

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 2 / 2026, Vol. 18, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/60NZVN226.pdf>

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

2.10.3. Безопасность труда (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Безносков, В. Н. Геоэкологические проблемы объектов ветроэнергетики и их безопасность для персонала и населения / В. Н. Безносков, В. Т. Медведев, А. Л. Суздалева, Ю. А. Боровков, А. Л. Вильмис, В. П. Хоменко, И. А. Лаврусевич // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/60NZVN226.pdf>.

For citation:

Beznosov V.N., Medvedev V.T., Suzdaleva A.L., Borovkov Yu.A., Vilmis A.L., Khomenko V.P., Lavrusevich I.A. Geoeological problems of wind energy facilities and their safety for personnel and the population. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(2): 60NZVN226. Available at: <https://esj.today/PDF/60NZVN226.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 504.055:621.548

Безносков Виктор Николаевич

ООО Научно-производственное объединение «Гидротехпроект», Санкт-Петербург, Россия
Главный научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,
Москва, Россия
Профессор
Доктор биологических наук, профессор
E-mail: BeznosovVN@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5878-0252>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=70722
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6602408849>

Медведев Виктор Тихонович

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»,
Москва, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: MedvedevVT@mpei.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=70718
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56049476200>

Суздалева Антонина Львовна¹

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»,
Москва, Россия
ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,
Москва, Россия
Профессор
Доктор биологических наук, профессор
E-mail: SuzdalevaAL@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7673-1967>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=70718
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6507201491>

¹ <https://ntsyst.ru/index.html>

Боровков Юрий Александрович

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,
Москва, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: bua_51@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0314-067X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=278947
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57195228981>

Вильмис Александр Леонидович

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,
Москва, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vilmisal@mgri.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4057-0967>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=658978
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55861345400>

Хоменко Виктор Петрович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Профессор
Доктор геолого-минералогических наук, профессор
E-mail: khomenko_geol@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9198-4401>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=67892
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7004402550>

Лаврусевич Иван Андреевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: LavrusevichIA@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6252-3330>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=812210
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57194454198>

Геоэкологические проблемы объектов ветроэнергетики и их безопасность для персонала и населения

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды угроз для здоровья и жизни людей при эксплуатации объектов ветроэнергетики, а также возможные формы их негативного воздействия на структуру и состояние окружающей среды. В последние годы произошло резкое увеличение масштабов ветроэнергетических установок. Многие крупные установки возводятся в морских акваториях, где их высота достигает 300 и более метров. Это принципиально изменяет характер и степень опасности сопутствующих явлений и процессов. Риски, а также возможные экономические и экологические ущербы, связанные с работой ветроэнергетических установок, значительно возрастают в условиях глобального потепления климата. Из-за приоритетного значения ветроэнергетики в реализации концепции энергоперехода в ряде стран

до девяноста процентов опасных инцидентов и аварий на ветроэнергетических установках не включается в официальную отчетность, что приводит к искажению оценки их безопасности.

Целью статьи являлся обобщающий анализ материалов, характеризующих реальные и гипотетические последствия возведения и эксплуатации объектов ветроэнергетики. В качестве основных рисков рассматривается влияние ветроэнергетических установок на климат и изменение физических параметров окружающей среды, а также аварии, обусловленные ударами молний, пожарами, падением башен установок и отрывом их лопастей во время ураганов. Отмечается снижение гибели представителей авифауны (птиц, насекомых, летучих мышей) при увеличении высоты расположения лопастей турбин. Обсуждается влияние на здоровье населения изменения видеозоологических условий, шума и эффекта ноцебо. Обосновывается необходимость повышения внимания к обеспечению безопасности при разработке проектов ветроэнергетических установок и их эксплуатации.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; энергопереход; оффшорная ветроэнергетика; авифауна; молниезащита; геоэкологические условия; ноцебо

