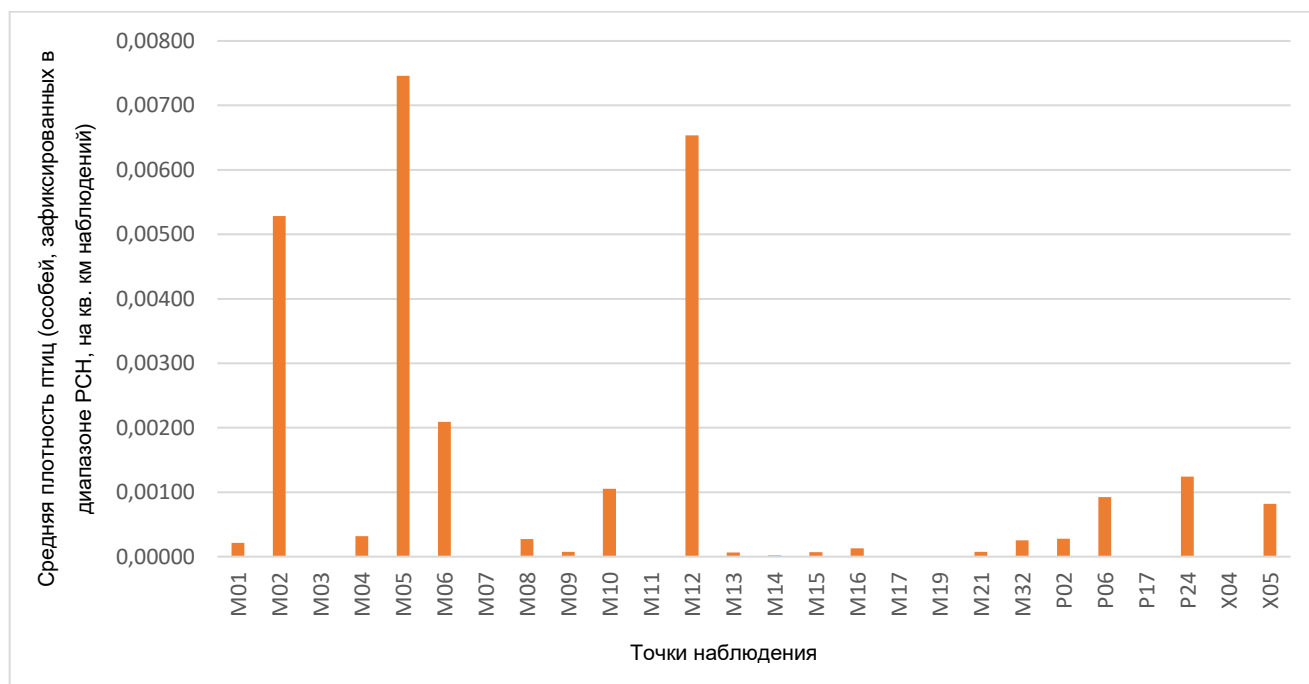
Рисунок 2: Средняя плотность птиц для всех хищных видов в зоне видимости каждой ТН



5.1.3 Степной орел

Наибольшая плотность степных орлов зафиксирована на точках M05 и M02, расположенных у юго-западной границы площадки, а также на точке M12 в ее центральной части. Это наглядно представлено на рисунке 4 и графике 3 ниже. Умеренная активность вида отмечается на точках M06, M10, P24, P06 и X05. На остальных точках наблюдения активность степного орла была незначительной.

