

## Полосатые ветряные турбины могут спасти миллионы птиц от столкновений



Дата публикации: 13.05.2026

Ветряные электростанции стали одним из главных символов перехода человечества к экологически чистой энергетике. Огромные турбины уже обеспечивают электричеством миллионы домов по всему миру, снижая зависимость от угля, нефти и газа. Однако стремительное распространение ветроэнергетики сопровождается серьезной экологической проблемой — столкновениями птиц с вращающимися лопастями.

Каждый год ветряные турбины становятся причиной гибели огромного количества птиц, включая хищников, перелетные виды и редких представителей фауны. Особенно уязвимыми оказываются крупные птицы, которые хуже замечают быстро движущиеся объекты. Теперь ученые считают, что решение может оказаться удивительно простым — изменить внешний вид самих лопастей.

Новое исследование, опубликованное в *Journal of the Royal Society Interface*, предлагает использовать специальные полосатые и контрастные узоры,

разработанные с учетом особенностей птичьего зрения. Авторы работы уверены, что правильная окраска лопастей способна значительно сократить число столкновений без снижения эффективности ветровых электростанций.

Исследователи подошли к проблеме необычным способом: они попытались буквально посмотреть на мир глазами птицы. Для этого ученые изучили особенности обработки движения в мозге птиц, структуру их сетчатки, восприятие контраста и так называемый оптический поток — систему визуальных сигналов, по которой птицы определяют скорость, расстояние и направление движения объектов.

Оптический поток представляет собой непрерывную картину изменений изображения на сетчатке во время полета. Именно благодаря ему птицы способны лавировать между деревьями, уклоняться от препятствий и точно оценивать траекторию движения. Однако вращающиеся лопасти турбин создают необычные визуальные условия, к которым эволюция птиц никогда не готовила.

В естественной среде большинство препятствий либо неподвижны, либо движутся предсказуемо. Ветряная турбина сочетает сразу несколько сложных факторов: огромный размер, быстрое вращение, изменение контраста и эффект размытия движения. Из-за этого мозг птицы может неправильно интерпретировать опасность или слишком поздно распознавать приближающуюся лопасть.

Ученые объясняют, что многие птицы воспринимают движение иначе, чем человек. Например, голуби и некоторые хищные виды концентрируются не на целостной картине вращения, а на локальных участках объекта. Вместо полноценного восприятия турбины птица может видеть лишь отдельные меняющиеся фрагменты поверхности лопасти. Это ухудшает способность вовремя распознавать угрозу.

Особый интерес вызвали исследования сетчатки птиц. В отличие от человека, большинство птиц различают четыре цветовых диапазона, включая ультрафиолетовый. Их зрение обладает очень высокой чувствительностью к движению и контрасту. При этом разные участки поля зрения работают по-разному: одни отвечают за детальную фокусировку, другие — за отслеживание движения на периферии.

Ранее предпринимались попытки использовать ультрафиолетовую краску для повышения заметности турбин, однако они оказались малоэффективными. У крупных птиц чувствительность к ультрафиолету ограничена особенностями строения глаза, поэтому подобные сигналы не всегда воспринимаются достаточно хорошо.

Новое исследование предлагает более сложный подход. Вместо простой окраски лопастей ученые предлагают наносить диагональные полосы, контрастные узоры и специальные маркеры движения, которые усиливают восприятие вращения и приближения объекта. Такая визуальная система должна сделать турбину более заметной даже при высокой скорости вращения.

Исследователи вдохновлялись известной оптической иллюзией «парикмахерского столба», при которой диагональные полосы на вращающемся цилиндре создают иллюзию движения вверх или вниз. Подобные эффекты могут усиливать ощущение движения и привлекать внимание птиц к опасному объекту.

Особое внимание уделяется краям лопастей. Наблюдения показывают, что птицы чаще фиксируют взгляд именно на границах препятствий, а не на их центральной части. Поэтому контрастные полосы вдоль кромок могут значительно повысить вероятность раннего обнаружения турбины.

Интересно, что некоторые испытания уже показали многообещающие результаты. На норвежской ветроэлектростанции Смёла исследователи покрасили одну из трех лопастей турбин в черный цвет. После этого смертность птиц снизилась более чем на 70%, особенно среди крупных хищников.

Другие эксперименты показали, что широкие черные полосы на белых лопастях лучше воспринимаются пустельгами и краснохвостыми ястребами, чем тонкие линии или однотонная окраска. Компьютерное моделирование также подтвердило, что чередование контрастных сегментов уменьшает эффект размытия движения и делает вращение визуально более заметным.

Однако ученые подчеркивают, что существующие испытания пока охватывают слишком небольшое количество турбин и видов птиц. Кроме того, разные птицы используют различные стратегии зрения и полета, поэтому универсального рисунка для всех случаев, вероятно, не существует.

Авторы исследования предполагают, что в будущем дизайн турбин может стать гораздо более сложным и биологически адаптированным. Возможны радиальные узоры, фрактальные структуры, комбинации диагональных полос и даже динамические визуальные элементы, рассчитанные на восприятие конкретных видов птиц.

Такие решения особенно важны на фоне стремительного роста мировой ветроэнергетики. По мере увеличения числа турбин риск столкновений может возрастать, особенно на маршрутах миграции птиц и в районах обитания редких видов. Поэтому поиск способов сделать ветряные станции безопаснее становится одной из ключевых задач экологической инженерии.

Исследование показывает, что проблема может решаться не только с помощью ограничения строительства турбин или отключения генераторов во время миграции, но и благодаря глубокому пониманию биологии зрения. Использование принципов сенсорной экологии позволяет создавать технологии, которые одновременно помогают развивать зеленую энергетику и сохранять дикую природу.

По мнению ученых, сочетание инженерии, нейробиологии и экологии может привести к появлению нового поколения «умных» ветряных турбин, адаптированных под особенности восприятия животных. И если даже простые полосы способны снизить смертность птиц в несколько раз, то более совершенные визуальные конструкции в будущем могут спасти миллионы птиц по всему миру.

**Ссылка:** «Биоинформированные схемы расположения лопастей для снижения риска столкновений птиц с ветряными турбинами» DOI: [10.1098/rsif.2025.0719](https://doi.org/10.1098/rsif.2025.0719).