

Подверженность природных систем суши опасным гидрометеорологическим явлениям и пороговые значения их воздействий

О.Н. Липка^{1,2)}, А.П. Андреева¹⁾, С.А. Стишкина³⁾*

¹⁾ Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, 20Б

²⁾ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Россия, 109028, г. Москва, Покровский бульвар, д. 11

³⁾ Московская школа практической психологии при Московском институте психоанализа,
Россия, 115114, г. Москва, Дербеневская наб., д. 11Б, 503

*Адрес для переписки: olipka@mail.ru

Реферат. Рассмотрены опасные гидрометеорологические явления на территории России, оказывающие существенное разрушительное воздействие на природные системы суши или их отдельные компоненты. Выделена 21 категория: очень сильный ветер, смерч, очень сильный дождь, очень сильный снег, крупный град, сильная метель, сильная пыльная (песчаная) буря, сильное гололедно-изморозевое отложение (включая образование ледяной корки), сильный мороз, аномально-холодная погода, сильная жара, аномально-жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховея, засуха атмосферная, высокий снежный покров, наводнение (разного генезиса), сель, оползень, сход снежных лавин, абразия морских берегов. Для каждого опасного явления определено два уровня пороговых значений: начиная с которого оно становится опасным для природных систем (первый порог) и начиная с которого последствия приобретают катастрофический характер (второй порог). Приведено распределение явлений по биомам при наличии сведений о реализации хотя бы раз за историю наблюдений. Ни в одном из биомов все явления не достигали первого порогового значения. Их максимальное разнообразие (20) отмечено в горных биомех Дальнего Востока. Больше разнообразие опасных явлений первого порогового уровня характерно для южных равнинных биомов от широколиственно-лесных до степных и пустынных, а также для южных горных. Минимальное разнообразие опасных явлений (13) свойственно некоторым арктическим равнинным биомам, а также острову Врангеля. Наиболее подвержены опасным явлениям катастрофического уровня Алтае-Саянский, Прибайкальско-Момский и Южнобайкальский горные биомы. Результаты расчетов ранговой корреляции Спирмена показали отсутствие в большинстве случаев значимой на уровне 0.01 корреляции (зна-

чимось двухсторонняя) при сравнении распределения опасных явлений по биомам. При сопоставлении подверженности биомов опасным явлениям разной интенсивности прослеживаются закономерности природной зональности, а также сходство близкорасположенных территорий. Выделяются следующие группы со значимой, высокой и весьма высокой теснотой связи: арктических пустынь и горных тундр; тундровые и лесотундровые; лесотундровые и северотаежные; среднетаежные; южнотаежные, подтаежные и хвойно-широколиственные; широколиственнолесные и лесостепные; степные; пустынные. Теснота связи горных биомов по подверженности опасным явлениям первого и второго порогового уровня друг с другом выше, чем с равнинными биомами.

Ключевые слова. Опасные гидрометеорологические явления, природные системы суши, порог опасного явления, интенсивность опасного явления, подверженность опасным явлениям, биом, экосистема.

Exposure of natural terrestrial systems to hazardous climate events and thresholds of their impacts

O.N. Lipka^{1,2)}, A.P. Andreeva¹⁾, S.A. Stishkina³⁾*

¹⁾ Yu.A. Izrael Institute of global climate and ecology,
20B, Glebovskaya st., 107258, Moscow, Russian Federation

²⁾ National Research University Higher School of Economics,
11, Pokrovsky Boulevard, 109028, Moscow, Russian Federation

³⁾ Moscow School of Practical Psychology at the Moscow Institute of Psychoanalysis,
503, 11B, Derbenevskaya embankment, 115114, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: *olipka@mail.ru*

Abstract. Dangerous hydrometeorological phenomena on the territory of Russia that have a significant destructive impact on natural terrestrial systems or their components. 21 categories have been identified: strong wind, tornado, heavy rain, heavy snow, large hail, severe blizzard, severe dust (sand) storm, severe ice and frost deposits (including the formation of ice crust), extreme frost, abnormally cold weather, extreme heat, abnormally hot weather, extreme fire danger, snow avalanches, dry winds, atmospheric drought, high snow cover, floods (of various origins), mudflows, landslides, snow avalanches, abrasion of sea coasts. For each hazardous phenomenon, two levels of threshold values are defined: starting from which it becomes dangerous for natural systems (first threshold) and starting from which the consequences become catastrophic (second threshold). The distribution of phenomena in biomes is given if there is information about impacts at least once in the history of observations. In none of the biomes all events reached the first threshold. Their maximum diversity (20) was noted in the mountain biomes of the Far East. A greater variety of hazardous phenomena of the first threshold level is typical for the southern lowland biomes from broad-leaved forest to steppe and

desert, as well as for the southern mountains. Minimal diversity of hazards (13) is observed in some Arctic lowland biomes, as well as Wrangel Island. Altai-Sayan, Baikal-Momsky and South Transbaikal mountain biomes are most susceptible to hazardous phenomena of a catastrophic level. The results of Spearman's rank correlation comparing the distribution of hazardous phenomena across biomes showed the absence in most cases of a significant correlation at the 0.01 level (two-sided significance). Comparing the exposure of biomes to hazardous phenomena of varying intensity, patterns of natural zoning, as well as the similarity of nearby territories, can be traced. The following groups with significant, high and very high connections are distinguished: arctic deserts and mountain tundra; tundra and forest-tundra; forest-tundra and northern taiga; middle taiga; southern taiga, subtaiga and coniferous-deciduous forests; broad-leaved forest and forest-steppe; steppe; deserts. The close connection of mountain biomes with each other in terms of exposure to hazardous phenomena of the first and second threshold levels is higher than with plain biomes.

Keywords. Hazardous hydrometeorological phenomena, terrestrial natural systems, threshold of a hazardous phenomenon, intensity of a hazardous phenomenon, exposure to hazards, biome, ecosystem.

Введение

Природные системы (экосистемы, виды, популяции) подвержены опасным и неблагоприятным гидрометеорологическим явлениям в соответствии с географическим положением. При этом чувствительность по отношению к опасному явлению определенной интенсивности у различных компонентов одной природной системы может различаться от отсутствия влияния до уничтожения. Оценить степень угрозы для природных систем можно с помощью выделения пороговых значений, при превышении которых наносится существенный ущерб хотя бы одному из компонентов природной системы в виде масштабных деструктивных нарушений, необратимых изменений или гибели значительной доли популяции живых организмов.

Для антропогенных систем в руководящих документах Росгидромета (РД 52.27.724-2019 (2019); РД 52.88.699-2008 (2008) и др.) представлены типовые перечни метеорологических, агрометеорологических, гидрологических и морских гидрометеорологических опасных явлений и закреплены их критерии. В ряде случаев указанные пороговые значения могут соответствовать уровню, с которого наносится существенный ущерб природным системам. Например, здоровые деревья начинают ломаться при скорости ветра 25 м/с; сильные ливни (30 мм и более за 1 час и менее) и дожди (50 мм и более за 12 ч и менее) приводят к смыву верхнего слоя почвы и растительности, усилению эрозии, в качестве последствий возможны оползни, сели и наводнения; аномально жаркая погода может приводить к угнетению и гибели растительности, возможно ослабление и гибель животных и т.д. Другие опасные явления, важные для антропогенных систем, могут не оказывать существенного влияния на природные, например сильный туман в течение 12 часов и более.

Как правило, оценка воздействия опасных гидрометеорологических явлений на природные системы включает сравнительно небольшой их перечень. Например, для севера Европейской территории России к наносящим наибольший ущерб природным системам были отнесены волны холода и жары, периоды с высокой пожароопасностью, сильные ветры, экстремальные ливни, снегопады, гололедно-изморозевые отложения, град (Васильев, 2022) с пороговыми значениями для антропогенных систем в соответствии с РД 52.04.563-2002 (2002).

Целью данной статьи является определение пороговых значений опасных гидрометеорологических явлений, при которых они наносят существенный ущерб природным системам (или их отдельным компонентам), а также подверженность биомов на территории России выделенным опасным явлениям.

Задачи:

- составление перечня опасных явлений, наносящих существенный ущерб природным системам;
- установление пороговых значений интенсивности для каждого опасного явления на основе воздействия на природные системы;
- выявление пространственного распределения опасных явлений, достигающих пороговых значений, по биомам на территории России.

Материалы и методика

Для природных систем (живые организмы и экосистемы/ландшафты) существенный ущерб рассматривается в виде массовой гибели (повреждений, угнетения) организмов или деградации/необратимой трансформации экосистем. Живые организмы приспосабливаются к абиотическим условиям мест обитания, в том числе к климатическим условиям. Вырабатываются физиологические и поведенческие адаптации, позволяющие выживать в неблагоприятных условиях, включая сезонный период покоя. Репродуктивная стратегия некоторых видов рассчитана на ежегодную климатообусловленную гибель большей части популяции (например, насекомые – вредители лесного хозяйства). В данной работе рассматриваются экстремальные погодно-климатические условия, находящиеся за пределами приспособительной (в некоторых случаях и восстановительной) способности природных систем.

Явления одной природы, оказывающие сходный эффект, были объединены или выбрано наиболее характерное из них. Предпочтение отдавалось явлениям, информация о которых доступна, по данным регулярных наблюдений, для обеспечения сопоставимости. Из морских опасных явлений выбирались оказывающие значительное воздействие на береговую зону и прилегающую часть суши.

Для выделения пороговых значений проводился поиск подтверждения нанесения существенного ущерба природным системам или хотя бы одному из их компонентов. Для природных систем можно выделить два уровня пороговых значений: первый – собственно возможность нанесения существенного ущерба; второй – последствия приобретают катастрофический характер.

Соответственно, в зависимости от порогового значения изменяется потенциальная возможность восстановления природных систем, сроки, увеличивается доля необратимых последствий.

Для оценки географического распределения данных об интенсивности опасных явлений использовалась концепция биомов и их границы в соответствии с (Биомы России, 2018; Биоразнообразие биомов России, 2020).

Данные о зафиксированных опасных метеорологических явлениях в границах биома получены на основании обработки статистики 223 станций и справочной информации (Справочник по опасным..., 1997; Разуваев и др., 2020; Булыгина и др., 2023) за максимальный доступный период наблюдений. Данные по опасным гидрометеорологическим явлениям собраны на основе литературных и справочных данных, а также картографических материалов (Справочник по опасным..., 1997; Национальный атлас России, 2007; Атлас природных и техногенных..., 2010; Шамин и др., 2022). Данные о воздействии опасных явлений на природные системы обобщены на основе обзора литературных данных.

В программе QGIS 3.16 проводилось сопоставление границ биомов с информацией об интенсивности опасных явлений, а также построение карт.

Статистическая обработка данных выполнялась в программе IBM SPSS Statistics 22.

Результаты и обсуждение

Опасные явления и их пороговые значения

Все биомы России подвержены климатическому риску вследствие тех или иных опасных гидрометеорологических явлений (Атлас природных и техногенных..., 2010; Липка, 2022; Третий оценочный доклад..., 2022). При этом тип, число и выраженность опасных явлений варьируют в связи со значительной протяженностью и разнообразием природных условий на территории страны. Возможность проявления более широкого спектра опасных явлений в некоторых биомах (например, чередование засух и наводнений) вынуждает природные системы затрачивать больше ресурсов на восстановление (если оно возможно).

На основе обзора литературных данных и справочной информации для природных систем нами было выделено 21 опасное явление: очень сильный ветер, смерч, очень сильный дождь, очень сильный снег, крупный град, сильная метель, сильная пыльная (песчаная) буря, сильное гололедно-изморозевое отложение (включая образование ледяной корки), сильный мороз, аномально-холодная погода, сильная жара, аномально-жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховей, засуха атмосферная, высокий снежный покров, наводнение (разного генезиса), сель, оползень, сход снежных лавин, абразия морских берегов (Липка, 2023).

Ниже изложено обоснование определения пороговых значений для каждого из рассмотренных явлений. Описание воздействия на природные системы приводится в следующей последовательности (при наличии дан-

ных): структура ландшафта, растительность, животные (от млекопитающих к беспозвоночным).

Очень сильный ветер. Ветровая эрозия является одним из экзогенных факторов трансформации ландшафтов. Перемещение частичек почв легкого гранулометрического состава отмечается при скорости ветра 3-4 м/с, тяжело-суглинистых почв – начиная с 6 м/с. Ветер со скоростью 12 м/с и более приводит к значительной эрозии на участках с обнаженной почвой (Ергина, Жук, 2017).

Ветровал и бурелом может начаться при скорости ветра 10-15 м/с, особенно при поражении древесных пород заболеваниями (Ткаченко, 1952; Сурина, Сеньков, 2015). Ветровалам наиболее подвержена ель, из лиственных пород – береза. От бурелома страдают пораженные болезнями осины и пихты, а сосна подвержена и в здоровом состоянии (Ткаченко, 1952). При скорости ветра более 20 м/с может происходить выпадение массивов леса протяженностью в десятки и сотни километров (Скворцова и др., 1983). В соответствии со шкалой Бофорта, при достижении скорости ветра (в том числе в порывах) 24.5 м/с происходит вырывание деревьев с корнем. При скорости ветра более 25 м/с ветровал и бурелом происходит на всей площади средневозрастных и старых древостоев, особенно опасный на ветроударных (подветренных) склонах и для поверхностно-укоренившихся насаждений на горно-скелетных и заболоченных почвах (Погребняк, 1968; Скворцова и др., 1983; Коробов и др., 2014). При достижении ураганной скорости ветра (33 м/с и более) последствия для экосистем сопоставимы с лесными пожарами (Гледко, Сеньков, 2018) и относятся к катастрофическим (Замолодчиков, Шматков, 2011; Карпачевский и др., 2014; Володькина, Куликов, 2015). Иногда называют «истинно буревальными» ситуации, при которых вывалу подвергаются здоровые деревья, и образуются сплошные площади ветровала при скорости ветра 35-40 м/с (Скворцова и др., 1983). Места механических повреждений деревьев затем поражаются грибами (Нестеров, 1949).