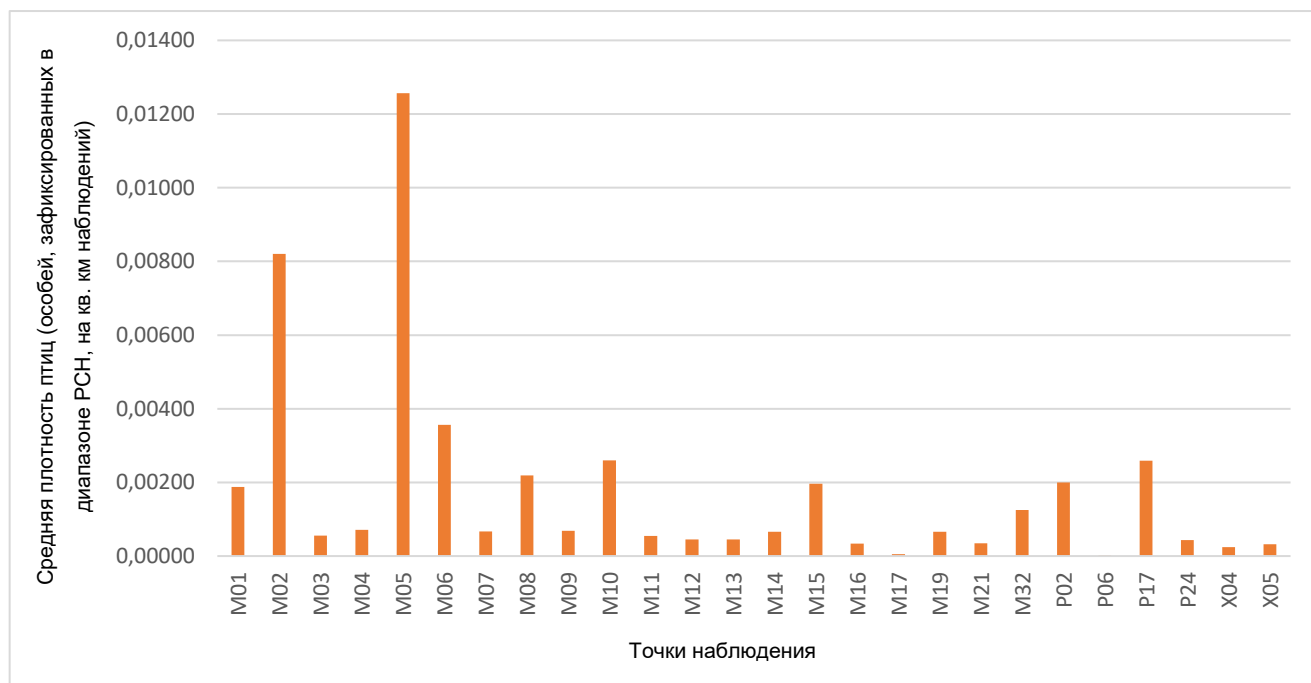
Рисунок 2: Средняя плотность птиц для степного орла в зоне видимости каждой ТН



5.1.4 Нехищные виды

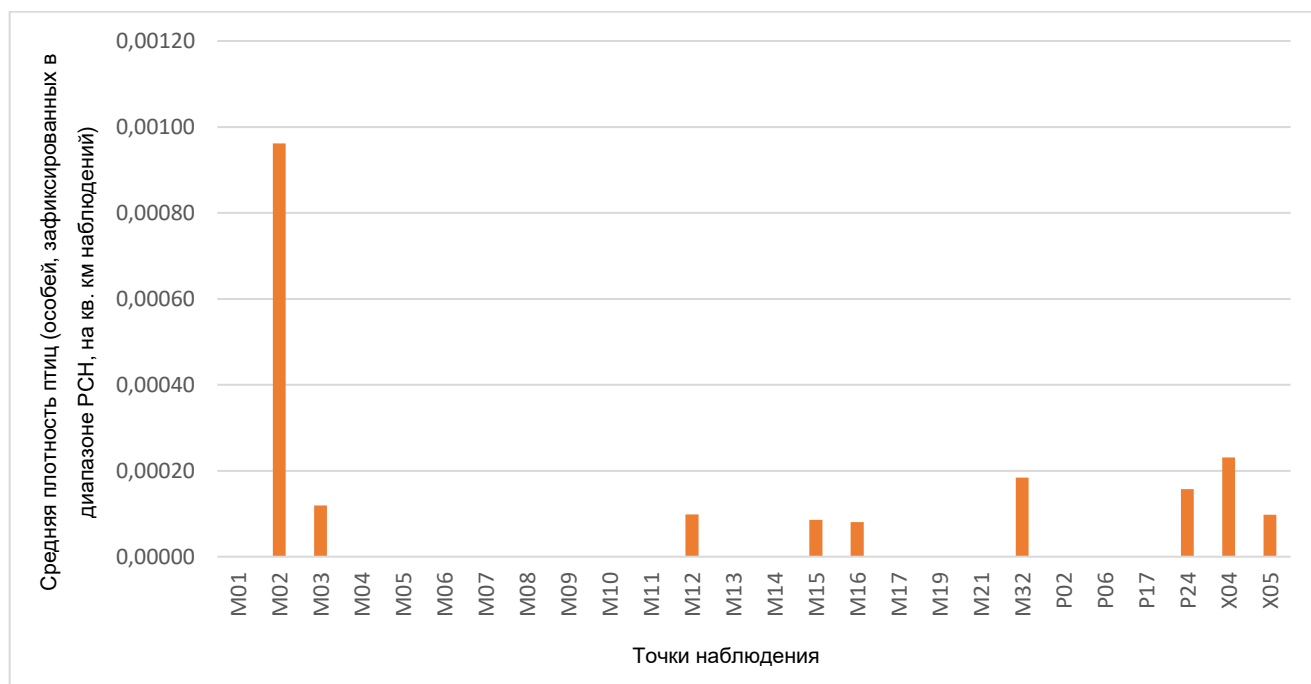
Чернобрюхий рябок: Пики активности вида приходятся на зоны M05, M02 и M06, как показано на рисунке 5 и графике 4 ниже, что указывает на их ключевую важность для данного вида. Некоторая активность также отмечена в центральной части площадки на точках P17 и M10.