Введение

В настоящее время ветроэнергетика проходит этап критического осмысления целесообразности реализованных и разрабатываемых проектов. На смену эйфории в отношении данного способа получения электроэнергии, наблюдавшей в течение последних десятилетий, приходит анализ соотношения выгод и рисков, сопутствующих развитию данного направления. Следует вспомнить, что таким же образом ранее менялся взгляд на некоторые другие сферы деятельности. Так, нередко подвергавшиеся критике объекты гидроэнергетики, а в последствии атомной энергетики на первоначальном этапе преподносились обществу как чистые технологии, не загрязняющие окружающую среду и не оказывающие негативного воздействия на здоровье людей, в отличие от объектов теплоэнергетики. Строительство водохранилищ ГЭС повсеместно рассматривалось не с точки зрения затопления территорий, а как создание базы для ирригации земель и формирования воднотранспортных артерий. В СССР для повышения эффективности добычи нефти были проведены десятки камуфлетных ядерных взрывов [1]. И с точки зрения современников этих проектов положительные эффекты их реализации были достигнуты. Осмысление негативных сторон деятельности пришло позже. При этом вместо выдвижения конструктивных идей, способных на практике решить назревшие проблемы, широкое распространение получил поиск поводов для критики, результаты которой имели значимость только для развертывания политически ангажированных пиар-компаний. Подобная ситуация в данный момент назревает и в ветроэнергетике. Накоплено достаточно большое количество фактов, свидетельствующих о существовании различных негативных аспектов работы ее объектов [2]. В этих условиях весьма важно провести всестороннюю непредвзятую оценку различных процессов и явлений, сопутствующих их эксплуатации. Целью статьи являлся обобщающий анализ материалов, характеризующих реальные и гипотетические последствия возведения и эксплуатации объектов ветроэнергетики с учетом наблюдающихся тенденций развития в этой области.

Факторы и тенденции развития ветроэнергетики

Тенденции развития ветроэнергетики обусловлены двумя причинами, требующими отдельного рассмотрения. Недостаточное внимание к любой из них исказит существующие реалии. Первая причина заключается в политизированности проблемы развития ветроэнергетики. Международная напряженность в области поставок нефтепродуктов стимулировала поиск государствами новых источников энергии. Значительные политические предпочтения в странах

Западной Европы получили силы, поддерживающие концепцию «энергоперехода» (energy transition). Она включает ускоренное, благодаря государственной поддержке, развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которое позволило бы постепенно отказаться от использования нефти, газа и угля. Данная идея быстро приобрела широкую популярность. В общественном сознании усилиями средств массовой информации была сформирована установка о том, что энергопереход одновременно является эффективным инструментом борьбы с загрязнением окружающей среды и предотвращает развития парникового эффекта. Это способствовало снижению распространенных в обществе опасений ухудшения здоровья в неблагоприятных экологических условиях и страха пострадать во время различных гидрометеорологических катаклизмов (наводнений, засух и ураганов), частота, распространенность и разрушительная сила которых закономерно возрастают на фоне глобального потепления климата.

Согласно программным документам Международного энергетического агентства энергопереход должен быть завершен в 2150 г. [3]. Значительное место в планах отказа от использования углеродсодержащего топлива отводилось именно ветроэнергетике. Европейский Союз выступил с заявлением что к 2050 г. этим способом будет удовлетворяться 50 % потребностей энергии, входящих в него стран [4]. В развитие ветроэнергетики на протяжении десятилетий вкладывались огромные объемы финансовых средств [5; 6]. На протяжении этого периода в государственных органах наиболее развитых стран и международных организациях формировались влиятельные группы чиновников, курирующих данную проблему и осуществляющих попытки распространить строительство объектов в экономически отсталых регионах на основе вливания в них финансовых средств. Но стоимость получаемой энергии при реализации подобных проектов, как правило, не снижается до уровня, обеспечивающего конкурентоспособность ветроэнергетических установок. Вместе с тем, для обширной группы функционеров спад интереса к ветроэнергетике представляет собой угрозу личному благополучию. По этой причине ангажированные ими с помощью грантов специалисты и подконтрольные средства массовой информации весьма тенденциозно интерпретируют ситуацию, делая акцент на будущие позитивные перспективы развития данной отрасли. Одновременно умалчивается информация об опасностях, сопровождающих возведение и эксплуатацию ее объектов. Так, по мнению некоторых исследователей, информация о 90% произошедших на них аварий и несчастных случаев в документы официальной отчетности не включается [7]. Отсутствие реальных результатов, позволяющих обоснованно подтверждать рентабельность ветроэнергетических установок, объясняется временными трудностями. Наиболее часто в качестве основной причины указывается незавершенность разработки новой технологии, для успешного внедрения которой требуется увеличение объема финансирования данного проекта. Несмотря на это, в среде государственных деятелей высшего уровня растут сомнения в целесообразности развития ветроэнергетики. Появляются высказывания о бесперспективности финансирования проектов в этой области, что представляет собой другую крайность во взглядах на данную проблему. Одновременно появляется все больше материалов о негативном влиянии ветроэнергетических установок на здоровье людей, окружающую среду и опасностях, связанных с их обслуживанием. В результате на современном этапе отношение специалистов и общества к этим проблемам становится все более противоречивым [8]. Следует подчеркнуть, что авторы статьи не придерживаются как необоснованно позитивного, так и безоговорочно негативного отношения к ветроэнергетике. В полной мере это касается вопросов безопасности, при анализе которых необходимо отделять реальные факты от их тенденциозной интерпретации.