Доля ветровалов в общей площади потери лесного покрова в 2001-2020 гг. в среднем по ЕТР оценивается в 2.6%, в Западной и Центральной Сибири составляет менее 1%, но в отдельных регионах (Ярославская, Костромская, Вологодская, Новгородская, Ленинградская области и юг Карелии) может превышать 10% (Шихов и др., 2023).

Среди климатических факторов, влияющих на успешность размножения птиц, ураганные ветры могут вызвать гибель кладок и птенцов (Маловичко и др., 2016), в том числе гнезда могут быть сброшены ветром с деревьев (Пономарева, 2023). Для млекопитающих в публикациях отмечается не только гибель особей, но и уничтожение местообитаний и кормовой базы, что приводит к вынужденной миграции (Wunderle, Wiley, 1996; Ameca et al., 2019).

В качестве порогового значения опасного явления была выбрана средняя скорость ветра 20 м/с (в порывах – 25 м/с). В качестве критического порогового значения выбрана скорость ветра в порывах не менее 33 м/с, что соответствует параметрам ветров ураганной силы и может вызвать уничтожение

растительности на значительной территории и массовую гибель животных в зоне поражения.

Смерч. Смерчи на суше несут огромные разрушения в зоне поражения, приводят к уничтожению растительного покрова, живых организмов. Если на большей части территории РФ скорость ветра при ураганах достигает 30-50 м/с, на Дальнем Востоке 60-90 м/с и более, то в смерче воздух вращается с большей скоростью, поднимаясь по спирали и затягивая пыль, воду, различные предметы (Михайлов, Соломин, 2008; Кобышева и др., 2015). Параметры смерчей и, соответственно, их разрушительное воздействие, могут различаться на порядки: диаметр у земли от 1-10 м до 1.5-2 км; длина пути от 10-100 м до 500 км; вес поднятых предметов может достигать 300 тонн (Акимов и др., 2009).

Помимо ветровой нагрузки, поднятая смерчем масса воды вызывает активные эрозионные и склоновые процессы, аналогичные катастрофическим ливням (в том числе сели и оползни), на побережье – смыв объектов в море (Воробьев и др., 2003; Михайлов, Соломин, 2008; Дорошкова, Тесленко, 2013).

В случае смерча выделять два уровня опасности не представляется целесообразным, т.к. уже само наличие опасного явления приводит к катастрофическим (в том числе необратимым или требующим длительного времени для восстановления) последствиям для природных систем.

Очень сильный дождь. Воздействие явления объединено с сильными ливнями и продолжительными сильными дождями, т.к. последствия для природных систем во многих случаях аналогичны. При этом информация об очень сильном дожде наиболее доступна, по результатам наблюдений на метеорологических станциях, в соответствующих биомах. Очень сильный дождь может являться причиной паводков, схода селей и оползней, которые выделены нами как отдельные опасные явления. В данном случае рассматривается прямой эффект выпадения жидких осадков высокой интенсивности.

Сильные осадки приводят к эрозии, особенно на участках с рыхлыми почвами, слабо задернованными растительностью, или на крутых склонах. Для проявления экстремальных форм плоскостного смыва уклоны земной поверхности должны превышать 3-5°. В результате концентрации стока водных потоков на склонах формируются формы линейной эрозии, в том числе их экстремальные проявления (овраги и балки) (Матвеев и др., 2018), которые могут углубляться на несколько метров в ходе одного ливня (Крыленко и др., 2012). В результате сильных дождей и ливней возможен размыв эрозионно-опасных участков, уменьшается мощность гумусовых горизонтов, ухудшается структура плодородного слоя почв, происходит снижение способности почв к восстановлению, вплоть до утраты почвы на отдельных участках (Коробов и др., 2014; Сангаджиев и др., 2021), водная эрозия в аридных условиях способствует опустыниванию (Зональные типы биомов..., 2003).

Интенсивные дожди могут приводить к масштабным нарушениям лесных экосистем, когда происходит либо смыл отдельных участков леса, либо усыхание деревьев в результате длительного затопления (Замолодчиков,

Шматков, 2011). Ливни могут вызвать гибель кладок и птенцов у разных видов птиц (Маловичко и др., 2016), привести к затоплению нор мелких млекопитающих (Бабич, 2018).

Активные эрозионные и склоновые процессы развиваются при выпадении от 50 мм в сутки для равнинных биомов и 30 мм – для горных. Критическим можно считать двукратное превышение данного порога, т.е. 100 и 60 мм соответственно, при которых возможен смыв растительности.

Очень сильный снег. Сильный снегопад приводит к повреждению и даже гибели деревьев в результате снеголома. Эффект относится к основным негативным воздействиям на лесные экосистемы, хотя и уступает по ущербам сильным ветрам и лесным пожарам (Погребняк, 1968; Замолотчиков, Шматков, 2011; Володькина, Куликов, 2015; Сурина, Сеньков, 2015). Например, в странах Евросоюза повреждение снегом ежегодно затрагивает приблизительно 4 млн м³ древесины, приводя к потерям до нескольких сотен миллионов евро в год (Николаев, Глазунов, 2010).

К снеголому приводит накопление большого количества снега на кронах деревьев (Сурина, Сеньков, 2015): приблизительно 50 кг/м² для хвойных пород (сосна) и 25 кг/м² – для лиственных (дуб, тополь). Критические значения снегонакопления могут существенно варьировать в зависимости от породы, возраста, размеров дерева и пропорций ствола, а также сопутствующих погодных факторов, например, ветра, особенностей ведения лесного хозяйства (Магазова, Меркер, 2005; Николаев, Глазунов, 2010). Снеговалы затем нередко превращаются в центры распространения частичных и сплошных ветровалов (Скворцова и др., 1983). Повреждение ветвей при сильных снегопадах может быть более массовым, чем повреждения стволов и вывалы деревьев (Николаев, Глазунов, 2010). Участки после снеголома зачастую становятся очагами распространения корневой губки (Погребняк, 1968). Чаще всего от навала снега страдают перегруженные леса с тонкими и сильно вытянутыми стволами у деревьев. Ущерб от навала снега усиливается тем, что поникающее от перегрузки дерево опирается на кроны соседних, пока еще устойчивых, но находящихся близко к состоянию перегрузки (Погребняк, 1968).

Весенние обильные снегопады могут вызвать гибель кладок и птенцов у разных видов птиц (Маловичко и др., 2016). Млекопитающих сильный снегопад вынуждает остановить поиск пищи, что приводит к голоданию и истощению (Формозов 1990, 2010б).

В качестве опасного явления, приводящего к массовым снеголомам, рассматривается выпадение 20 и более мм/сут., в качестве критического – его двукратное превышение (40 мм/сут.).

Крупный град. Град становится причиной серьезных ущербов при достижении диаметра 20 мм. Известны случаи, когда вес градин достигал 2.2 кг (Евсеева, 2017). Чрезвычайные ситуации создаются выпадающим градом диаметром 20 мм и более, площадь поражения при этом может составлять более 1000 га, «градовые дорожки» – достигать в длину 50-60 км, в ширину – 10 км, толщина слоя льда может достигать 10-30 см (Атлас природных и техногенных..., 2010).

Град относится к погодным аномалиям, приводящим к гибели лесных насаждений (Володькина, Куликов, 2015), особенно молодых ветвей и подроста (Ткаченко, 1952). При сильном граде происходит повреждение коры ветвей, срезание концевых побегов и тонких ветвей, что может вызвать заметное ослабление древостоев и их частичное усыхание (Замолодчиков, Шматков, 2011; Рунова, Ткач, 2014). Град диаметром 7 мм и более в период цветения и созревания плодов растений уже опасен, т.к. поврежденные им органы не могут быть восстановлены (Левицкая, 2015), что приводит к бескормице животных. Град может привести к массовой гибели кладок и птенцов у разных видов птиц (Маловичко и др., 2016), иногда – взрослых особей мелких воробьиных, реже – водоплавающих птиц (Березовиков, 2004).

Для природных систем в качестве первого порога опасного явления принят диаметр градин 20 мм, для катастрофического, вызывающего массовые повреждения растительности и гибель животных – 40 мм.

Сильная метель. Сильные метели приводят к массовому повреждению деревьев (Казакова, Лобкина, 2017). В периоды с сильными снегопадами и ветрами птицы могут до 3-4 дней не получать никакой пищи. В городских условиях в зимы с длительными метелями гибель голубей составляет до 46% (Скрыпникова, 2008). Млекопитающих сильная метель вынуждает остановить поиск пищи, что приводит к голоданию и истощению, которое происходит особенно быстро под воздействием низких температур и ветра (Формозов 1990, 2010б).

В руководящих документах Росгидромета «сильная метель» определяется как «средняя скорость ветра не менее 15 (в отдельных регионах 20 и более) м/с при МДВ не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч» (РД 52.88.699-2008, 2008). В некоторых регионах, например, на Сахалине, сильные метели характеризуются высокой продолжительностью – более 600 ч за зиму (Казакова, Лобкина, 2017). Если говорить о ветровом воздействии на природные системы, то для метелей пороговые значения должны быть снижены по сравнению с сильным ветром, т.к. к негативному ветровому воздействию добавляется снегоперенос и низкие температуры. В качестве порога опасного явления может быть принят максимальный объем снегопереноса раз в 20 лет: более 400 м³ на один погонный метр, в качестве второго порога – 1000 м³ (Национальный атлас России, 2007).

Сильная пыльная (песчаная) буря. Ветер служит главным агентом формирования процессов дефляции (Матвеев и др., 2018). При скорости ветра более 20 м/с пыльные бури могут возникать на участках с несомкнутой растительностью. При этом почва может выдуваться на глубину от 3 до 10 см (Ергина, Жук, 2017). Зимой, при небольшой высоте снежного покрова, отмечаются снежно-пылевые бури (Кузьмин, 2019). При скорости ветра 40 м/с и более в 1969 г. пыль поднималась до высоты 1200 м, с отдельных участков был унесен слой почвы толщиной более 10 см, в местах отложения образовались покровы мелкозема до 15 см толщиной (Михайлов, Соломин, 2008; Кузьмин, 2019). В результате пыльных бурь возможно формирование барханов до 4 м высотой (Евсеева, 2017).

Ветры со скоростью более 10 м/с уносят частицы верхнего слоя почвы, оголяя корневую систему. При скорости ветра 15-25 м/с переносимые частицы почвы наносят растениям механические повреждения: разрывают листья, ломают побеги, растения выдуваются из почвы и быстро погибают (Лосев, Журина, 2001). Угрозу для птичьих гнёзд представляют пыльные бури со скоростью ветра до 20-30 м/с (Пономарева, 2023). Пыльные бури приводят к резкому сокращению численности животных, в том числе из-за уничтожения кормовой базы (Волох и др., 1988).

В качестве пороговых значений по скорости ветра приняты следующие: 15 м/с (повреждаются растения) и 25 м/с (значительное выдувание почвы, в том числе вместе с травянистыми растениями, угроза для жизни животных).

Сильные морозы создают угрозу вымерзания деревьев (Гледко, Сенькив, 2018). Особенно опасно повреждение низкими температурами корневой системы в начале зимы, до формирования устойчивого снежного покрова (прежде всего в лесостепной и степной зонах), а также после оттепелей, т.к. морозоустойчивость корней деревьев гораздо ниже, чем кроны (до -8...-15°C) (Лосев, Журина, 2001).

Гибель деревьев под влиянием низких температур наблюдается достаточно редко, но может охватывать большие территории. Зима 1939-1940 гг. нанесла ущерб лесам на территории от Беларуси до Урала. Особенно пострадали молодые деревья (до 20-30 лет), наиболее высокие, а также опушечные. Ели, потерявшие до 60% хвои, гибли в течение одного-двух лет (Ткаченко, 1952). В лесостепной зоне массовое вымерзание старых древостоев дуба на больших площадях отмечается 1-2 раза в 100 лет, когда температура опускается до -40-42°C (аналогично – ясень). Для бука критическими являются температуры вымерзания -35-40°C, для клена явора и граба – -38°C, для тропических жестколистных вечнозеленых растений – -20-22°C (Погребняк, 1968). Сильные морозы (ниже -50°C) являются критическими факторами холодового стресса таежных древесных растений (Сурина, Сеньков, 2015). В тундре и лесотундре при сильных морозах повреждаются и отмирают части растений, находящиеся выше снежного покрова (Соловьев и др., 2015).

При сильных морозах увеличивается глубина промерзания почвы, что приводит к массовой гибели беспозвоночных (Соловьев и др., 2015). Насекомые вырабатывают специальные приспособления для снижения точки переохлаждения, ниже которой возможно замерзание до -30°C, а для насекомых арктической зоны – ниже -60°C (Чернышев, 1996).

Небольшие реки и водоемы промерзают до дна, что сопровождается гибелью рыб (Соловьев и др., 2015).

Птицы в сильные морозы быстро истощаются, теряя до 50% веса, слабеют, а нередко и гибнут от голода, переохлаждения и хищников. Особенно сильно страдают фазаны, кеклики, серые и бородатые куропатки, дрофы, тростниковые овсянки северных подвигов и многие другие (Слудский, 2020). В зимний период из-за бескормицы гибнет до 80-90% зимующих и оседлых птиц, по другим сведениям – до 60%. Наблюдалась массовая гибель воробьев в зимние морозы при отсутствии корма. Численность зимующих в лесах птиц

колеблется по годам в десять и более раз в зависимости от погоды и урожая плодов деревьев и кустарников (Димитриев, Шилов, 2017). Для тетеревиных птиц известны случаи гибели при сильных морозах и недостаточной высоте снежного покрова или при очень большой его плотности, лишаящей птиц возможности закопаться и укрыться (Формозов, 2010а). В сильные морозы также отмечалась гибель птиц, зимующих вблизи водоемов с открытой водой. При температуре ниже -40°C среди уток отмечались случаи гибели не только от истощения, но и в результате обмерзания оперения, особенно маховых перьев. Часть птиц вмерзала в лёд, другие замерзали, выбравшись на берег (Березовиков, 2014).