Рисунок 3: Средняя плотность птиц для чернобрюхого рябка в зоне видимости каждой ТН



Стрепет: Присутствие этого вида минимально и составляет примерно 0,002 особи на км² наблюдений для всей проектируемой площадки, что показано на рисунке 6 и графике 5 ниже. Наибольшая плотность зафиксирована в зоне M02.

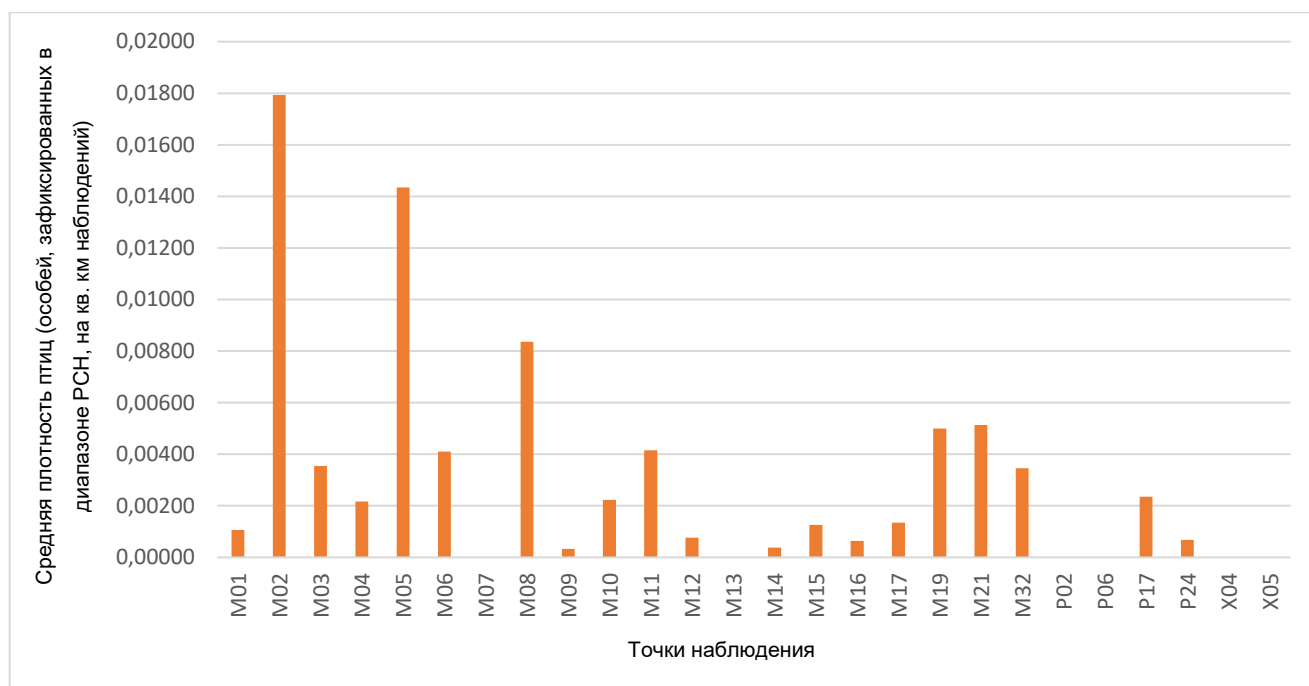
Рисунок 4: Средняя плотность птиц для стрепета в зоне видимости каждой ТН