Второй причиной, требующей рассмотреть тенденции развития ветроэнергетики, является принципиальное изменение участков размещения и масштабов ее объектов. В начальный период (до 90-х годов XX века) установки для использования энергии располагались

на суше, имели высоту не более 20 м и длину лопастей в нескольких метрах [9]. Мощность ветроэнергетической установки обычно не превышала 200 киловатт или 0,2 мегаватт (МВт) (рис. 1). К настоящему времени все большее распространение получают расположенные на достаточно большом удалении от берегов оффшорные ветроэнергетические объекты. Главным образом это связано с тем, что у наземных установок время полной нагрузки, т. е. период выработки максимального количества электроэнергии, составляет в год 2 000–2 500 часов, а у расположенных в морских акваториях — 4 000 часов. Оффшорные ветроэнергетические установки могут быть стационарными, возведенными на подводных фундаментах [10] или плавучими, отбуксированными и закрепленными в определенной точке акватории с помощью якорей [11].

Многokратно возросли и масштабы ветроэнергетических объектов. Средняя высота установок на суше приближается к 100 метрам, а оффшорных все чаще превышает 200 метров [12]. Их мощность достигает более 20 МВт. Самой крупной ветроэнергетической установкой на настоящий момент считается возведенная в Эстерильде (Дания) компанией Siemens Gamesa. Она развивает мощность до 21,5 МВт, а ее высота составляет 276 м.

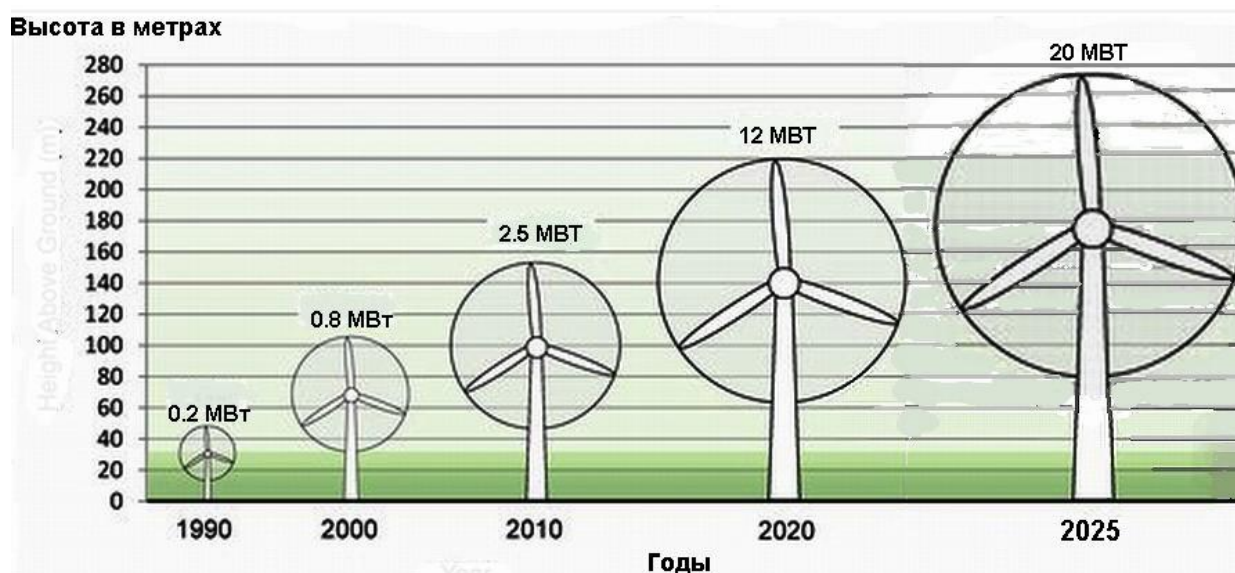


Рисунок 1. Увеличение масштабов и мощности ветроэнергетических установок — цветом выделена зона полетов авиационной техники (составлен авторами)