Сильные морозы являются одной из причин гибели зимой копытных, особенно косули. Низкие зимние температуры особенно опасны для молодых животных. Основными причинами смертности считаются истощение, воспаление желудочно-кишечного тракта, легких, уязвимость ослабевших зверей к нападению хищников. Для кабана подземные корма и свободная вода становятся труднодоступными (Иванюков, Рыльков, 2015). Сильные морозы, особенно в сочетании с ветрами (более 15 м/с), приводят к истощению и массовой гибели северных оленей (Колесников и др., 2018).

В качестве первого порога принято минимальное значение температуры воздуха -35°C . При данной температуре холодовой стресс оказывает значительное воздействие на живые организмы, в том числе приводя к их гибели (особенно в случае продолжительных холодов или в сочетании с ветреной погодой). В качестве второго порога выбран показатель -50°C , близкий к пределу физиологической возможности выживания незащищенных животных и растений.

Аномально холодная погода. Показатель более точно, чем сильный мороз, может отражать воздействие на природные системы, т.к. температурный порог будет существенно различаться в зависимости от биома. Например, среднесуточная температура ниже -30°C будет критичной для Московской области и нормальной для территории Якутии. В то же время на Черноморском побережье Кавказа похолодание до -15°C может привести к вымерзанию субтропических широколиственных лесов (Ткаченко, 1952).

Влияние низких температур на жизнедеятельность древесных пород в значительной степени определяется характером изменения температуры воздуха до и после минимального значения, чувствительностью отдельных пород к низким температурам, фазой развития растения. Поздние или ранние заморозки, резкое сильное похолодание после оттепели зимой могут оказать более негативный эффект, чем морозная погода. Наиболее чувствительны к заморозкам древесные породы в начале и в конце вегетационного периода, особенно в первые годы жизни (Ткаченко, 1952).

По степени чувствительности к заморозкам древесные породы подразделяются на три группы: очень чувствительные (ясень, пихта, бук, ель, пихта кавказская, каштан съедобный, акация белая, орех грецкий); менее чувствительные (клен, лиственница, сосна); устойчивые (ольха, береза, осина, рябина, каштан конский) (Нестеров, 1949; Ткаченко, 1952). Также негативное

воздействие аномальных холодов на деревья в лесу проявляется в выжимании растений из почвы, побивании побегов растений, отмирании кроны и гибели взрослых деревьев при исключительно низких температурах (Ткаченко, 1952).

Морозобойные трещины могут возникать при заморозках или продолжительных периодах сильных холодов. Наиболее подвержены: дуб, берест, ильм, вяз, ясень, клен остролистный (Погребняк, 1968).

Для животных эффект аномально холодной погоды может совпадать с последствиями сильного мороза, в том числе при более высоких температурах в связи с длительностью воздействия. Даже при близких к 0°C положительных температурах возможна гибель потомства у млекопитающих. Задержка начала вегетации или раннее ее окончание также ведут к ослаблению и гибели животных от бескормицы (Ткаченко, 1952). Среди климатических факторов, влияющих на успешность размножения птиц, катастрофическими являются, в том числе, весенние и летние заморозки, которые могут вызвать гибель кладок и птенцов у самых разных птиц. В Центральном Предкавказье возврат холодов и связанная с ним гибель птиц – довольно частое явление (Маловичко и др., 2016). В Коми в 1930 г. сильные заморозки начались в период, когда тетеревиные птицы уже сидели на гнездах, выпал снег. Яйца погибли, численность популяции резко снизилась (Ткаченко, 1952).

Первый пороговый уровень – в холодный период года (включая переходные периоды) в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7°C и более – может наблюдаться в каждом из биомов достаточно регулярно. В качестве второго критического порога можно принять понижение на 15°C и более, которое отмечается значительно реже, но приводит к вымерзанию лесов или массовой гибели животных.

Сильная жара. Тепловой перегрев воздуха вызывает иссушение почв, гибель растений и тепловые удары животных (Атлас природных и техногенных..., 2010).

При температуре выше 30°C скорость развития и прироста растений быстро замедляется, а затем наступает их угнетение и возможна гибель (Левицкая, 2015). При температурах +50-54°C у растений свертываются коллоиды плазмы, и клетка погибает. Зачастую воздействию экстремально высоких температур подвергаются слабо одревесневшие всходы древесных пород и однолетние сеянцы (особенно у хвойных). Возникает так называемый «ожог корневой шейки» – части растения, которая соприкасается непосредственно с почвой, при разогреве почвы до +55-60°C. Аналогичные ожоги возможны на освещенных с южной стороны стволах деревьев (как правило, до этого находившихся в тени) с темной и тонкой корой: пихта, ель, бук, граб, ясень и др. В результате ожога камбия кора отмирает, шелушится, обнажая незащищенную древесину (Нестеров, 1949; Погребняк, 1968). В жаркие летние дни в средних и южных широтах получают ожоги листья кленов, конского и благородного каштанов, хвоя ели, пихты и др. (Погребняк, 1968).

Для птиц неблагоприятны периоды сильной жары. При температурах +32-35°C потребление корма домашними птицами существенно снижается, возникает опасность теплового стресса, при +35-38°C тепловой стресс неминуем, существенно падает потребление корма в сочетании с резким повышением потребления воды, при температуре +38°C и более жизнь птицы оказывается под угрозой (Фисинин, Кавтарашвили, 2015). Зафиксирован случай массовой гибели птенцов при температуре +35 ...+38°C, когда гнезда были расположены на открытой каменистой поверхности острова (Березовиков, 2008). При температурах +45-50°C возможна гибель птиц от недостатка доступных насекомых (Маловичко, 1999). В конце июня 2010 г., когда в течение нескольких дней как в Забайкалье, так и на территории Монголии температура воздуха поднималась до +45-50°C, погибло от 20% до 70% детенышей в разных группировках дзерена (Кирилюк, Лущекина, 2017).

Активная жизнедеятельность наземных моллюсков возможна лишь в узком температурном диапазоне: слизни и улитки погибают или впадают в состояние диапаузы при температуре выше +30°C. Аналогично гибнут кладки беспозвоночных. Гусеницы некоторых видов не могут развиваться при температуре выше +25°C (Соловьев и др., 2015). Черные тараканы во влажном воздухе быстро погибают при +38°C, а в сухом, обеспечивающем испарение, выживают некоторое время при +48°C (Чернышев, 1996).

В качестве пороговых значений приняты: максимальная суточная температура воздуха +35°C (разогрев поверхностей деревьев и почвы превышает +55-60°C) и +45°C (тепловой перегрев и гибель животных, усыхание растений).

Аномально жаркая погода. Эффект продолжительных аномально высоких температур близок к сильной жаре, но возможен и при более низких температурах теплого периода вследствие продолжительности воздействия.

Длительные периоды экстремально высоких температур способствуют активной деградации многолетнемерзлых пород (Третий оценочный доклад..., 2022). Происходит снижение содержания кислорода и усиление биогенного загрязнения водоемов за счет массового размножения водорослей с последующим «цветением» воды, нередко сопровождающееся массовым замором рыб (Коробов и др., 2014). Случаи аномально жаркой погоды приводят к угнетению растений, а также угнетению адаптационного механизма терморегуляции организма любого теплокровного животного (Печенкина, 2017). Аномально жаркая погода летом в южных регионах приводит к формированию устойчивых очагов саранчи и появлению ее наиболее опасных форм (Коробов и др., 2014). В жаркую и сухую погоду саранчовые развиваются быстрее и менее подвержены различным заболеваниям. В результате повышается выживаемость и плодовитость саранчовых, что приводит к увеличению численности популяций (ФАО, 2020).

Тенденция сокращения численности и видового разнообразия ключевых опылителей связывается с повышением максимальной температуры воздуха и волнами тепла. Она несет угрозу для энтомофильных (липа, яблоня, груша, кизил и т.д.) лесных деревьев и кустарников, для огромного числа видов тра-

вянистых растений и, возможно, для деревьев со смешанным опылением (дуб). В свою очередь, сокращение плодоношения в природных и субприродных местообитаниях означает снижение трофических ресурсов для многих беспозвоночных и позвоночных животных (Коробов и др., 2014).

Пороговые уровни по значениям симметричны аномально холодным периодам. Первый – в теплый период года в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7°C и более – может наблюдаться в каждом из биомов. В северных регионах для некоторых видов погода будет даже благоприятной, но приведет к необратимой деградации ландшафтов на многолетнемерзлых породах. Второй порог – выше на 15°C и более не менее 5 дней, отмечается не на всей территории страны и значительно реже, но приводит к катастрофическим последствиям для живых организмов.

Чрезвычайная пожарная опасность. В данной работе мы рассматриваем пожароопасность как создание условий для развития природных пожаров. Возгорание и нанесенный природным системам ущерб будет зависеть во многом от антропогенных факторов: причина возгорания, быстрота обнаружения, реализация профилактических противопожарных мероприятий, эффективность тушения и т.д.

Огонь в той или иной степени воздействует на растительность всех природных зон, особенно значительно в зоне хвойных лесов и в областях со средиземноморским климатом. Катастрофический пожар может полностью уничтожить лесную растительность на определенном участке, когда почва выгорает до минерального субстрата (Карпачевский и др., 2014). Болота относятся к изначально переувлажненным местообитаниям, но при экстремальных засухах огонь может их повреждать, а мелкозалежные болота могут высыхать и выгорать практически полностью (Второй оценочный доклад..., 2014). В последние десятилетия частота повторения пожаров превышает время, необходимое для восстановления растительных сообществ, близких к коренным. Например, вершины приладожских сельг подвергаются верховым пожарам не менее 1 раза за 50 лет. Леса наиболее сухих местообитаний северо-запада ЕТР горят приблизительно каждые 20 лет (Зональные типы биомов..., 2003). В то же время длительность сукцессии восстановления елового леса в южной тайге А.А. Тишков (1979) оценивает в 120-150 лет, причем период одинаков при восстановлении леса как после рубки, так и после пожара (Зональные типы биомов..., 2003).

Природные пожары приводят к гибели животных, нарушению их местообитаний и кормовой базы, созданию преград на путях их миграций (Нестеров, 1949; Кузьмин, 2019). В глобальном масштабе в 1979-2013 гг. средняя продолжительность пожароопасного сезона возросла на 19% (Jolly et al., 2015; Киселев, Кароль, 2017).

На гибель животных влияют, в том числе, поведенческие особенности. Например, в отличие от белок, зайцев, медведей, лосей, изюбрей, косуль и т.д., соболи не стараются уйти от надвигающегося пожара, а прячутся в норах, дуплах, россыпях или укрываются в пустотах среди корней и крон

деревьев. В результате в зоне пожара погибает от 80 до 98% популяции (Наумов, 2014).

На территории России уровень пожарной опасности рассчитывается по индексу Нестерова (Росгидромет, 2012). Значение $10\,000\text{ (}^{\circ}\text{C)}^2\cdot\text{сут.}$ считается критическим для лесных территорий и соответствует наивысшему V классу пожарной опасности. В степных и тундровых биомах критический уровень значения понижается региональными УГМС до $3000\text{--}6000\text{ (}^{\circ}\text{C)}^2\cdot\text{сут.}$ Однако уже при достижении значения индекса Нестерова выше $1000\text{ (}^{\circ}\text{C)}^2\cdot\text{сут.}$ (средний класс пожарной опасности по ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000) большинство источников огня приводит к возникновению лесных пожаров (Энциклопедия лесного хозяйства, 2006).

Для природных систем в качестве первого порогового значения нами было принято $1001\text{ (}^{\circ}\text{C)}^2\cdot\text{сут.}$ по шкале Нестерова, а значение для критического может различаться по регионам в соответствии с принятыми УГМС значениями от 3000 до $10\,000\text{ (}^{\circ}\text{C)}^2\cdot\text{сут.}$ (Липка, 2023).

Засуха атмосферная. Определение атмосферной засухи используется в соответствии с РД 52.04.563-2002 (2002). Повторяемость засух на территории России закономерно увеличивается с севера на юг и достигает максимума в степных и пустынных биомах (Росгидромет, 2012).

Даже на севере России (в Архангельской области) повреждение летней засухой относится к одной из основных причин лесных нарушений (Сурина, Сеньков, 2015). Примеры гибели лесов в результате засух многочисленны (Погребняк, 1968; Энциклопедия лесного хозяйства, 2006; Второй оценочный доклад..., 2014; Володькина, Куликов, 2015). Также отмечалось ускорение смертности деревьев из-за роста частоты засух во многих регионах (Второй оценочный доклад..., 2014).

Засухи приводят к снижению продуктивности растительности, что, в свою очередь, приводит к недостатку кормов для животных. Бескормица может проявиться не только в засушливый сезон, но и в последующий осенне-зимний период, что может привести, в том числе, к снижению численности птиц (Коробов и др., 2014). В разгар засухи в июле 2010 г. отмечалась гибель кротов. Пересыхание водоемов привело к массовой гибели рыбы, крупных двустворчатых моллюсков, также известны случаи гибели полуводных млекопитающих – выдры, ондатры, бобра (Соловьев и др., 2015). Засухи являются одной из причин массовой гибели копытных, в том числе – сайгаков (Каримова и др., 2021).

В масштабе страны наиболее удобным индексом для оценки воздействия засух на природные системы является индекс Д.А. Педея – Si (Черенкова, 2015), т.к. он пригоден для любой природной зоны России и для любого промежутка времени (декада, месяц, сезон) (Разуваев и др., 2020).

В качестве первого порога нами выбрано значение сильной засухи – 3.0. По месячным данным Научно-прикладного справочника «Климат России» (Разуваев и др., 2020), в каждом биомах хотя бы раз за историю наблюдений уровень достигался. В качестве второго (катастрофического) порога было выбрано значение – 4.0, соответствующее экстремальной засухе. Оно фикси-

ровалось в ряде регионов, например, в условиях экстремальных засух 1972, 1999 (Кононова, 2017) и 2010 (Галимова и др., 2019) гг., когда экстремальной засухой было охвачено 37% ЕТР (Золотокрылин, Черенкова, 2012).