5.1.5 Мигрирующие виды

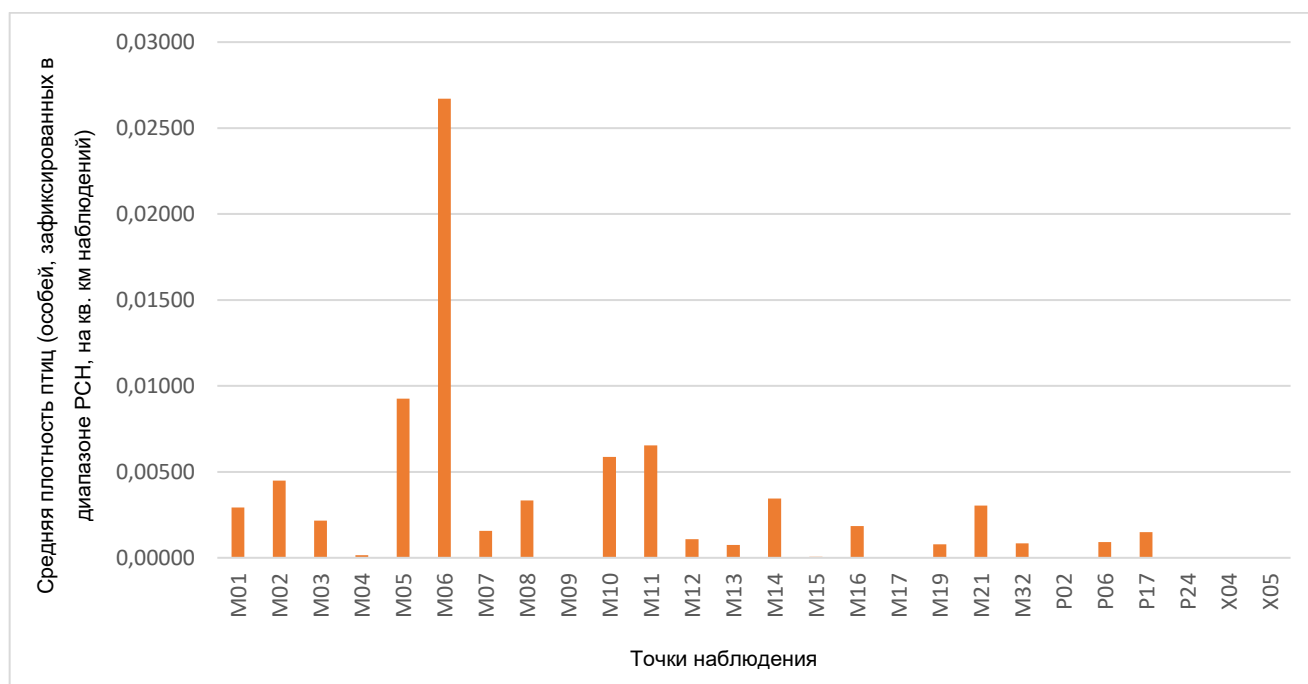
В период весенней миграции наибольшая плотность птиц наблюдалась вдоль западной границы проектируемой площадки, особенно в зонах M02, M05 и M08. Значительная миграционная активность также была зафиксирована на точках M21 и M19 в северной части территории. Остальные точки наблюдения также демонстрируют определенный уровень активности, что показано на рисунке 7 и графике 6 ниже.

Рисунок 5: Средняя плотность всех мигрирующих видов в период весенней миграции по зонам видимости ТН



В период осенней миграции наибольшая активность птиц была зафиксирована в зоне M06, как показано на рисунке 8 и графике 7 ниже. Определенный уровень активности также наблюдается на точках M11 и M10 в центральной части площадки.

Рисунок 6: Средняя плотность всех мигрирующих видов в период осенней миграции по зонам видимости ТН



5.2 Ветрогенераторы с ограниченным охватом наблюдения

Наблюдения с девяти точек (M02, M05, M09, M11, M12, M13, M14, M16 и M21) велись только начиная с весны 2024 года. В их зонах видимости находится в общей сложности 37 ветрогенераторов.

К точкам с наименьшим охватом (только осень и весна 2024 года) относятся P02, P24, P17, X04, X05 и P06. С учетом частичного перекрытия их зон видимости, наблюдениями охвачены 32 ветрогенератора. Например, зона X04 частично перекрывается с M10 (что дает дополнительный охват для 3 ветрогенераторов), а зона X05 — с M12 и M15 (дополнительный охват для 5 ветрогенераторов).

В качестве меры предосторожности, все ветрогенераторы в зонах видимости этих точек, а также остальные ветрогенераторы, не охваченные наблюдениями из-за проблем с доступом и ограниченных ресурсов исследователей, будут рассматриваться для оснащения системой остановки по требованию.

5.3 Ветрогенераторы без охвата наблюдения

Для окончательной планировки ветрогенераторов по состоянию на январь 2025 года 26 точек наблюдения обеспечили визуальный охват 119 ветрогенераторов; еще 31 ветрогенератор не попадал в зону видимости ни с одной из этих точек.

6.0 ОБСУЖДЕНИЕ

6.1 Птицы : пространственный охват системы SDoD

Активность птиц в диапазоне потенциального столкновения (PCH) пространственно сконцентрирована, а не распределена равномерно, независимо от вида и сезона. Точки наблюдения M02, M05 и M06 последовательно выделяются как ключевые очаги активности для нескольких видов в разные сезоны. Это делает ветрогенераторы в пределах этих и смежных зон видимости приоритетными объектами для оценки ограничений в работе, целевого мониторинга, а также для размещения систем защиты от столкновений или камер наблюдения. В подтверждение этого, ветрогенераторы, попадающие в зоны видимости этих приоритетных точек, суммированы в таблице 3 ниже.