Появились и новые технологии, которые, с одной стороны, повышают эффективность использования энергии ветра, а с другой стороны, усиливают воздействие на проходящий через установки поток воздуха. Примером могут служить использование концентраторов и ускорителей ветрового потока [13]. Все это привело к принципиальному изменению характера рисков, связанных с возведением, эксплуатацией и обслуживанием объектов ветроэнергетики, а также к изменению их влияния на геоэкологические условия. Результаты ранее проведенных исследований по идентификации опасности воздействия и оценке ее значимости нуждаются в пересмотре [14].

В соответствии с этим, в основу методологии проведенных нами исследований были положены два базовых принципа:

- всесторонность и непредвзятость идентификации опасностей для населения и обслуживающего персонала;
- учет масштабов и специфики участков размещения современных объектов ветроэнергетики.

Негативные воздействия на окружающую среду, аварии и несчастные случаи

Эти различные по своему характеру процессы, явления и события в совокупности определяют уровень безопасности объектов ветроэнергетики и нередко происходят одновременно. Часто между ними прослеживается причинно-следственная связь. Но для анализа их необходимо классифицировать, выделив несколько основных категорий, границы между которыми иногда носят условный характер и определяются акцентированием внимания на те или иные аспекты.

1. Негативное воздействие физических факторов, сопутствующих работе объектов ветроэнергетики. Основными их видами являются вибрация, шум, инфразвуковые колебания и электромагнитные поля. Результаты многочисленных исследований, проведенных в разных странах, свидетельствуют о вызываемом ими ухудшении здоровья людей, проживавших вблизи объектов ветроэнергетики, и негативном влиянии на их психику [15; 16]. Можно предположить, что они также вызывают ухудшение состояния и других биологических объектов. Некоторые организмы покидают участки размещения ветроэнергетических объектов или изменяют пути своих миграций, обходя их. Подобные эффекты отмечены и в районах оффшорных установок, из которых исчезают киты и тюлени [17].

Физические воздействия, обусловленные работой ветроэнергетических установок, еще в большей степени оказывают негативное влияние на здоровье обслуживающего их персонала. [18]. С увеличением масштабов объектов растет вероятность несчастных случаев при работе на них. Риск получения персоналом серьезных травм на оффшорных ветроэнергетических установках в четыре раза выше, чем, например, на нефтегазовых морских платформах [12].

2. Ухудшение видеозоологических условий, то есть изменение зрительно воспринимаемого характера окружающей среды, вызывающее ощущение дискомфорта. Данный фактор может стать причиной развития опасных заболеваний [19]. В полной мере это относится и к крупномасштабным объектам ветроэнергетики, в том числе и оффшорным, к возведению которых по причине ухудшения привычного пейзажа негативно относится население многих регионов [17]. Зрительное восприятие ветроэнергетических установок ухудшается движением лопастей, что при определенных условиях превращает их в своеобразные стробоскопы — устройства, генерирующие периодически возникающие яркие световые вспышки. Помимо неблагоприятного воздействия на органы зрения и нервную систему человека, подобное изменение световых условий стимулирует миграцию животных из районов размещения ветроэнергетических установок. Это снижает биоразнообразие, что, в свою очередь, приводит к ухудшению видеозоологического потенциала местности. Ухудшение видеозоологических условий способствует развитию у населения «эффекта ноцебо», который нередко представляет серьезную опасность для здоровья. В медицине это понятие обозначает возникновение у человека веры в вымышленную им опасность применяемого метода лечения. В настоящее время данный термин получил более широкое распространение. При анализе материалов, характеризующих экологическую безопасность, под термином «эффект ноцебо» подразумевается развитие у людей заболеваний, главным образом нервных и сердечно-сосудистых, из-за страха перед негативными воображаемыми воздействиями на их здоровье, которые в реальности не существуют. Грандиозные масштабы современных объектов ветроэнергетики и их новизна способствуют распространению этого опасного явления среди населения.