Суховой. Для антропогенных систем сухой определяется как «ветер скоростью 8 м/с и более при температуре выше 25°C и относительной влажности не более 30%, наблюдающиеся хотя бы в один из сроков наблюдений в течение трех дней подряд и более в период цветения, налива, созревания зерновых культур» (РД 52.04.563-2002, 2002). Воздействие на природные системы аналогично засухам, но негативные последствия наступают раньше.

В ветреную погоду наблюдается усиление испарения и транспирации, быстро снижается влажность почвы, а также уровень воды в водоемах (Коробов и др., 2014). Многодневные суховеи бывают особенно губительны для растительности, тем более если они не прекращаются ночью (Слиже, Семенова, 2017). Повышая транспирацию деревьев при недостатке воды в почве, суховеи могут вызвать суховершинность, а иногда и привести к гибели деревьев (Ткаченко, 1952; Энциклопедия лесного хозяйства, 2006). Угнетение и гибель растительности, вызванные суховеем, в дальнейшем приводят к бескормице и гибели животных.

Шкала воздействия на сельскохозяйственные растения была предложена Е.А. Цубербиллер (Цубербиллер, 1966; Журина, 2023). В зависимости от дефицита насыщения в 15 часов, согласно Е.А. Цубербиллер, различают следующие типы суховеев: 15-19 гПа – слабый; 20-29 гПа – средний; 30-39 гПа – интенсивный; более 40 гПа – очень интенсивный (Разуваев и др., 2020). Для природных систем, как более устойчивых по сравнению с сельскохозяйственными, интенсивные суховеи (сильное увядание и усыхание вегетационной массы) могут быть приняты в качестве первого порога опасного явления, очень интенсивные (быстрое и сильное повреждение вегетационной массы) – в качестве критического.

Гололедно-изморозевые отложения / ледяная корка. Считается, что по максимальному весу оледенения гололедно-изморозевые явления наиболее опасны на территории Северного Кавказа и Калмыкии (до 1060 г/м), Сахалина (до 1600 г/м), Алтая (до 1640 г/м) (Кузьмин, 2019). Если на большей части территории страны случаи гололеда отмечаются зимой (после оттепелей) или в переходные сезоны, то в Арктике они возможны в период календарного лета. Например, на о. Вайгач максимальное число дней с гололедом наблюдается в июне (Вайгач. Остров..., 2011).

Из числа сильных гололедно-изморозевых отложений для природных систем наибольшую опасность представляют ледяная корка, а также последствия «ледяных дождей». Ледяная корка считается опасным агрометеорологическим явлением, если при толщине 5 мм она удерживалась более 10 дней (Третий оценочный доклад..., 2022; РД 52.88.699 – 2008, 2008). Наиболее опасна для травянистых растений притертая корка, смыкающаяся с поверхностью грунта. Степень повреждения зависит от ее толщины, составляющей в среднем 20 мм (может достигать 100 и более) и продолжительности залегания. Травы гибнут под притертой к почве коркой вследствие нарушения газо-

обмена (недостатка кислорода и избытка углекислого газа). Кроме того, происходят механические повреждения: разрыв корешков, вмёрзших в лёд (Лосев, Журина, 2001).

Выпадение жидких осадков в зимние месяцы при последующих обильных снежных осадках, чередование теплых и экстремально холодных дней могут способствовать образованию ожеледи и ледолома (Энциклопедия лесного хозяйства, 2006; Замолодчиков, Шматков, 2011; Голубев и др., 2013; Сурина, Сеньков, 2015). На ветвях деревьев могут скапливаться значительные массы льда, происходит обламывание хрупких ветвей и вершин (Ткаченко, 1952; Погребняк, 1968).

Ледяную корку как причину массовой гибели мелких грызунов (мыши, полевки, лемминги) неоднократно отмечали в разных природных зонах России. Возможны каскадные эффекты, когда песцы остаются без корма и зимой среди них вспыхивают эпизоотии, вызывая массовую гибель (Формозов, 2010б). Падеж северных оленей из-за формирования ледяной корки отмечался на о. Колгуев в 2013 г., Ямале в 2014 г. (Колесников и др., 2018). На о. Врангеля гололед в сочетании с высоким снежным покровом привел к сокращению популяции северного оленя с 8-10 тыс. до 450-500 голов за период с 2004 по 2007 гг. (Казьмин, Абатуров, 2009). В России и Казахстане ледяная корка является одной из причин массовой гибели сайгаков (Каримова и др., 2021), в Монголии и Забайкалье – дзеренов (Кирилюк, Лушекина, 2017). Описаны случаи гибели тетеревиных птиц, ночующих, зарывшись в снег, после того как ночью прошел «ледяной дождь» и сформировался наст до 10 см толщиной (Формозов, 2010а; Слудский, 2020).

В качестве первого порогового значения нами выбрано формирование гололеда, толщиной в 10 мм, в качестве второго порога – 20 мм.

Высокий снежный покров не рассматривается как опасное явление для антропогенных систем, но может стать причиной массовой гибели животных. Высота снежного покрова оказывает влияние на одну из важнейших популяционно-динамических характеристик – выживаемость. В период многоснежья животные гибнут от хищников, нехватки пищи, внутривидовой конкуренции (Ревуцкая, 2009).

Для копытных видов существует так называемая «критическая глубина» снега. Она достигает следующих значений для разных видов: дзерен – 20 см (Кирилюк, Лушекина, 2017), кабан – 30-40 см, косуля – 40-60 см (европейская – 30-40 см (Иванюков, Рыльков, 2015)), благородный олень (изюбрь) – 50-60 см (алтайский марал – 70 см), лось – 90-100 см. При более глубоком снеге передвижение и добыча пищи становятся крайне трудными (Насимович, 1955; Формозов, 1990). В многоснежные зимы в стадах лосей отмечали гибель значительной части слабых особей, снижение плодовитости (Формозов, 2010б). Из птиц в многоснежные зимы гибнут от бескормицы: темнобрюхий улар, серая куропатка, белая куропатка (Слудский, 2020).

В качестве первого порога нами было принято значение максимальной за зиму высоты снежного покрова 40 см (критично для европейской и кавказской косули, кабана и северного оленя). В качестве второго порога – 60 см

(критично для сибирской косули и большинства подвидов благородного оленя).

Наводнения. Затоплению подвержено более 400 тыс. км² территории страны. По генезису наводнения могут произойти в результате половодий, дождевых паводков, заторов, зажоров, прорыва ледниковых озер и др. (Национальный атлас России, 2007; Кузьмин, 2019). К регулярным паводкам и половодьям природные системы приспособлены достаточно хорошо (временное затопление поймы). В качестве опасных явлений рассматриваются ситуации, когда уровень воды значительно превышает средние значения. Продолжительность стояния воды также имеет значение. При длительных периодах заливания в почвах с грубым гумусом образуются ядовитые для деревьев и кустарников закисные соединения железа (Ткаченко, 1952).

Ситуация усугубляется, если наводнение сопровождается прорывом защитной дамбы, что приводит к резкому дополнительному подъему уровня воды и расширению зоны затопления. Известны катастрофические последствия в апреле 2024 г. в Оренбурге и Орске (Уварчев, 2024) и 2019 г. в Иркутской области – Тулунское наводнение (Орлов, Чернов, 2019).

Во время паводков и половодий происходит русловая деформация, которая может быть как горизонтальной, изменяющей положение русла реки на пойме, так и вертикальной при изменении отметки уровня его дна. Повышается вероятность схода обвалов и оползней. Аккумуляция речных наносов приводит к уменьшению пропускной способности русла и поймы реки. Во время заторных наводнений интенсивная деформация русла и поймы происходит не только под влиянием высоких скоростей водного потока, но и под механическим воздействием льда, который срезает острова и береговые выступы в русле реки, очищает его от наносов, разрушает берега и выпахивает пойму. Во время катастрофических наводнений особенно сильно изменяется химический состав природных вод, ухудшаются их качественные показатели (Истомина и др., 2005).

К наиболее типичным последствиям наводнений для живых организмов относятся: изменение численного и видового разнообразия биоценозов, массовая гибель животных (особенно при быстром затоплении речной поймы, нанося значительный ущерб популяциям амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих, приводя к общей дестабилизации зоокомплексов), угнетение и частичная гибель растительности (Истомина и др., 2005; Евсеева, 2017). Наводнения относят к катастрофическим природным явлениям, способным привести к макронарушениям лесных экосистем (Лосев, Журина, 2001; Карпачевский и др., 2014). Разрушительная сила зависит не только от площади и продолжительности затопления, высоты подъема воды, но и от ее скорости. Так, при высоте в 1 м и скорости 1 м/с большинство животных не может спастись, при скорости 3 м/с наводнение приводит к разрушению домов и подмывает деревья, при скорости 5 м/с по дну потока катятся валуны 10-50 см в диаметре (Евсеева, 2017).

Наступление воды заставляет животных спасаться бегством на более высокие места. Однако скорость передвижения и силы многих видов животных

(черепахи, некоторые змеи и ящерицы, ежи, кроты, землеройки, мышевидные грызуны) недостаточны, чтобы спастись от быстро распространяющейся воды. Во время наводнения гибнут и многие крупные млекопитающие, так как большие расстояния до берега иногда оказываются непосильными даже для хорошо плавающих животных. В некоторых случаях животные теряют способность ориентироваться в пространстве, что также приводит к их гибели. Значительно сокращается численность птиц, гнездящихся в зарослях камышей и тростников, на ветлах и других древесно-кустарниковых видах, произрастающих в поймах и на прирусловых валах. Весенне-летние наводнения приводят к гибели отложенных яиц и молодняка птиц. Непосредственное влияние наводнений также выражается в барьерной роли образовавшихся зон затопления, что вызывает нарушение массовых сезонных миграций животных. Хотя дикие копытные хорошо плавают, затопленные территории нередко становятся непреодолимым препятствием на путях их миграций (Истомина и др., 2005).

Например, половодья регулярно приводят к гибели зайцев как за счет недостаточной площади и количества убежищ, так и за счет повышения уязвимости по отношению к хищникам в этот период (Зыкова, 1967). Особенно высокие половодья и зимние паводки приводят к гибели бобров (Завьялов и др., 2015). Весенний паводок в 1993 г. на Тоболе послужил причиной гибели 86% птичьих кладок. Повышенная толерантность к воздействиям паводков отмечена у чирка-свистунка (42%), лысухи (45%), серой утки (53%), гнездовые станции которых были меньше подвержены затоплению. Наоборот, у серой цапли, большой выпи, пеганки, свиязи, шилохвостки, широконоски, чирка-трескунка и красноголового нырка все гнёзда оказались под водой (Калинин, 2015).

Районирование территории по максимальному превышению уровня начала затопления (Национальный атлас России, 2007) выделяет 0.8-1.5 м для антропогенных систем как умеренно опасный, но для животных он будет являться чрезвычайно опасным (второй порог), а уровень 0.3-0.8 – опасным (первый порог).

Сели. В широком понимании в России селеопасными считаются (по разным оценкам) от 8 до 20% территории (Атлас природных и техногенных..., 2010; Кузьмин, 2019). Однако при более детальной дифференцированно-ранжированной оценке селеопасности бассейнов водотоков основная площадь селевых водосборов (более 80-90%) оказывается безопасной в отношении селей, а уровень селеопасности в оставшейся их части имеет меньшие значения, чем кадастровые, рассчитанные по максимуму для всего бассейна (Анахаев, 2018; Анахаев и др., 2023).

Согласно данным МЧС (Атлас природных и техногенных..., 2010), на территории России достаточно много неизученных труднодоступных регионов, в которых потенциально также могут развиваться сели. Опубликованные кадастры селевых бассейнов для хорошо изученных регионов могут быть неполными или включать ошибочные данные (Анахаев, 2019).

Длина русел селей может составлять от нескольких десятков метров до нескольких десятков километров, ширина – от 3 до 100 м (в зоне аккумуляции

– до 300 м и более). Глубина селевого потока достигает 1.5-15 м, высота селевых валов достигает 3-4 м и более, диаметр влекомых валунов – 2-3 м и более. Скорость движения селей в среднем колеблется в пределах от 2 до 10 м/с и более (Михайлов, Соломин, 2008; Макаров и др., 2014). По объему селевые потоки варьируются в очень широких пределах: от очень мелких – микроселей (объем выноса менее 1 тыс. м³) до гигантских (объемом более 1000 тыс. м³). Для среднегорий максимальное значение объема выноса составляет порядка 500 тыс. м³, а в высокогорьях может достигать 5-10 млн м³ (Атлас природных и техногенных..., 2010; Перов, 2012). Селевые потоки дождевого генезиса составляют более 90% от всех типов селей (Анахаев и др., 2023).

При прохождении селей полностью разрушается экосистема и уничтожается ихтиофауна в селевом русле реки (ручья). Сели приводят к углублению эрозионных лотков, а также «заплыванию» грунтом растительности в зоне аккумуляции. Формируются ложбинные крупноглыбовые комплексы, возможна перестройка речной сети в результате закупорки русел грязекаменными отложениями (Макаров и др., 2014). Данные о гибели животных в литературных источниках не приводятся. Возможно нарушение путей миграции селевыми потоками. Восстановление растительного покрова после прохождения селей происходит медленно. Например, в долине р. Баксан (Северный Кавказ) для формирования пионерных группировок растительности на конусе выноса потребовалось 8-20 лет, для сложных группировок с древесным подростом – 50-60 лет, для формирования лесного фитоценоза, близкого по флористическому составу к ненарушенному сообществу уходит 100 и более лет (Перов, 2012).

В качестве первого показателя нами было выбрано подтвержденное наличие явления в пределах биома. В качестве второго показателя выбран достаточно высокий порог – 50-500 тыс. м³ (Атлас природных и техногенных..., 2010; Перов, 2012). Сель такого объема относится к крупным, приводит к существенной переработке горной долины и необратимым изменениям в рельефе.