Как в весенний, так и в осенний периоды миграции наблюдается повышенная плотность птиц в зонах M05 и M06. Эта картина, особенно более высокие показатели осенью, подтверждает необходимость сезонных ограничений в работе ветрогенераторов или усиленного мониторинга в пиковые периоды миграции. Весной меры SDoD следует сосредоточить на ветрогенераторах вдоль западной границы проектируемой площадки. Осенью фокус также должен быть направлен на ветрогенераторы, расположенные в ее центральной части.

Таблица 3: Ветрогенераторы в зонах видимости приоритетных точек наблюдения на основе данных о полетной активности целевых видов

Точка наблюдения	Номера ветрогенераторов в зоне видимости	Примечания
M02	95, 96, 97, 98, 99	Постоянный очаг активности, высокая многовидовая активность, низкий временной охват с ТН.
M05	100, 101, 102, 103, 165	Постоянный очаг активности, высокая многовидовая активность, низкий временной охват с ТН.
M06	111, 112, 113	Постоянный очаг активности, высокая многовидовая активность, повышенная активность в период осенней миграции.
M12	43, 44, 50, 118, 186, 187, 190	Высокая активность степного орла, низкий временной охват с ТН.
M11	120, 121	Высокая активность беркута, низкий временной охват с ТН.
M08	116, 117, 119	Повышенная активность в период весенней миграции.

Из-за недостаточного охвата наблюдениями ряда ветрогенераторов и их полного отсутствия для некоторых точек, сформирован перечень дополнительных ветрогенераторов. На основе принципа предосторожности они также будут рассматриваться для оснащения системой SDoD. Эти зоны видимости и количество затронутых ветрогенераторов детально рассмотрены в разделах 4.1 и 4.2. Перечень, представленный в порядке приоритета, включает:

- Ветрогенераторы без охвата наблюдениями: 31.
- Ветрогенераторы с минимальным охватом (только осень и весна 2024 года): 32.
- Ветрогенераторы, охваченные наблюдениями только с весны 2024 года: 37.

Включение этих ветрогенераторов на основе предосторожного подхода призвано компенсировать существующие пробелы в данных и «слепые зоны» при планировании смягчающих мер с помощью SDoD.

Конкретные правила ограничения работы ветрогенераторов должны быть детально прописаны в соответствующем протоколе в рамках Плана активного управления ветрогенераторами (ОТМР). Эти правила также могут учитывать взаимосвязь между интенсивностью миграции и скоростью ветра. В зависимости от результатов планируется изучить возможность оптимизации правил для минимизации потерь в выработке электроэнергии при достижении различных целевых показателей по предотвращению столкновений. Как правило, ограничение работы при низких скоростях ветра дает

наибольший процент предотвращенных столкновений птиц при относительно низких потерях в выработке энергии (см. работу van Bemmelen et al., 2022)⁹.

6.2 Критерии остановки

Хотя меры по предотвращению столкновений в первую очередь направлены на отдельных особей, системы также будут обучены реагировать на стаи птиц из группы риска, приближающиеся к ветрогенераторам. Действия будут осуществляться в соответствии со следующим протоколом, изложенным в BirdLife International (2015)¹⁰:

- **Условие А – Охраняемые виды.** ВТГ должны останавливаться, когда хотя бы одна особь охраняемого (приоритетного) вида приближается к ветрогенератору на высоте, создающей риск столкновения. Это превентивная мера. В случае сомнений в идентификации вида применяется принцип предосторожности. Условие применяется ко всем приоритетным видам, выявленным в ходе исследований летной активности.
- **Условие В – Стаи мигрирующих парящих птиц (МПП).** ВТГ должны останавливаться, когда стая или поток из 10 и более особей любых МПП приближаются к ветрогенератору на высоте риска столкновения. Это превентивная мера. Риск оценивается с учетом вида, высоты, скорости и поведения птиц, а также времени, необходимого для остановки ветрогенераторы после команды.
- **Условие С – Непосредственная угроза столкновения.** Любой ВТГ должен быть остановлен при обнаружении непосредственной угрозы столкновения МПП с данным ветрогенератором. Это реактивная мера. Как правило, она применяется к одной или ограниченному числу ветрогенераторов на очень короткий период и только в случае, если остается достаточно времени для предотвращения столкновения. Заранее не установлен порог по расстоянию, так как решение зависит от скорости и поведения птицы, а также от среднего времени остановки ветрогенератора.
- **Условие D – Неблагоприятные погодные условия.** ВТГ должны останавливаться, когда погодные условия повышают риск столкновения, снижая маневренность, высоту полета или видимость для МПП, либо ограничивая эффективность системы защиты (например, ухудшая работу радаров или наблюдение с точек). Это превентивная мера, которая применяется только при условии, что Условия А и/или В уже были активированы в течение двух предшествующих часов.