3. Механическое воздействие на авифауну, т. е. летающих животных — насекомых, птиц и летучих мышей. В предшествующий период подобные явления рассматривались как одни из наиболее значимых факторов экологической опасности объектов ветроэнергетики. Сталкиваясь с движущимися лопастями установок, эти животные получали травмы. В ряде случаев отмечалась их массовая гибель. Увеличение масштабов объектов ветроэнергетики привело к резкому снижению вероятности таких событий. Это связано с тем, что в настоящее

время лопасти крупных современных установок находятся выше верхней границы зоны полетов большинства представителей авифауны, расположенной не более чем в 30 м над земной поверхностью (рис. 1). В тех же случаях, когда вероятность столкновений организмов сохраняется на достаточно высоком уровне, значение этого явления с точки зрения проблем обеспечения безопасности носит двойственный характер. Помимо угрозы биоразнообразию эти явления приводят к возникновению биологических помех, способных стать причиной аварий (возгораний ветрогенераторов, разрушения лопастей и их биокоррозии, разрушение устройств молниезащиты), создающих угрозу для жизни персонала, населения и нанесения ущерба окружающей среде.

4. Влияние работы объектов ветроэнергетики на климат носит многоплановых характер и его возможные последствия изучены в недостаточной степени [17; 20]. Через уже существующие установки в настоящее время ежегодно проходит весь объем нижнего слоя атмосферы высотой 1,5 км [16]. Это зона, в которой живет подавляющее большинство наземных организмов и формируются условия их существования. Подобное крупномасштабное воздействие на атмосферу не может не оказать воздействия на ее свойства. Одним из побочных эффектов работы крупных ветроэнергетических установок становится изменение атмосферного давления после прохождения воздуха через их лопасти. Существуют материалы, указывающие на возможность влияния крупных оффшорных объектов ветроэнергетики на морские течения, которые являются важным климатообразующим фактором [21]. Возможно, что в некоторых случаях совокупное воздействие ветроэнергетических установок на состояние атмосферы и гидросферы на участках их размещения носит позитивный характер, препятствующий ухудшению среды из-за глобального потепления. В подобной ситуации их возведение можно рассматривать как климатический проект [22; 23]. Но для объективной оценки влияния дальнейшего развития ветроэнергетики на климат необходимо проведение детальных исследований данной проблемы.

5. Удары молний. Работа ветроэнергетических установок сопровождается эффектами, стимулирующими удары молний [24]. Это происходит из-за образования вертикально вверх направленных столбов ионизированного воздуха (восходящих лидеров) [25]. Они способны, вступая в контакт с зонами ионизированного воздуха, отходящего от облака (нисходящих лидеров), резко повышать риск удара молнии (рис. 2). Подобные каналы для прохождения разрядов могут возникать и на без образования сформировавшегося грозового облака. Поэтому удары молнии могут быть неожиданными, что создает опасность для жизни персонала. Кроме того, ионизация воздуха, вызываемая работой ветроэнергетических установок, повышает вероятности ударов молнии и на окружающей их территории. Следует также отметить, что удары молний нередко разрушают лопасти турбин, длина которых достигает десятков метров. Они могут разлетаться на значительное расстояние, создавая угрозу для жизни людей, а также наносить значимый экологический и экономический ущерб.



Рисунок 2. Схема формирования канала для удара молнии (составлена авторами)

Действующие в различных странах технические регламенты и стандарты, включая Российскую Федерацию, требуют обязательного осуществления мер по молниезащите данных объектов. Несмотря на то, что меры носят многоплановый характер (создание молниеотводов, токоприемников и заземляющих устройств), они не гарантируют полной защиты, и повреждения крупных объектов ветроэнергетики во время гроз происходят достаточно часто [26]. Причиной является постепенное разрушение этих устройств при многократном воздействии на них мощных электрических разрядов и из-за коррозии их материалов.

6. Пожары на ветрогенераторах, возникающие по различным причинам [27], в том числе и в результате ударов молний. Их расположение на большой высоте затрудняет тушение, а горящие материалы, падая на землю, могут вызывать очаги возгорания. Известны случаи, когда это становилось причиной пожара, охватывающего значительные участки окружающей среды. Отдельный аспект безопасности современных объектов ветроэнергетики представляет проблема эвакуации персонала с верхних частей их конструкций, нередко расположенных на высоте более 200 метров.