Оползни. В отличие от селей, оползни носят площадной характер. Даже небольшие по объему приводят к необратимым изменениям в ландшафтах. К поражающим факторам относятся: удары движущихся масс горных пород, заливание и заваливание этими массами ранее свободных пространств (захоронение экосистем под толщами), перекрытие русел рек, гибель животных и трансформация ландшафта. Среди несейсмических причин образования оползней выделяют интенсивные осадки и таяние снега (Николкина и др., 2013). В России по условиям рельефа и геологическим особенностям значительные территории относятся к оползнеопасным районам различной степени активности (ФГБУ «Гидроспецгеология», 2022; СП 115.13330.2016, 2018; Атлас природных и техногенных..., 2010). Процессу подвержены не только горные биомы, но и равнинные. Например, в Белгородской области оползнями поражены не только склоны долин рек, но в еще большей степени – овражно-балочные системы (Петина и др., 2009).

Крупные оползни вызываются, как правило, естественными причинами и образуются вдоль склонов на сотни метров, их толщина составляет 10-20 м

и более. Масштаб оползней характеризуется площадью: грандиозные – 400 га и более, очень крупные 200-400 га, крупные – 100-200 га, средние – 50-100 га, мелкие – 5-50 га и очень мелкие – до 5 га (Михайлов, Соломин, 2008). Объем катастрофического оползня в долине р. Гейзерная на Камчатке в 2007 г. достиг 21 млн. м³ (Двигало, Мелекесцев, 2009). Завальные плотины, образующиеся при обвалах и оползнях береговых склонов, перекрывают створы ущелий с аккумуляции с верховой стороны водных масс, прорывы которых сопровождаются селевыми потоками (Анахаев и др., 2023).

Сход оползней возможен не только в теплое время года. В декабре 2018 г. оползень сошел в заполненное водохранилищем русло р. Буря, минимальные температуры воздуха накануне события составляли -36.2 и -31.3°C, среднесуточные -32.4 и -27.3°C соответственно. Объем оползневого тела оценивается в 24.5 млн м³, или более 55 млн т. Смещение значительного объема масс в достаточно глубокий водоем вызвало волну, по механизму образования напоминающую цунами. Общая площадь, на которой был полностью уничтожен лес, составила около 3.0 км². Прямой гидродинамический удар привел к разрушению почвенного слоя на значительной площади (Махинов и др., 2019).

В качестве первого порогового уровня выбрано подтвержденное наличие явления в пределах биома с повторяемостью 5-20 раз в 100 лет, максимальным объемом оползня до 0.1 тыс. м³, максимальной глубине захвата пород оползнем – 5-7 м (Атлас природных и техногенных..., 2010). В таком случае к оползнеопасным могут быть отнесены и некоторые равнинные биомы, в которых процесс будет связан с мощной береговой эрозией. В качестве второго порогового значения выбран опасный уровень, который соответствует повторяемости активизации процесса 5-10 раз в 100 лет, максимальному объему до 10 тыс. м³, максимальной глубине захвата пород оползнем – 15 м (Атлас природных и техногенных..., 2010).

Сход снежных лавин. Лавиноопасность характерна для большинства горных районов России (Кузьмин, 2019). Считается, что в горах континентальных областей лавину может спровоцировать выпадение 5 мм, а в остальных горных районах – 10 мм снега за 24 ч (Гаврилова, 2013). Для о. Сахалин лавиноопасными являются не только горы, но и уступы морских и речных террас высотой более 10 м (Казакова, Лобкина, 2017).

Данное явление обладает огромной разрушительной силой. Живые объекты уничтожаются, возможны локальные преобразования рельефа под воздействием ударной силы. Степень воздействия лавинной деятельности на природные и антропогенные системы в самом общем виде зависит от потенциальной энергии лавины, являющейся функцией высоты падения и массы. Величина снежной массы, в свою очередь, определяется площадью лавиносбора и высотой снежного покрова в его пределах. То есть лавинный процесс является результатом сочетания в пространстве и во времени двух основных факторов: рельефа и климата (Атлас природных и техногенных..., 2010).

Известна слабая устойчивость пихты, а также сосны, ели, осины, которая объясняется горизонтальным расположением корневой системы и слабой

гибкостью ствола дерева. Наиболее лавиноустойчивыми породами являются берёза, бук, клен – они относительно стойки к изломам и образуют криволесяя. Экосистемы, особенно лесная растительность, не успевают восстановиться, если лавины достаточно большого объема сходят регулярно. Исчезают растения с длительным периодом вегетации, появляются виды, свойственные более высоким ландшафтными поясам. Лавинные снежники на дне долин вызывают запаздывание фенотипов растений в силу концентрации огромной массы снега (Канонникова, 2012).

Снежные лавины представляют угрозу для млекопитающих, зимующих в высокогорье. На участках, где заснеженные склоны чередуются с малоснежными, животные во время миграций могут оказаться погребенными под снежными массами (Канонникова, 2012). Наиболее часто гибнут копытные: олени, кавказские туры, сибирский горный козел – козерог и др. (Наниев, 1962; Калинин, 2012). Случайной жертвой лавин могут стать животные и в нижних частях лесной зоны, куда обрушиваются лавины в особо снежные годы (Канонникова, 2012).

МЧС ранжирует лавины по двум параметрам: повторяемости в 10 лет и уровню опасности, который включает объем лавин в тыс. км³ и число лавинных очагов на 1 пог. км долины (Атлас природных и техногенных..., 2010). В качестве первого порогового значения выбрана принципиальная возможность схода лавин на территории биома, подтвержденная результатами исследований. В некоторых случаях лавины могут формироваться в границах примыкающего горного биома, а воздействие распространится и на территорию равнинного. Ситуация характерна, например, для Высокоарктического островного биома полярных пустынь. В качестве второго порогового значения особой экстремальности выбрано следующее сочетание: сход не менее 1-10 лавин в год и/или объем менее 100 тыс. км³ при наличии 1-5 лавинных очагов на 1 пог. км долины (Атлас природных и техногенных..., 2010).

Абразия морских берегов относится к необратимым процессам изменения ландшафтов. Протяженность абразионных берегов России составляет более 25 000 км. Под влиянием штормов происходит их постоянное отступление с потерей значительных площадей прибрежных территорий (Лукьянова, Соловьева, 2009).

Для морских побережий России средняя скорость отступления берегов оценивается в 1.2 м в год. Наиболее высокие категории опасности, как правило, соответствуют процессам разрушения берегов в результате совместного воздействия волновой абразии и оползневой деятельности. Опасная категория переработки берегов отличается значительной скоростью разрушения (5-10 м/год), что нередко усугубляется развитием склоновых процессов и отрицательным антропогенным воздействием. Наиболее уязвимы берега, сложенные рыхлыми и слабосвязанными отложениями: песчано-галечными, супесчано-суглинистыми, со значительной долей льдистой фракции (Атлас природных и техногенных..., 2010). Отступление берега о. Ушакова, представляющего собой ледниковый купол в Северном Ледовитом океане, достигает на отдельных участках 100 м в год и более (Алейников, Липка, 2018).

В качестве пороговых значений были приняты наиболее высокие категории абразии морских берегов (Лукьянова, Соловьева, 2009): первый порог – четвертая категория переработки берегов – опасная – отличается значительной скоростью разрушения берега (5-10 м/год); второй порог – пятая категория абразионной опасности (наивысшая) – весьма опасная – подразумевает катастрофическое волновое разрушение берегов со скоростью отступления более 10 м/год (Лукьянова, Соловьева, 2009).

Количественный и пространственный анализ

Использованные источники информации о реализации опасных явлений на территории биомов в некоторых случаях могут представлять не полную картину распределения. В первую очередь это касается труднодоступных и горных районов с высокой мозаичностью природных условий и недостаточным количеством пунктов наблюдений. МЧС фиксирует опасные явления не по всей территории страны, а в местах объявления чрезвычайных ситуаций. К вероятно недооцененным опасным явлениям в границах биомов относятся связанные с ветром, осадками и их последствиями, а также низкими температурами.

Из рассмотренных опасных явлений интенсивность шести достигала по данным наблюдений первого порогового значения во всех биомов на территории России: очень сильный ветер, аномально холодная и аномально жаркая погода, засуха атмосферная, сильные гололёдно-изморозевые отложения/ледяная корка и наводнения. Из них только аномально жаркая и аномально холодная погода достигают второго порогового значения во всех биомов. Наименьшее число биомов (13) охватывают сильные песчаные бури (рис. 1).

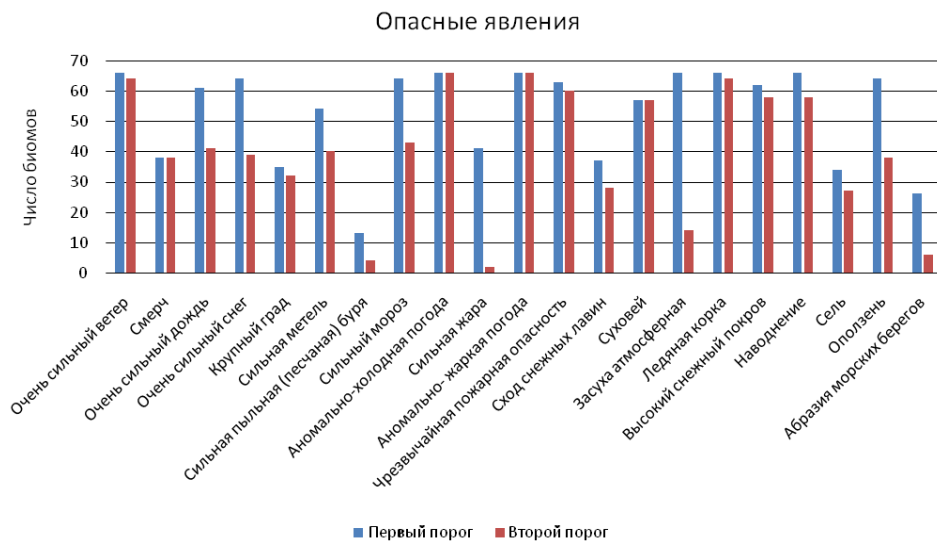


Рисунок 1. Количественное распределение опасных явлений первого и второго порогового уровня по биомов России

Figure 1. Quantitative distribution of hazardous phenomena of the first and second threshold levels across biomes in Russia

Для 9 опасных явлений второй порог достигается в более, чем 90% биомов, на которых был зафиксирован первый порог данного явления: очень сильный ветер, смерч, крупный град, аномально холодная и аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховей, ледяная корка, высокий снежный покров. У трех явлений второй порог реализовывался менее, чем в 30% биомов, в которых фиксировался первый: сильная жара, засуха атмосферная, абразия морских берегов (рис. 1).

На картах (рис. 2) представлены результаты ранжирования биомов по подверженности разному количеству опасных явлений при достижении первого и второго порогового значений. Ни один из биомов не оказался подвержен всем рассматриваемым опасным явлениям. Максимальное их число (20) проявляется в горных биомах Дальнего Востока, на территории Южнобайкальского, Янкано-Джагдинского и Южноохотского биомов (рис. 2а). Больше разнообразие опасных явлений первого порогового уровня характерно для южных равнинных биомов от широколиственно-лесных до степных и пустынных, а также для южных горных. Минимальное разнообразие опасных явлений (13) свойственно некоторым арктическим равнинным биомам (Новоземельско-Ямало-Гыданскому арктическо-тундровому и Нижнеколымскому лесотундрово-северотаежному), а также острова Врангеля (рис. 2а).

Максимальное число опасных явлений, достигающих второго (критического) порогового значения в пределах одного биома, ниже, чем для первого уровня – 17. Оно соответствует горным биомам: Алтае-Саянскому, Прибайкальско-Момскому и Южнобайкальскому (рис. 2б). Больше разнообразие катастрофических опасных явлений характерно для Европейской территории России, гор южной Сибири и Дальнего Востока, а также Путорано-Анабарского биома. Значительные территории Арктики и равнинных континентальных областей Восточной Сибири подвержены минимальному количеству (6-9) опасных явлений второго порогового уровня, что связано с отсутствием теплового стресса, а также экзогенных процессов в горах (рис. 2б). При этом по интенсивности холодового стресса и ветровой нагрузки природные условия данных биомов являются чрезвычайно суровыми.

Корреляционный анализ

Полученные данные о подверженности биомов опасным явлениям первого и второго уровня интенсивности были объединены в таблицу с присвоением следующих значений для проведения корреляционного анализа: 1 – интенсивность явления не достигает в пределах биома опасного значения; 2 – хотя бы один раз за историю наблюдений хотя бы на одной из станций была зафиксирована интенсивность опасного явления первого уровня и выше; 3 – было зафиксировано достижение не только первого, но и второго порогового уровня (табл. 1).