6.2.1 Целевые виды для SDoD

Все виды, отобранные для моделирования риска столкновений (Таблица 2), будут включены в список целевых видов для системы мониторинга. Однако на территории и вблизи площадки отмечены и другие виды (например, балобан), которые не вошли в модель из-за их низкой летной активности в период исследований. Окончательный перечень приоритетных видов будет закреплён в Плане активного управления ветрогенераторами (АТМР). В него войдут все приоритетные виды, относящиеся к категориям МСОП «Уязвимые» и выше, которые были зафиксированы в ходе исследований летной активности на предпроектном этапе.

⁹ WSP Italia, (2025) Отчет по ОССОСС, глава 06 — Исходные условия. Биологические ресурсы и биоразнообразие. Проект ВЭС 1 ГВт Мирный (Казахстан).

¹⁰ Birdlife International, (2015). Обзор и рекомендации по использованию системы "остановки по требованию" для ветрогенераторов с целью сохранения мигрирующих парящих птиц на пролетном пути "Рифт-Валли/Красное море". Региональный центр по пролетным путям. Амман, Иордания.

6.3 Летучие мыши

Наконец, хотя в рамках данного исследования летучие мыши не являлись специальным объектом, в План управления ветрогенераторами (ОТМР) может быть включен учет их летной активности. Эффективной стратегией снижения воздействия на рукокрылых является увеличение скорости включения ветрогенераторов — то есть минимальной скорости ветра, при которой лопасти начинают вращаться. Этот метод предполагает установку более высокого порога, часто основанного на погодных условиях и уровне активности летучих мышей. Он предотвращает вращение ветрогенераторов при слабом ветре, когда активность рукокрылых максимальна, что позволяет значительно сократить их гибель при минимальных потерях в выработке энергии. Например, в обычном режиме лопасти могут начинать вращение при скорости ветра около 3,0 м/с, но повышение этого порога до, например, 5,0 м/с предотвращает их работу в периоды наибольшей активности летучих мышей.

Для минимизации воздействия на мигрирующие и оседлые виды летучих мышей может потребоваться активное ограничение работы ветрогенераторов в сезон их активности: с 15 апреля по 31 мая и с 1 июня по 31 июля. В период осенней миграции (1 августа – 30 сентября) может применяться ночное флюгирование (остановка лопастей) между закатом и восходом. Это условие активируется, когда скорость ветра на высоте ступицы ниже 6,5 м/с, а температура окружающего воздуха составляет $\geq 8-10$ °C.

Для определения приоритетных зон, где может потребоваться выборочное ограничение работы, пространственные данные акустического мониторинга будут дополнительно проанализированы. Это позволит выявить участки с наибольшей летной активностью рукокрылых на территории проекта. Для дополнения существующих данных и адаптивного управления ограничениями также будет применяться оперативный акустический мониторинг.

Любые ограничения будут гибко корректироваться на основе данных акустического мониторинга и моделирования рисков с учетом погодных условий. Они могут быть ужесточены, если послестроительный мониторинг покажет более высокую, чем ожидалось, смертность, или ослаблены, если гибели животных зафиксировано не будет.

6.4 Обязательства по применению системы остановки по требованию

Основываясь на объеме собранных данных, оценке летной активности на площадке, а также учитывая ограниченный охват наблюдениями с существующих точек и полное отсутствие данных по некоторым ветрогенераторам, в проекте будет применяться предосторожный подход к внедрению системы остановки по требованию (SDoD). Ветрогенераторы, указанные в Таблице 3, станут приоритетными для оснащения камерной системой, поскольку в этих зонах зафиксирован наиболее высокий уровень летной активности чувствительных видов из группы риска. Дополнительные ветрогенераторы, не охваченные наблюдениями или имеющие неполный охват, также будут определены и включены в окончательный План активного управления ветрогенераторами (АТМР).

Точность системы SDoD будет протестирована до начала коммерческой эксплуатации. Система будет активна ежегодно в течение первых трех лет, а собираемые данные послужат для определения необходимости ее сезонной корректировки.

Протокол остановки ветрогенераторов будет следовать ранее апробированным критериям (триггерам) SDoD и порядку действий, изложенному в Разделе 5.1.1.