7. Падение башен ветроэнергетических установок и отрыв плавучих оффшорных установок от креплений в результате разрушения фундамента или штормового ветра. Уязвимость к данному фактору безопасности возрастает по мере роста их высоты, повышения массы верхней части конструкции и площади лопастей. Увеличение запаса прочности башни ветроэнергетической установки и ее фундамента требуют значительных затрат и ставят под вопрос рентабельность производства электроэнергии. По этим причинам падение этих объектов уже происходило неоднократно, создавая угрозу для жизни людей, находящихся вблизи участка их размещения [18; 28]. Еще более часто происходит отрыв лопастей. Так, в августе 2006 г. во время тайфуна Саомай упали две башни ветроэнергетических установок, у других аналогичных объектов были сломаны лопасти. Общий ущерб составил 70 млн долларов США.

Не меньшую опасность представляет отрыв во время штормов и ураганов плавучих ветроэнергетических объектов, как правило, имеющих крупные размеры [29]. Во время дрейфа они могут столкнуться с судами или гидротехническими сооружениями. Не исключено их

перевертывание под воздействием сильного ветра и затопление. При этом эвакуация персонала с них во время шторма может быть неосуществима.

Риск подобных событий и размеры наносимых ущербов, также как и в случае с другими видами аварий на объектах ветроэнергетики, повышаются с увеличением их масштабов и возникновением аномальных гидрометеорологических явлений, связанных с потеплением климата.

Заключение

Рассмотренные материалы свидетельствуют о том, что ветроэнергетику не следует рассматривать как безопасный способ производства электроэнергии. Работа ее объектов является источником обширного комплекса явлений и процессов, способных оказывать негативное влияние на здоровье населения, обслуживающий персонал и окружающую среду. Увеличение масштабов ветроэнергетических установок привело к изменению относительной значимости аспектов безопасности эксплуатации этих объектов, а также к изменению их влияния на геоэкологические условия и биоту. Если в предшествующий период основным из таких аспектов была гибель авифауны при столкновении с лопастями турбин, то на современном этапе первостепенное значение приобретает совершенствование технологий молниезащиты и повышения прочности конструкций. Устранение источников рисков опасных явлений и процессов требует дополнительных финансовых затрат и, следовательно, приводит к снижению рентабельности производства электроэнергии. В этой ситуации все более востребованной становится объективная оценка безопасности возводимых сооружений и отказ от ее тенденциозности по политическим мотивам. Необходимо также отказаться от распространенной практики сокрытия фактов инцидентов, аварий и несчастных случаев. Одновременно следует повысить внимание к анализу безопасности при разработке крупных проектов в сфере ветроэнергетики. При решении данных проблем необходимо учитывать тенденцию увеличения силы и частоты повторяемости аномальных гидроклиматических флуктуаций, вызванных глобальным потеплением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суздалева А.Л. Вторая геология — наука о техногенных телах литосферы: монография. М.: РадиоСофт, 2022. 584 с. <https://www.elibrary.ru/ujostj>.
2. Суздалева А.Л., Медведев В.Т., Безносков В.Н., Малышев В.С., А.М. Боровкова Комплексное решение проблем экологической безопасности и охраны труда в ветроэнергетике // Вестник евразийской науки. 2024 Т. 16. № 3 <https://elibrary.ru/amclnf>.
3. Сизов А.А. Концепция энергетического перехода: история понятия и эволюция явления // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2024. № 2. С. 159–164. <https://www.elibrary.ru/yatmfs>.
4. Kegel M.A., Zerobin S., Suer M., Tratnik J., Erd J., Jeran M. Impact of Wind Turbines on Human Health and Safety // Proceedings of Socratic Lectures 12 th International Symposium. Ljubljana, 2025. PART II. P. 60–71. <https://doi.org/10.55295/PSL.12.2025.II6>.
5. Крон С., Авербух Ш., Мортост П.Э., Бланко И., ван Халле Ф., Кйаэр К., Карташев Е. Экономика альтернативной энергетики. Часть 1 // Компоненты и технологии. 2011. № 7. С. 138–144. <https://www.elibrary.ru/nusjyp>.
6. Афанасьев А.А., Баранов Н.Н. Мировая энергетика: глобальные проблемы и перспективы развития // Энергия: экономика, техника, экология. 2021. № 4. С. 34–48. <https://www.elibrary.ru/xmscll>.