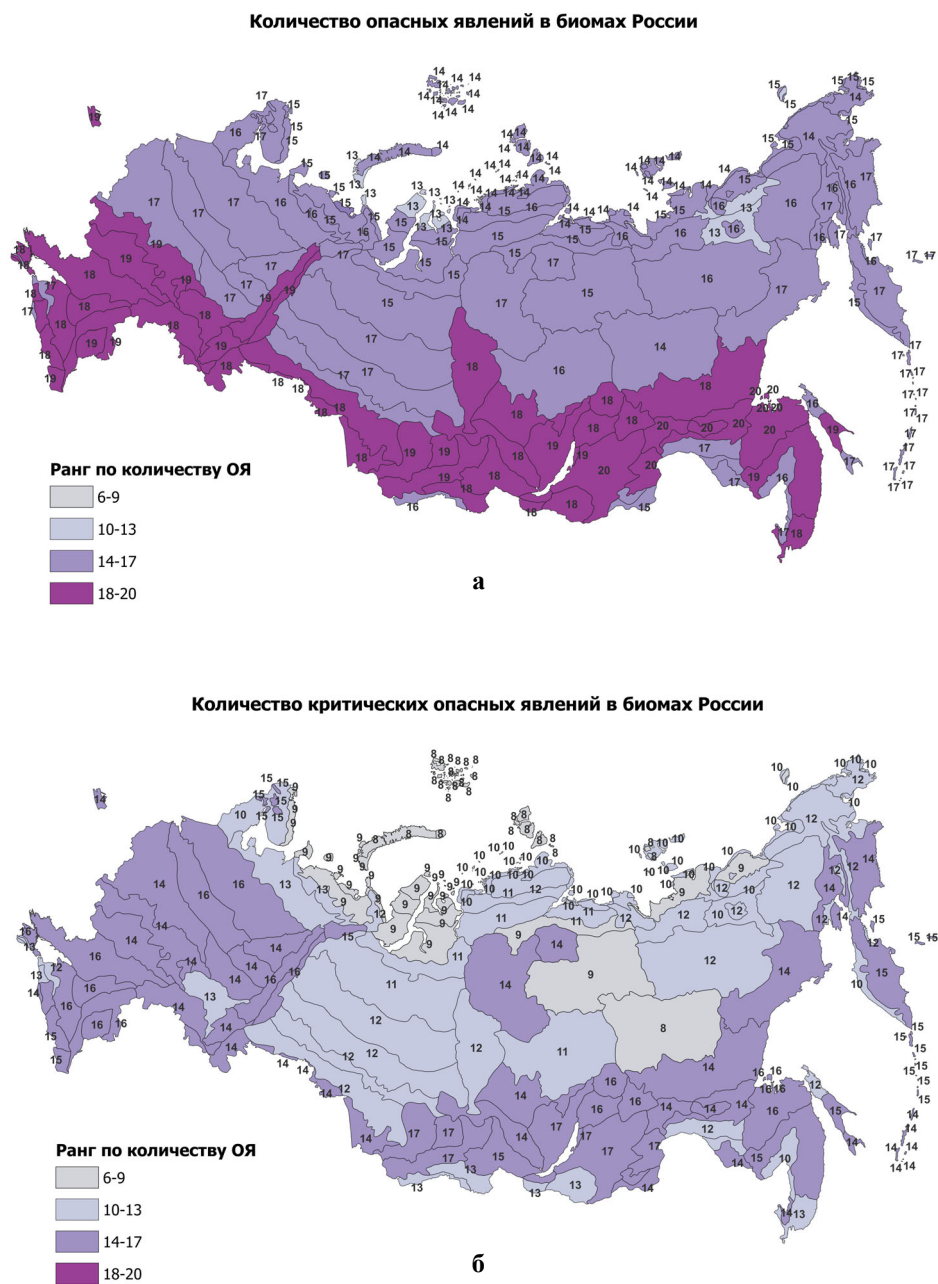


Рисунок 2. Подверженность биомех России опасным явлениям первого (а) и второго (критического – б) порогового уровня. Цифрами обозначено число видов опасных явлений в границах биомех

Figure 2. Exposure of Russian biomes to hazardous phenomena of the first (a) and second (critical – b) threshold level. The numbers indicate quantity of types of hazardous phenomena within the boundaries of the biome

Таблица 1. Фрагмент таблицы с исходными данными для проведения корреляционного анализа. Номера биомов соответствуют карте «Биомы России» (2018)

Table 1. A table fragment with primary data for correlation analysis. Biome numbers correspond to the “Biomes of Russia” (2018)

№ биома	Название биома	Очень сильный ветер	Смерч	Очень сильный дождь	Очень сильный снег	Крупный град	Сильная метель
1	Высокоарктический островной (арктических пустынь)	3	1	1	2	1	3
2	Новоземельско-Ямало-Гыданский арктическо-тундровый	3	1	1	3	1	3
3	Таймыро-Востоносибирский арктическо-тундровый	3	1	2	3	1	3
4	Чукотский арктическо-тундровый	3	1	1	3	1	3
5	Кольско-Большеземельско-Газовский гипоарктическо-тундровый	3	1	2	2	1	3
6	Таймыро-Среднесибирский гипоарктическо-тундровый	3	1	2	2	1	3
7	Лено-Колымский гипоарктическо-тундровый	2	1	2	2	1	2
8	Анадыро-Пенжинский гипоарктическо-тундровый	3	1	2	3	1	3
9	Кольско-Карельский гипоарктическо-таежный	3	3	2	3	1	2
10	Мезено-Печорский лесотундрово-северотаежный	3	3	2	3	1	3

Для статистического изучения связи между подверженностью биомов опасным явлениям разного уровня интенсивности был применен коэффициент ранговой корреляции Спирмена (Spearman, 1904).

Результаты расчетов в программе IBM SPSS Statistics показали отсутствие в большинстве случаев значимой на уровне 0.01 корреляции (значимость двухсторонняя) при сравнении распределения 21-го опасного явления по 66 биомам (табл. 2, выделены цветом). Весьма высокая (1, красный) сила связи была выявлена для аномально жаркой и аномально холодной погоды. Действительно, оба явления достигают как первого, так и второго порогового уровня во всех биомам. Высокая сила связи отмечена между крупным градом и сильной жарой (0.818 – южные биомы), а также сходом снежных лавин и селями (0.867 – горные биомы с сильными осадками). Заметная сила связи в распределении опасных явлений по биомам выявлена еще в 14 случаях: очень сильный ветер и аномально холодная погода (0.586), аномально жаркая

погода (0.586), ледяная корка; смерч и крупный град (0.602), сильная жара (0.675); очень сильный дождь и сель (0.502); крупный град и засуха атмосферная (0.555), оползень (0.574); сильная метель и сход снежных лавин (0.590); сильная пыльная буря и атмосферная засуха (0.636); аномально холодная погода и ледяная корка (0.586); сильная жара и оползень (0.521); аномально жаркая погода и ледяная корка (0.586); чрезвычайная пожарная опасность и суховей (0.695). Для следующих явлений хотя бы заметной достоверной связи в распределении по биомам с другими опасными явлениями не выявлено: очень сильный снег, сильный мороз, высокий снежный покров, наводнение, абразия морских берегов.

Таблица 2. Фрагмент таблицы «Коэффициенты корреляции распределения опасных явлений по биомам» (* – корреляция значима на уровне 0.05 (двухсторонняя); ** – корреляция значима на уровне 0.01 (двухсторонняя))

Table 2. Atable fragment “Correlation coefficients for the distribution of hazardous events in biomes” (* – correlation is significant at 0.05 level (two-sided); ** – correlation is significant at 0.01 level (two-sided))

	Очень сильный ветер	Смерч	Очень сильный дождь	Очень сильный снег	Крупный град	Сильная метель	Сильная пыльная (песчаная) буря	Сильный мороз	Аномально-холодная погода	Сильная жара	Аномально-жаркая погода
Очень сильный ветер	1.000	.164	.296*	.299*	.283*	.312*	.241*	.046	.586**	.180	.586**
Смерч	.164	1.000	.360**	-.019	.602**	-.270*	.464**	-.059	.243*	.675**	.243*
Очень сильный дождь	.296*	.360**	1.000	.132	.425**	-.010	.286*	-.095	.244*	.493**	.244*
Очень сильный снег	.299*	-.019	.132	1.000	-.097	.177	.001	-.052	.242*	-.050	.242*
Крупный град	.283*	.602**	.425**	-.097	1.000	-.226	.429**	-.099	.236	.818**	.236
Сильная метель	.312*	-.270*	-.010	.177	-.226	1.000	-.392**	.156	.239	-.297*	.239
Сильная пыльная (песчаная) буря	.241*	.464**	.286*	.001	.429**	-.392**	1.000	-.193	.296*	.492**	.296*
Сильный мороз	.046	-.059	-.095	-.052	-.099	.156	-.193	1.000	.250*	-.153	.250*
Аномально-холодная погода	.586**	.243*	.244*	.242*	.236	.239	.296*	.250*	1.000	.242*	1.000**
Сильная жара	.180	.675**	.493**	-.050	.818**	-.297*	.492**	-.153	.242*	1.000	.242*
Аномально-жаркая погода	.586**	.243*	.244*	.242*	.236	.239	.296*	.250*	1.000**	.242*	1.000

При сопоставлении подверженности 66 биомов опасным явлениям разной интенсивности прослеживаются закономерности природной зональности, а также сходство близкорасположенных территорий (табл. 3).

Таблица 3. Фрагмент таблицы «Коэффициенты корреляции подверженности биомов опасным явлениям, достигающим интенсивности первого и второго уровня» (* – корреляция значима на уровне 0.05 (двухсторонняя); ** – корреляция значима на уровне 0.01 (двухсторонняя))

Table 3. A table fragment “Correlation coefficients of biomes exposure to hazardous events reaching the first and second levels of intensity” (* – correlation is significant at 0.05 level (two-sided); ** – correlation is significant at 0.01 level (two-sided))

	Высокоарктический островной (арктических пустынь)	Новоземельско-Ямало-Гыданский арктическо-тундровый	Таймыро-Восточносибирский арктическо-тундровый	Чукотский арктическо-тундровый	Кольско-Большеземельско-Газовский гипоарктическо-тундровый	Таймыро-Среднесибирский гипоарктическо-тундровый	Лено-Колымский гипоарктическо-тундровый	Анадыро-Пенжинский гипоарктическо-тундровый	Кольско-Карельский гипоарктическо-таежный
Высокоарктический островной (арктических пустынь)	1.000	.683**	.631**	.502*	.465*	.514*	.388	.483*	.248
Новоземельско-Ямало-Гыданский арктическо-тундровый	.683**	1.000	.879**	.739**	.742**	.767**	.669**	.814**	.615**
Таймыро-Восточносибирский арктическо-тундровый	.631**	.879**	1.000	.606**	.718**	.801**	.718**	.748**	.573**
Чукотский арктическо-тундровый	.502*	.739**	.606**	1.000	.862**	.725**	.632**	.869**	.730**
Кольско-Большеземельско-Газовский гипоарктическо-тундровый	.465*	.742**	.718**	.862**	1.000	.926**	.833**	.879**	.776**
Таймыро-Среднесибирский гипоарктическо-тундровый	.514*	.767**	.801**	.725**	.926**	1.000	.926**	.847**	.688**
Лено-Колымский гипоарктическо-тундровый	.388	.669**	.718**	.632**	.833**	.926**	1.000	.785**	.687**
Анадыро-Пенжинский гипоарктическо-тундровый	.483*	.814**	.748**	.869**	.879**	.847**	.785**	1.000	.716**
Кольско-Карельский гипоарктическо-таежный	.248	.615**	.573**	.730**	.776**	.688**	.687**	.716**	1.000

Теснота связи Высокоарктического островного биома (арктических пустынь) с биомами Горных тундр высокоарктических островов и о. Врангеля достигает 0.8-0.838, с другими арктическими тундровыми – заметна (0.631-0.696). Высокая и заметная сила связи характерна для равнинных и горных тундровых биомов, лесотундровых и северотаежных. Весьма высокая связь в данной группе отмечена у примыкающих Кольско-Большеземельско-Тазовского гипоарктическо-тундрового и Таймыро-Среднесибирского гипоарктическо-тундрового биомов (0.926), у последнего с Лено-Колымским гипоарктическо-тундровым биомом (0.926) и у Анадыро-Пенжинского гипоарктическо-тундрового с Западносибирским северным лесотундрово-северотаежным (0.907). К данной группе примыкает Северосахалинский среднетаежный биом с теснотой корреляции до 0.738.

Следующую группу с заметной, высокой и очень высокой силой связи в распределении опасных явлений образуют северные лесные биомы от Кольско-Карельского гипоарктического таежного до Западнокамчатского субокеанического северотаежного. Максимальная сила связи отмечена для Западносибирского северного лесотундрово-северотаежного и Нижнеколымского лесотундрово-северотаежного биомов (0.937).

Среднетаежные биомы формируют единую группу, за исключением Северосахалинского среднетаежного. Максимальная теснота связи друг с другом отмечена для биомов Западной Сибири: Обь-Иртышский среднетаежно-южнотаежный и Верхневилуйский среднетаежный (0.936), Верхневилуйский среднетаежный и Западносибирский мелколиственнолесной (0.936).

Южнотаежные, подтаежные, хвойно-широколиственные и мелколиственные биомы формируют следующую группу. Теснота корреляции достигает 1.0 у Смоленско-Приволжского и Вятко-Камского широколиственно-хвойнолесных биомов.

Широколиственные и лесостепные биомы образуют группу с заметной и высокой силой связи (до весьма высокой (0.936) у Заволжского широколиственных лесов и лесостепи и Тоболо-Приобского лесостепного). В группе степных биомов теснота связей заметно ниже. Прикаспийский пустынно-степной биом выделяется из общей картины равнинных биомов. Заметная сила связи прослеживается только с Крымско-Кавказским лесостепным биомом (0.683), достоверных отрицательных связей также не выявлено.

У горных биомов прослеживаются связи друг с другом даже в большей степени, чем с равнинными биомами. Высотная поясность и расчлененный рельеф создают предпосылки для большего разнообразия опасных явлений. Так, теснота связи Корякского тундрового биома достигает 1.0 с Североохотским гипоарктическо-таежным, 0.99 – с Алдано-Майским таежным и 0.935 с Камчатско-Курильским таежным биомами. Выделяется низкогорный Крымско-Новороссийский биом с лесами средиземноморского типа в нижнем поясе и степями в верхнем, у которого достоверная теснота связи прослеживается в большей степени с равнинными биомами от южнотаежных до степных (максимально с Заволжским широколиственных лесов и лесостепи (0.741), Крымско-Кавказским лесостепным (0.702) и Зее-Буреинским лесо-

степным (0.701). Сочинский субтропический биом по подверженности опасным явлениям близок к наиболее южным горным биомам от Северо-Западнокавказского (0.844) до Южноохотского (0.715). Для двух горных биомов достоверных связей с равнинными не выявлено: Сочинский субтропический и Юго-Восточноалтайско-Тувинский.

Заключение

Выделенный спектр опасных явлений и их пороговых значений позволяет оценить подверженность им природных систем в границах каждого из биомов. Возможна недооценка интенсивности некоторых явлений для территорий, находящихся вдали от пунктов стационарных наблюдений в малозаселенных регионах.