Предварительная Структура активного управления ветрогенераторами (АТМФ) будет доработана до полноценного Плана управления (АТМР) с учетом обратной связи, полученной в ходе консультаций. Реализация АТМР будет вестись в рамках адаптивного подхода, что позволит гибко вносить изменения

в будущем на основе данных журнала остановок системы и результатов Программы мониторинга гибели животных после строительства.

Окончательная версия АТМР будет утверждена не менее чем за шесть месяцев до начала эксплуатационной фазы ВЭС. План пройдет испытательный период, в ходе которого распознавание целевых видов будет проверяться системой в реальном времени в полевых условиях. Это позволит установить пороговые значения гибели животных для целей управления.

6.4.1 График реализации

6.4.1.1 Птицы

Основные периоды миграции через территорию проекта приходятся на весну (март–май) и осень (август–октябрь). Однако на площадке также была зафиксирована летная активность местных гнездящихся видов, таких как беркут, балобан, обыкновенная пустельга и чернобрюхий рябок. Поэтому эксплуатационный период системы SDoD будет расширен для учета как сезона размножения, так и миграционных периодов, то есть охватит все месяцы с марта по октябрь включительно. Хотя активность птиц в зимние месяцы (ноябрь–февраль) ожидается низкой, надежные данные по всей территории за этот период отсутствуют из-за экстремальных погодных условий и недоступности площадки для исследователей. В качестве меры предосторожности в первый год эксплуатации система SDoD будет работать круглогодично. Это позволит учесть любые неопределенности и определить необходимый период ее активности в последующие годы.

6.4.1.2 Летучие мыши

Предлагаемая стратегия снижения риска столкновений для летучих мышей сосредоточена на ограничении работы ветрогенераторов в периоды их наибольшей ожидаемой активности — с начала марта до середины ноября.

Ожидается, что внедрение адаптивного («интеллектуального») ограничения, основанного на модели активности летучих мышей, специфичной для данной площадки, данных мониторинга в реальном времени и погодных условиях, обеспечит лучшую защиту при меньших потерях в выработке электроэнергии по сравнению с повсеместным ограничением.

После первого года эксплуатационного мониторинга активности летучих мышей на ветроэлектростанции, на основе собранных данных будет разработана специфичная для площадки модель. Эта модель станет основой для внедрения «интеллектуального» ограничения. В последующие годы модель будет уточняться с использованием данных текущих программ мониторинга, включая результаты послестроительного мониторинга гибели животных. На основе разработанной модели будут определены критерии и пороговые значения для оценки ее эффективности.

7.0 МОНИТОРИНГ И АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

7.1 План мониторинга: птицы и летучие мыши

Эффективность стратегии активного управления ветрогенераторами (АТМР) будет оцениваться в рамках программ мониторинга летной активности птиц и летучих мышей, а также гибели животных от столкновений. Мониторинг позволит:

- Оценить фактическую гибель птиц по отношению к пороговым значениям, установленным в АТМР.
- Сравнить полученные данные с прогнозными оценками смертности из отчета по моделированию риска столкновений.

- Собрать актуальную информацию, специфичную для площадки ВЭС Мирный, о поведении и активности птиц и летучих мышей.

Этот процесс поможет оценить результативность АТМР и своевременно выявить любые возникающие проблемы.

Мониторинг будет осуществляться квалифицированным экологом и будет сосредоточен на трех основных компонентах:

- 1) Мониторинг гибели животных после строительства (PCFM). Будет проводиться, начиная с первых трех лет эксплуатации, для оценки фактического уровня смертности птиц и летучих мышей.
- 2) Мониторинг активности и поведения птиц. Будет осуществляться по международно признанным стандартам с целью документирования любых изменений в видовом составе, численности и поведении птиц вблизи ветрогенераторов. Собранные данные послужат основой для потенциальной корректировки критериев остановки.
- 3) Мониторинг активности летучих мышей. Будет проводиться с использованием пассивных акустических детекторов, установленных на ветрогенераторах. Его цель — измерение индекса активности рукокрылых для каждого ветрогенератора. Большинство видов летучих мышей могут быть достоверно обнаружены акустическими методами лишь на расстоянии 40–50 м, что исключает возможность их применения в системах SDoD. Таким образом, данные акустического мониторинга будут иметь решающее значение для оценки воздействия на эту группу животных в сочетании с результатами PCFM. Эти данные также будут служить источником информации в реальном времени для принятия решений о применении операционных ограничений.