7. Palacios A., Palacios-Rosas E., Abdulaziz-Almughanam T., Sohn-Favela C., De Jesus Gonzalez-Jimenez J. Historical Analysis of Wind Turbine Fire Incidents // Chemical engineering transactions. 2025. V. 116. P. 715–720. <https://www.cetjournal.it/cet/25/116/120.pdf>.
8. Медведев В.Т., Суздалева А.Л., Боровкова А.М., Мамина Д.Х. Проблемы охраны труда на крупномасштабных объектах ветроэнергетики. Естественные и технические науки. 2025. № 9(208). С. 167–170. <https://elibrary.ru/yeovvk>.
9. Крон С., Авербух Ш., Мортост П.Э., Бланко И., ван Халле Ф., Кйаэр К., Карташев Е. Экономика альтернативной энергетики. Часть 2 // Компоненты и технологии. 2011. № 8. С. 145–150. <https://www.elibrary.ru/nxlugl>.
10. Ma X., Li M., Li W., Liu Y. Overview of Offshore Wind Power Technologies // Sustainability. 2025. V. 17. 596. https://www.researchgate.net/publication/388016098_Overview_of_Offshore_Wind_Power_Technologies.
11. Sun Y., Li H., Sun L., Soares G. Failure Analysis of Floating Offshore Wind Turbines with Correlated Failures // Reliability Engineering and System Safety. 2023. V. 238. 109485. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109485>.
12. Roberts R., Flin R. Human factors in onshore and offshore wind: a scoping review // Ergonomics. 2025. P. 1–18. <https://doi.org/10.1080/00140139.2025.2463440>.
13. Серебряков Р.А., Доржиев С.С., Базарова Е.Г. Современное состояние, проблемы и перспективы развития ветроэнергетики // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 1(30). С. 89–96. <https://www.elibrary.ru/xptxpf>.
14. Безносков В.Н., Суздалева А.Л., Эль-Шаир Хаям И.А. Оценка экологической безопасности объектов ветроэнергетики // Малая энергетика. 2011. № 3-4. С. 37–43. <https://www.elibrary.ru/pimgcl>.
15. Van Kamp I., Van den Berg F. Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. V. 18. 9133. https://www.researchgate.net/publication/354227115_Health_Effects_Related_to_Wind_Turbine_Sound_An_Update.
16. Thess A.D., Lengsfeld P. Side Effects of Wind Energy: Review of Three Topics-Status and Open Questions // Sustainability. 2022. V. 14. 16186. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/23/16186>.
17. McKenna R., Lilliestam J., Heinrichs H.U., Weinand J., Schmidt J., Staffell I., Hahmann, A.N., Burgherr P., Burdack A., Bucha M., Chen R., Klingler M., Lehmann P., Lowitzsch J., Novo R., Price J., Sacchi R., Scherhauser P., Schöhl E.M., Visconti P., Velasco-Herrejo'n P., Zeyringer M., Camargo L.R. System impacts of wind energy developments: Key research challenges and opportunities // Joule. 2025. V.9. No. 1. 101799. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2024.11.016>.
18. Ertek G., Kailas L. Analyzing a Decade of Wind Turbine Accident News with Topic Modeling // Sustainability. 2021. V. 13. 12757. <https://doi.org/10.3390/su132212757>.
19. Суздалева А.Л. Формирование экологического имиджа производственной организации и ее продукции. М.: ИД Энергия, 2016. 416 с. <https://www.elibrary.ru/cixlrh>.
20. Miller L.M., Keith D.W. Climatic impacts of wind power // Joule. 2018. No. 2. P. 2618–2632. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.09.009>.
21. Christiansen N., Daewel U., Djath B., Schrum C. Emergence of Large-Scale Hydrodynamic Structures Due to Atmospheric Offshore Wind Farm Wakes // Front. Mar. Sci. 2022. V. 9. 818501. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.818501>.