Разнообразие спектра опасных явлений указывает на диапазон, к которому природные системы вынуждены адаптироваться, в том числе периодически восстанавливаясь. К большей амплитуде значений явлений одной природы (экстремально высокие и низкие температуры, засухи и наводнения) живым организмам адаптироваться труднее, т.к. необходимы ресурсы для выживания за обоими пределами оптимальной экологической зоны.

В то же время разнообразие опасных явлений в пределах биомов еще не указывает на суровость климата и его экстремальность. В аридных и арктических пустынях набор опасных явлений ниже, чем в других биомах, но их интенсивность делает территорию непригодной для существования многих видов.

Для более точной оценки пригодности территории для существования видов, а также восстановительного потенциала природных систем, необходима оценка вероятности реализации опасных явлений в границах каждого биома.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы госзадания № АААА-А20-120070990079-6 ФГБУ «ИГКЭ».

Список литературы

Акимов, В.А., Дурнев, Р.А., Соколов, Ю.И. (2009) *Опасные гидрометеорологические явления на территории России*, М., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 316 с.

Алейников, А.А., Липка, О.Н. (2018) Деграция покровного оледенения острова Ушакова по материалам космических съемок, *Земля из космоса*, № 9 (25), с. 32-39.

Анахаев, К.Н. (2018) О кадастрах селевых бассейнов, *Грозненский естественнонаучный бюллетень*, т.3, № 4, с. 11-19.

Анахаев, К.Н. (2019) О достоверности геофизических параметров в селевом кадастре юга России, *Вестник МГСУ*, т.14, вып. 5, с. 610-620.

Анахаев, К.К., Беликов, В.В., Анахаев, К.Н., Анаев, М.Т., Борисова Н.М. (2023) О селеопасности территорий селевых бассейнов, *Процессы в геосредах*, № 2(36), с. 2071-2081.

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация (2010) Под общ. ред. С.К. Шойгу, М., Дизайн. Информация. Картография, 696 с.

Бабич, Н.В. (2018) Распространение и контроль численности мышевидных грызунов, *Защита и карантин растений*, № 7, с. 35-37.

Березовиков, Н.Н. (2014) Гибель больших крохалей *Mergus merganser* и гоголей *Vicserphala clangula* от обмерзания оперения в сильные морозы на Иртыше в Усть-Каменогорске зимой 2009/10 года, *Русский орнитологический журнал*, т. 23., № 966, с. 387-391.

Березовиков, Н.Н. (2004) Град – катастрофическое явление в жизни птиц, *Русский орнитологический журнал*, т. 13, № 275, с. 971-973.

Березовиков, Н.Н. (2008) О причинах массовой гибели птенцов речной крачки *Sterna hirundo* на островах озера Алаколь, *Русский орнитологический журнал*, т. 17, № 420, с. 811-813.

Биомы России (2018) Карта. Масштаб 1:7 500 000, под ред. Г.Н. Огуреевой, М., МГУ им. М.В. Ломоносова, РГО.

Биоразнообразие биомов России. Равнинные биомы (2020) Под ред. Г.Н. Огуреевой, М., ИГКЭ, 623 с.

Булыгина, О.Н., Веселов, В.М., Разуваев, В.Н., Александрова, Т.М. (2023) *Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России*, Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549.

Вайгач. Остров арктических богов (2011) Под общ. ред. П.В. Боярского, М., Paulsen, 576 с.

Васильев, М.П. (2022) *Методы и результаты районирования территории северо-западного региона России по величине комплексного показателя погодно-климатических и экологических рисков для экосистем*, дис. ... канд. геогр. наук, СПб, 126 с.

Володькина, Г.Н., Куликов, А.Г. (2015) Влияние неблагоприятных погодных условий и почвенно-климатических факторов на санитарное состояние лесов Пензенской области, *Проблемы и мониторинг природных экосистем*, с. 43-48.

Волох, А.М., Архипчук, В.А., Гулай, В.И., Евтушевский, Н.Н., Шевченко, Л.С. (1988) Особенности динамики численности зайца-русака на территории УССР, *Изученность териофауны Украины, ее рациональное использование и охрана*, сборник научных трудов, Киев, Наукова думка, с. 19-34.

Воробьев, Ю.Л., Акимов, В.А., Соколов, Ю.И. (2003) *Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы*, М., ООО «ДЭКС-ПРЕСС», 352 с.

Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2014) Под ред. В.М. Катцова, С.М. Семенова, М., Росгидромет, 1009 с.

Гаврилова, С.А. (2013) Когда снегопад становится опасным, *Природа*, № 8, с. 20-27.

Галимова, Р.Г., Переведенцев, Ю.П., Яманаев, Г.А. (2019) Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан, *Вестник ВГУ. Серия География. Геоэкология*, № 3, с. 29-39.

Гледко, Ю.А., Сенькив, К.А. (2018) Влияние опасных гидрометеорологических явлений на лесные ресурсы Минской области, *Женщины-ученые Беларуси и Казахстана*, Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Минск, РИВШ, с. 394-397.

Голубев, А.Д., Кабак, А.М., Никольская, Н.А., Бутова, Г.И., Хабарова, Г.В. (2013) Ледяной дождь в Москве, Московской области и прилегающих областях центра Европейской территории России 25-26 декабря 2010 года, *Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации*, № 349, с. 214-230.

ГОСТ Р22.1.09-99. Группа Т58. (2000) *Государственный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования*, 11 с.

Двигало, В.Н., Мелекесцев, И.В. (2009) Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии), *Вулканология и сейсмология*, № 5, с. 24-37.

Димитриев, А.В., Шилов, М.П. (2017) Создание полукультур – экологичный способ повышения кормности местообитаний зимующих и кочующих птиц, *Эволюционные и экологические аспекты изучения живой материи*, с. 95-105.

Дорошкова, А.А., Тесленко, И.И. (2013) Генезис возникновения чрезвычайной ситуации природного происхождения, *Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность*, № 1-2, с. 117-130.

Евсеева, Н.С. (2017) *Экологическая геоморфология. Опасные природные процессы*, Томск, Издательский Дом ТГУ, 278 с.

Ергина, Е.И., Жук, В.О. (2017) Влияние современных тенденций климата на состояние эрозионно опасных агроландшафтов и оценка почвообразующего потенциала природных факторов Крыма, *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, № 3 (65), с. 175-178.

Журина, Л.Л. (2023) *Агрометеорология*, М., ИНФРА-М, 350 с.

Завьялов, Н.А., Артаев, О.Н., Потапов, С.К., Петросян, В.Г. (2015) Бобры (*Castor fiber*) Мордовского заповедника: история развития популяции, современное состояние и её дальнейшие перспективы, *Российский журнал биологических инвазий*, № 8(2), с. 20-45.

Замолодчиков, Д.Г., Шматков, Н.М. (2011) Леса России и изменение климата: сможем ли мы сохранить наши леса перед новой угрозой, *Устойчивое лесопользование*, № 4 (29), с. 12-14.

Золотокрылин, А.Н., Черенкова, Е.А. (2012) Экстремальные засухи на Европейской территории России в период 1936-2010 гг., *Проблемы региональной экологии*, № 5, с. 41-46.

Зональные типы биомов России: Антропогенные нарушения и естественные процессы восстановления экологического потенциала ландшафтов (2003) Под ред. К.М. Петрова, СПб., СПбГУ, 246 с.

Зыкова, Л.Ю. (1967) Материалы по экологии, динамике численности и взаимоотношениям зайца-беляка, лисицы и рыси в Окском заповеднике, *Труды Окского государственного заповедника*, с. 32-54.

Иванюков, К.А., Рыльков, О.В. (2015) Влияние абиотических факторов на численность копытных животных НП «Куршская коса», *Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»*, с. 51-60.

Истомина, М.Н., Кочарян, А.Г., Лебедева, И.П. (2005) Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия, *Водные ресурсы*, т. 32, № 4, с. 389-398.

Казакова, Е.Н., Лобкина, В.А. (2017) Оценка снегоопасности территории острова Сахалин, *Криосфера Земли*, т. 21, № 6, с. 109-117.

Казьмин, В.Д., Абатуров, Б.Д. (2009) Механические свойства снежного покрова и доступность подснежных кормов для северного оленя (*Rangifer tarandus*) и овцебыка (*Ovibos moschatus*) на пастбищах острова Врангеля, *Зоологический журнал*, т. 88, № 8, с. 990-1000.

Калинин, С.С. (2015) Влияние экстремальных климатических факторов и весенних наводнений на размножение гидрофильных птиц в Курганской области, *XIII Зыряновские чтения*, материалы Всероссийской научно-практической конференции, Курган, КГУ, с. 264-266.

Калинкин, Ю.Н. (2012). Факторы, лимитирующие численность копытных республики Алтай, *Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства*, № 1, с. 101-102.

Канонникова, Е.О. (2012) Экологические последствия лавинной деятельности для природных комплексов (на примере Северо-Западного Кавказа), *Современные проблемы науки и образования*, № 4, с. 324-324.

Каримова, Т.Ю., Луцкекина, А.А., Неронов, В.М. (2021) Современное состояние и ретроспективный анализ популяций сайгака России и Казахстана, *Аридные экосистемы*, т. 27, № 2 (87), с. 57-67.

Карпачевский, М.Л., Тепляков, В.К., Яницкая, Т.О., Ярошенко, А.Ю., Белякова, А.В., Брюханов, А.В., Букварева, Е.Н., Конюшатов, О.А., Корчагов, С.А., Кулясова, А.А., Петров, А.П., Рай, Е.А., Шматков, Н.М. (2014) *Основы устойчивого лесопользования*, М., 266 с.

Кирилюк, В.Е., Луцкекина, А.А. (2017) Современное состояние дзерена (*Procapra gutturosa: Bovidae*) в России, *Nature Conservation Research. Заповедная наука*, т. 2, Приложение 1, с. 81-99.

Киселев, А.А., Кароль, И.Л. (2017) Череда погодных аномалий – случайность или закономерность, *Природа*, № 7, с. 9-16.

Кобышева, Н.В., Акентьева, Е.М., Галюк, Л.П. (2015) *Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере*, СПб., Кириллица, 214 с.

Колесников, Р.А., Локтев, Р.И., Синицкий, А.И., Камнев, Я.К., Куликова, О.Я. (2018) Действие экологических факторов, как причина зимнего и ранневесеннего падежа оленей в сеяхинской тундре полуострова Ямал, *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*, № 3, с. 38-45.

Кононова, Н.К. (2017) Характеристика экстремальных засух конца XX века, *Геополитика и экогеодинамика регионов*, т. 3, № 1, с. 35-65.

Коробов, Р., Тромбицкий, И., Сыродоев, Г., Андреев, А. (2014) *Уязвимость к изменению климата. Молдавская часть бассейна Днестра*, Кишинев, 336 с.

Крыленко, В.В., Липка, О.Н., Алейникова, А.М. (2012) Анализ устойчивости естественных и техногенных ландшафтов Черноморского побережья России к воздействию ливней экстремальной интенсивности (на примере ливня 6-7 июля 2012 г.), *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия. Экология и безопасность жизнедеятельности*, № 4, с. 82-92.

Кузьмин, С.Б. (2019) Опасные природные процессы в Российской Федерации, *Проблемы анализа риска*, т. 16, № 2, с. 10-35.

Левицкая, Н.Г. (2015) *Краткий курс лекций по дисциплине «Агрометеорология» для студентов 2 курса направления подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование*, Саратов, Саратовский ГАУ, 49 с.

Липка, О.Н. (2023) *Распределение опасных гидрометеорологических явлений и их последствий по биомам в России, их параметры*, Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621809.

Липка, О.Н. (2022) Оценка риска для природных систем России, связанного с опасными метеорологическими явлениями, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 8, № 3, с. 52-73.

- Лосев, А.П., Журина, Л.Л. (2001) *Агрометеорология*, М., Колос, 301 с.
- Лукьянова, С.А., Соловьева, Г.Д. (2009) Абразия морских берегов России, *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, № 4, с. 40-44.
- Магазова, Л.Н., Меркер, В.В. (2005) Влияние экстремальных климатических условий на состояние древесных насаждений г. Челябинска, *Вестник Челябинского государственного университета*, т. 12, № 1, с. 126-131.
- Макаров, С.А., Черкашина, А.А., Атутова, Ж.В., Бардаш, А.В., Воропай, Н.Н., Кичигина, Н.В., Мутин, Б.Ф., Осипова, О.П., Ухова, Н.Н. (2014) *Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г.*, Иркутск, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 111 с.
- Маловичко, Л.В. (1999) Современное состояние и причины сокращения численности сизоворонки (*Coracias garrulus*), *Русский орнитологический журнал*, № 68, с. 17-23.
- Маловичко, Л.В., Константинов, В.М., Микляева, М.А. (2016) Влияние весеннего похолодания на поведение птиц, *Русский орнитологический журнал*, т. 25, № 1382, с. 4991-4994.
- Матвеев, А.В., Зерницкая, В.П., Нечипоренко, Л.А. (2018) Основные факторы проявления опасных природных и природно-антропогенных процессов литосферного класса на территории Беларуси, *Вестник Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі*, № 1, с. 78-87.
- Махинов, А.Н., Ким, В., Остроухов, А.В., Матвеев, Д.В. (2019) Крупный оползень в долине реки Бурей и цунами в водохранилище Бурейской ГЭС, *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*, № 2 (204), с. 35-44.
- Михайлов, Л.А., Соломин, В.П. (2008) *Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них*, СПб., Питер, 235 с.
- Наниев, В.И. (1962) О гибели восточнокавказских туров от снежных обвалов во время миграций, *Миграции животных*, вып. 3, с. 37-39.
- Насимович, А.А. (1955) *Роль режима снежного покрова в жизни копытных животных на территории СССР*, М., Изд-во Акад. наук СССР, 404 с.
- Наумов, П.П. (2014) Причины исторического динамизма ареала и численности соболя в России, *Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства*, материалы I Международной научно-практической конференции, Иркутск, ИрГСХА им. А.А. Ежовского, с. 14-24.
- Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология* (2007) М., Роскартография, 496 с.
- Нестеров, В.Г. (1949) *Общее лесоводство*, М.-Л., Гослесбумиздат, 664 с.
-

Николаев, Д.К., Глазунов, Ю.Б. (2010) Особенности повреждения снеголомом древостоев сосны и ели, *Лесной вестник. Forestry bulletin*, № 3, с. 157-164.