7.2 Адаптивное управление

План активного управления ветрогенераторами (АТМР) задуман как динамичный документ. Он будет регулярно пересматриваться и обновляться на основе результатов мониторинга и в соответствии с актуальными рекомендациями по наилучшей практике. Ожидается, что АТМР будет пересматриваться ежегодно в рамках общего цикла управления проектом, в увязке с Планом управления окружающей средой и социальной сферой (ПУОСС). Этот процесс будет учитывать данные программы PCFM (мониторинг гибели животных после строительства), а также результаты мониторинга активности птиц и летучих мышей. Такой ежегодный цикл способствует активному и оперативному управлению риском столкновений, позволяя своевременно адаптировать план к меняющимся условиям окружающей среды и характеру активности животных. Каждая редакция АТМР будет оценивать необходимость корректировок следующих ключевых компонентов:

- Перечня целевых видов, особенно при изменениях в их встречаемости и/или природоохранном статусе.
- Графика применения мер, на основе данных об изменениях в сроках или интенсивности миграции.
- Пороговых значений для критериев остановки, на основе сравнения фактических результатов PCFM с прогнозами моделирования риска столкновений.
- Расположения точек наблюдения для оптимизации охвата и возможностей обнаружения.

Результаты первого года реализации АТМР в сочетании с данными мониторинга послужат первоначальной основой для оценки эффективности плана. Это позволит внести научно обоснованные корректировки, направленные на достижение его целей, включая минимизацию риска столкновений.

8.0 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе данных, собранных на предстроительном этапе для ВЭС Мирный, риск столкновения для большинства видов птиц оценивается как относительно низкий, несмотря на то что некоторые из них имеют статус уязвимых на глобальном, региональном или национальном уровне.

Учитывая это, рекомендуется внедрить комплексную программу мониторинга. Ее целью станет дальнейшая оценка риска столкновений для птиц и летучих мышей, а также определение необходимости и конкретных методов смягчения данного воздействия в соответствии с требованиями Экологической и социальной политики ЕБРР.

В период эксплуатации ветроэлектростанции Мирный будет применяться система остановки по требованию (SDoD). Она автоматически инициирует остановку ветрогенератора при приближении к работающему ветрогенератору птицы, имеющей высокий природоохранный статус. Точность работы системы будет проверена до начала коммерческой эксплуатации. Система будет активна ежегодно в течение первых трех лет. Собранные за этот период данные послужат для оценки и определения необходимости сезонной корректировки режима ее применения.

В отношении птиц и летучих мышей ключевой рекомендацией настоящей Концепция активного управления ветрогенераторами (ATMF) является внедрение надежного и научно обоснованного Плана послестроительного мониторинга. Его цель — определить необходимость ограничений работы ветрогенераторов для защиты этих животных на ВЭС Мирный. Данный План должен включать Программу мониторинга гибели животных после строительства, соответствующую требованиям международных финансовых институтов. Эта программа должна быть направлена на регулярный поиск погибших птиц и летучих мышей для оценки годового количества столкновений на уровне ветрогенератора и проекта, с обязательным учетом поправочных коэффициентов на эффективность поиска и влияние факторов окружающей среды. Кроме того, План должен содержать программу мониторинга активности птиц и летучих мышей для дальнейшего информирования процессов принятия решений на уровне проекта, особенно касающихся смягчения риска столкновений. Это подразумевает продолжение исследований активности птиц, ведущихся с весны 2023 года, и начало новой, комплексной программы мониторинга активности летучих мышей в эксплуатационной фазе.

Для летучих мышей рекомендуется применять предосторожный и адаптивный подход к управлению. Его цель — оценка и анализ риска столкновений, а также характеристика моделей активности этой группы. Учитывая относительно низкую базовую активность летучих мышей на площадке и отсутствие их постоянных мест обитания (населенных), на первом этапе усилия будут сосредоточены на реализации Плана послестроительного мониторинга. Этот план включает мониторинг гибели животных и их летной активности. Результаты мониторинга станут основой для двух ключевых решений. Во-первых, они определяют необходимость и характер специфических мер по смягчению воздействия, адаптированных к данной площадке. Во-вторых, на их основе будет разработан дизайн «интеллектуального» ограничения работы ветрогенераторов. Это ограничение будет основано на данных об активности летучих мышей, собранных с помощью акустического мониторинга, и данных об окружающей среде. Такой подход призван обеспечить эффективное снижение числа столкновений при минимальном ограничении производственной деятельности.

Для оценки эффективности предложенных мер по смягчению воздействия в эксплуатационной фазе будет реализован мониторинг гибели животных после строительства в соответствии с международными рекомендациями по наилучшей практике. Он будет проводиться параллельно с продолжающимся мониторингом активности птиц и летучих мышей.

Результаты этих мониторинговых программ предоставят важные данные для оценки эффективности Структуры активного управления ветрогенераторами (ATMF) и станут ключевой информацией для ее регулярного пересмотра и возможной корректировки в рамках системы адаптивного управления.