22. Суздалева А.Л. Парадигмы климатических проектов // Естественные и технические науки. 2022. №2(165). С.208–209. <https://www.elibrary.ru/siacor>.
23. Суздалева А.Л. Климатические проекты: основные виды и их результативность // Вестник евразийской науки. 2023. Т.15. №1. <https://www.elibrary.ru/oelgrl>.
24. Said R., Grit E., Murphy M. A Multiyear CONUS-Wide Analysis of Lightning Strikes to Wind Turbines // Wind Energy. 2025. V. 28. No. 3. e70000. <https://doi.org/10.1002/we.70000>.
25. Montanya J., Van der Velde O., Williams E.R. Lightning discharges produced by wind turbines // J. Geophys. Res. Atmos. 2014. V. 119. P. 1455–1462. https://www.researchgate.net/publication/260306983_Lightning_discharges_produced_by_wind_turbines.
26. Peng H., Li S., Shangguan L., Fan Y., Zhang H. Analysis of Wind Turbine Equipment Failure and Intelligent Operation and Maintenance Research // Sustainability. 2023. V. 15. 8333. <https://doi.org/10.3390/su15108333>.
27. Yi L. New Energy Wind Turbine Fire Causes and Fire Fighting Strategies- In-depth Analysis and Response Plan // International Journal of Applied Science. 2025. V. 8. No. 3 P. 25–29. <https://doi.org/10.30560/ijas.v8n3p25>.
28. Ma Y., Martinez-Vazquez P., Baniotopoulos C. Wind turbine tower collapse cases: a historical overview // Proceedings of the Institution of Civil Engineers — Structures and Buildings. 2018. V. 72. No. 8. P. 547–555. <https://doi.org/10.1680/jstbu.17.00167>.
29. Bae Y.H., Kim M.H., Kim H.C. Performance changes of a floating offshore wind turbine with broken mooring line // Renewable Energy. 2017. V. 101. P. 364–375. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148116307455>.

Beznosov Viktor Nikolaevich

Scientific Production Association «Gidrotechproekt», Saint-Petersburg, Russia
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia
E-mail: BeznosovVN@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5878-0252>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=70722
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6602408849>

Medvedev Viktor Tikhonovich

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia
E-mail: MedvedevVT@mpei.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=70718
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56049476200>

Suzdaleva Antonina L'vovna

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia
E-mail: SuzdalevaAL@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7673-1967>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=70718
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6507201491>

Borovkov Yuri Alexandrovich

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia
E-mail: bu_a_51@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0314-067X>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=278947
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57195228981>

Vilmis Alexander Leonidovich

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia
E-mail: vilmisal@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4057-0967>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=658978
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55861345400>

Khomenko Victor Petrovich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: khomenko_geol@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9198-4401>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=67892
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7004402550>

Lavrusevich Ivan Andreevich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: LavrusevichIA@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6252-3330>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=812210
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57194454198>

Geocological problems of wind energy facilities and their safety for personnel and the population

Abstract. The article discusses the main types of threats to human health and life during the operation of wind energy facilities, as well as possible forms of their negative impact on the structure and state of the environment. In recent years, there has been a dramatic increase in the scale of wind

power installations. Many large installations are being built in marine areas, where their height reaches 300 meters or more. This fundamentally changes the nature and degree of danger of the accompanying phenomena and processes. The risks, as well as possible economic and environmental damage associated with the operation of wind power plants, are significantly increasing in the context of global climate warming. Due to the priority importance of wind energy in the implementation of the energy transition concept in a number of countries, up to ninety percent of dangerous incidents and accidents at wind power plants are not included in official reports, which leads to a distortion of their safety assessment.

The purpose of the article was a generalized analysis of materials characterizing the real and hypothetical consequences of the construction and operation of wind energy facilities. The main risks are considered to be the impact of wind power plants on the climate and changes in the physical parameters of the environment, as well as accidents caused by lightning strikes, fires, falling towers of installations and the separation of their blades during hurricanes. There is a decrease in the mortality of flying animals (birds, insects, bats) with an increase in the height of the turbine blades. The impact of changes in video environmental conditions, noise, and the nocebo effect on public health is discussed. The necessity of increasing attention to safety during the development of wind power plant projects and their operation is substantiated.

Keywords: renewable energy sources; energy transition; offshore wind energy; flying animals; lightning protection; geocological conditions; nocebo