Николкина, И.Ф., Диденкулова, И.И., Пелиновский, Е.Н., Шургалина, Е.Г., Наумов, А.А., Панкратов, А.С., Рувинская, Е.А. (2013) Потенциально опасные оползневые зоны на берегах водоемов Нижегородской области, *Труды НГТУ им. П. Е Алексеева*, № 4 (101), с. 157-166.

Орлов Е.А., Чернов К.А. (2019) Результаты выполнения аварийно-восстановительных работ и анализ медицинского обеспечения в ходе ликвидации наводнения на территории Иркутской области аэромобильной группой Тульского спасательного центра МЧС России (с 6 июля по 15 августа 2019 г.) *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*, №. 3, с. 52-58.

Перов, В.Ф. (2012) *Селеведение*, М., Географический факультет МГУ, 272 с.

Петина, В.И., Гайворонская, Н.И., Белоусова, Л.И. (2009) Формирование и развитие оползневых процессов на территории Белгородской области, *Региональные геосистемы*, т. 9, № 11 (66), с. 126-132.

Печенкина, Е.И. (2017) Распространение продолжительной аномально жаркой погоды на территории Западной Сибири в теплый период, *Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете*, материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, ТГУ, с. 88-91.

Погребняк, П.С. (1968) *Общее лесоводство*, М., Колос, 440 с.

Пономарева, Т.С. (2023) Воздействие различных факторов на успешность гнездования буланого вьюрка *Rhodospiza obsoleta* в пустыне, *Русский орнитологический журнал*, т. 32, № 2298, с. 1789-1793.

Разуваев, В.Н., Булыгина, О.Н., Коршунова, Н.Н., Клещенко, Л.К., Кузнецова, В.Н., Трофименко, Л.Т., Шерстюков, А.Б., Швець, Н.В., Давлетшин, С.Г., Зверева, Г.Н. (2020) *Научно-прикладной справочник «Климат России»*, Свидетельство о государственной регистрации № 2020621470.

РД 52.04.563-2002 (2002) *Руководящий документ. Инструкция Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения*, СПб., Гидрометиздат, 33 с.

РД 52.27.724-2019 (2019) *Руководящий документ. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения*, М., Гидрометцентр России, 72 с.

РД 52.88.699-2008 (2008) *Руководящий документ. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновения опасных природных явлений*, М., Росгидромет, 33 с.

Ревуцкая, О.Л. (2009) А Уварчев Л. (2024) Уровень Урала в Оренбурге на 130 см превысил критический, в Орске вода отступает, *Коммерсантъ*, Электронный ресурс, URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6636328> (дата обращения 30 апреля 2024).

ФАО (2020) *Руководство по трем видам стадных саранчовых на Кавказе и в Центральной Азии. Биология, экология и поведение*, Рим, ФАО, 59 с.

ФГБУ «Гидроспецгеология» (2022) *Карта активности оползневой процесса на территории Российской Федерации по состоянию на 01.11.2022 г.* Масштаб 1:25 000 000. Москва, Гидроспецгеология.

Фисинин, В.И., Кавтарашвили, А.Ш. (2015) Тепловой стресс у птицы. Сообщение I. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления, *Сельскохозяйственная биология*, № 2, с. 162-171.

Формозов, А.Н. (2010а) О зимнем образе жизни тетеревиных птиц, *Русский орнитологический журнал*, т. 19, № 609, с. 1981-1991.

Формозов, А.Н. (2010б) *Снежный покров в жизни млекопитающих и птиц*, М., URSS, 288 с.

Формозов, А.Н. (1990) *Снежный покров как фактор среды, его значение в жизни млекопитающих и птиц СССР*, М., МГУ, 287 с.

Шамин, С.И., Бухонова, Л.К., Санина, А.Т. (2022) *Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России*. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621326.

Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Калинин Н.А., Пьянков С.В. (2023) *Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения*, Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 284 с.

Цубербиллер, Е.А. (1966) *Суховеи, их агрометеорологическая сущность и пути борьбы с ними*, автореф. дис. ... д-ра геогр. наук, М., Гидрометцентр СССР, 114 с.

Черенкова, Е.А. (2015) Количественные оценки атмосферных засух в федеральных округах Европейской территории России, *Известия РАН. Серия географическая*, № 6, с. 76-85.

Чернышев, В.Б. (1996) *Экология насекомых*, М., Изд-во МГУ, 304 с.

Энциклопедия лесного хозяйства (2006) М., ВНИИЛМ, т. 1, 424 с.

Ameca, E.I., Mace, G.M., Cowlshaw, G., Pettorelli, N. (2019) Relative vulnerability to hurricane disturbance for endangered mammals in Mexico: a call for adaptation strategies under uncertainty, *Animal Conservation*, vol. 22, no. 3, pp. 262-273.

Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J., Bowman, D.M. (2015) Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013, *Nature Communications*, vol. 6, p. 7537.

Spearman, C. (1904) The Proof and Measurement of Association between Two Things, *The American Journal of Psychology*, vol. 15, no. 1, pp. 72-101.

Wunderle, Jr.J.M., Wiley, J.W. (1996) Effects of hurricanes on wildlife: implications and strategies for management, *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*, vol. 6, pp. 253-264.

References

Akimov, V.A., Durnev, R.A., Sokolov, Yu.I. (2009) *Opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya na territorii Rossii* [Dangerous hydrometeorological phenomena on the territory of Russia], Institute for Civil Defence and Emergencies, Moscow, Russia, 316 p.

Aleinikov, A.A., Lipka, O.N. (2018) Degradaciya pokrovnogo oledeneniya ostrova Ushakova po materialam kosmicheskikh s"emok [Degradation of glaciation on Ushakov Island based on satellite imagery], *Zemlya iz kosmosa*, no. 9 (25), pp. 32-39.

Anakhayev, K.N. (2018) O kadastrakh selevykh basseynov [On inventories of mudflow basins], *Groznenskiy yestestvennonauchnyy byulleten*, vol. 3, no. 4, pp. 11-19.

Anakhayev, K.N. (2019) O dostovernosti geofizicheskikh parametrov v selevom kadastre yuga Rossii [On the reliability of geophysical parameters in the mudflow cadastre of the South of Russia], *Vestnik MGSU*, vol. 14, no. 5, pp. 610-620.

Anakhayev, K.K., Belikov, V.V., Anakhayev, K.N., Anayev, M.T., Borisova N.M. (2023) O seleopasnosti territoriy selevykh basseynov [On the seleperience of the territories of mudflows], *Protsessy v geosredakh*, no. 2(36), pp. 2071-2081.

Atlas prirodnih i tekhnogennyh opasnostej i riskov chrezvychajnyh situacij. Rossijskaya Federaciya [Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations. Russian Federation] (2010) In S.K. Shoigu (ed.), Design. Information. Cartography, Moscow, Russia, 696 p.

Babich, N.V. (2018) Rasprostranenie i kontrol' chislennosti myshevidnyh gryzunov [Distribution and population control of mouse-like rodents], *Zashchita i karantin rastenij*, no. 7, pp. 35-37.

Berezovikov, N.N. (2014) Gibel' bol'shikh krohalej *Mergus merganser* i gogolej *Bucephala clangula* ot obmerzaniya opereniya v sil'nye morozy na Irtyshe v Ust'-Kamenogorske zimoj 2009/10 goda, [Death of mergansers *Mergus merganser* and goldeneye *Bucephala clangula* from freezing of plumage in severe frosts on the Irtysh in Ust-Kamenogorsk in the winter of 2009/10], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, vol. 23., no. 966, pp. 387-391.

Berezovikov, N.N. (2004) Grad – katastroficheskoe yavlenie v zhizni ptic [Hail is a catastrophic phenomenon in the life of birds], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, vol. 13, no. 275, pp. 971-973.

Berezovikov, N.N. (2008) O prichinah massovoj gibeli ptencov rechnoj krachki Sterna hirundo na ostrovah ozera Alakol' [On the causes of the mass death of chicks of the common tern *Sterna hirundo* on the islands of Lake Alakol'], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, vol. 17, no. 420, pp. 811-813.

Biomy Rossii [Biomes of Russia] (2018) Map. Scale 1:7 500 000. In G.N. Ogureeva (ed.), Lomonosov Moscow State University, Russian Geographical Society, Moscow, Russia.

Bioraznობobrazie biomov Rossii. Ravninnye biomy [Biodiversity of Russian biomes. Lowland Biomes] (2020) In G.N. Ogureeva (ed.), IGCE, Moscow, Russia, 623 p.

Bulygina, O.N., Veselov, V.M., Razuvaev, V.N., Alexandrova, T.M. (2023) *Opisanie massiva srochnyh dannyh ob osnovnyh meteorologicheskikh parametroh na stanciyah Rossii* [Description of an urgent data array on the main meteorological parameters at Russian stations], Certificate of state registration of the database no. 2014620549.

Vajgach. Ostrov arkticheskikh bogov [Vaygach. Island of the Arctic Gods] (2011) In P.V. Boyarsky (ed.), Paulsen, Moscow, Russia, 576 p.

Vasiliev, M.P. (2022) *Metody i rezul'taty rajonirovaniya territorii severo-zapadnogo regiona Rossii po velichine kompleksnogo pokazatelya pogodno-klimaticheskikh i ekologicheskikh riskov dlya ekosistem* [Methods and results of zoning the territory of the northwestern region of Russia according to the value of a complex indicator of weather, climate and environmental risks for ecosystems], Candidate's thesis, St. Petersburg, Russia, 126 p.

Volodkina, G.N., Kulikov, A.G. (2015) Vliyanie neblagopriyatnyh pogodnyh uslovij i pochvenno-klimaticheskikh faktorov na sanitarnoe sostoyanie lesov Penzenskoj oblasti [The influence of unfavorable weather conditions and soil-climatic factors on the sanitary condition of forests in the Penza region], *Problemy i monitoring prirodnyh ekosistem*, pp. 43-48.

Volokh, A.M., Arkhipchuk, V.A., Gulai, V.I., Evtushevsky, N.N., Shevchenko, L.S. (1988) Osobennosti dinamiki chislennosti zajca-rusaka na territorii USSR [Features of the population dynamics of the brown hare on the territory of the Ukrainian SSR], *Izuchennost' teriofauny Ukrainy, ee racional'noe ispol'zovanie i ohrana*, Naukova Dumka, Kyiv, Ukraine, pp. 19-34.

Vorobyov, Yu.L., Akimov, V.A., Sokolov, Yu.I. (2003) *Katastroficheskie navodneniya nachala XXI veka: uroki i vyvody* [Catastrophic floods of the early 21st century: lessons and conclusions], DEKS-PRESS, Moscow, Russia, 352 p.

Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ihposledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii [The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation] (2014) In V.M. Kattsov, S.M. Semenov (eds.), Roshydromet, Moscow, Russia, 1009 p.

Gavrilova, S.A. (2013) *Kogda snegopad stanovitsya opasnym* [When snowfall becomes dangerous], *Priroda*, no. 8, pp. 20-27.

Galimova, R.G., Perevedentsev, Yu.P., Yamanaev, G.A. (2019) *Agroklimaticheskie resursy Respubliki Bashkortostan* [Agroclimatic resources of the Republic of Bashkortostan], *Vestnik VGU. Seriya Geografiya. Geoekologiya*, no. 3, pp. 29-39.

Gledko, Yu.A., Senkiv, K.A. (2018) *Vliyanie opasnyh gidrometeorologicheskikh yavlenij na lesnye resursy Minskoj oblasti* [The influence of hazardous hydrometeorological phenomena on the forest resources of the Minsk region], *Zhenshchiny-uchenye Belarusi i Kazahstana*, RIVSH, Minsk, Belarus, pp. 394-397.

Golubev, A.D., Kabak, A.M., Nikolskaya, N.A., Butova, G.I., Khabarova, G.V. (2013) *Ledyanoj dozhd' v Moskve, Moskovskoj oblasti i prilgayushchih oblastyah centra Evropejskoj territorii Rossii 25-26 dekabrya 2010 goda* [Ice rain in Moscow, the Moscow region and adjacent areas of the center of the European territory of Russia on December 25-26, 2010], *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra Rossijskoj Federacii*, no. 349, pp. 214-230.

GOST R 22.1.09-99. Group T58. (2000) *Gosudarstvennyj standart Rossijskoj Federacii. Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. Monitoring i prognozirovaniye lesnyh pozharov. Obshchie trebovaniya* [State standard of the Russian Federation. Safety in emergency situations. Monitoring and forecasting of forest fires. General requirements], 11 p.

Dvigalo, V.N., Melekestsev, I.V. (2009) *Geologo-geomorfologicheskie posledstviya katastroficheskikh obval'nyh i obval'no-opolznevyh processov v Kamchatskoj Doline Gejzerov (po dannym aerofotogrammetrii)* [Geological and geomorphological consequences of catastrophic rockfall and landslide processes in the Kamchatka Valley of Geysers (according to aerial photogrammetry data)], *Vulkanologiya i seismologiya*, no. 5, pp. 24-37.

Dimitriev, A.V., Shilov, M.P. (2017) *Sozdanie polukul'tur – ekologichnyj sposob povysheniya kormnosti mestoobitanij zimuyushchih i kochuyushchih ptic* [The creation of semi-cultures is an environmentally friendly way to increase the food supply of the habitats of wintering and migratory birds], *Evolucionnyye i ekologicheskie aspekty izucheniya zhivoj materii*, pp. 95-105.

Doroshkova, A.A., Teslenko, I.I. (2013) *Genezis vozniknoveniya chrezvychajnoj situacii prirodnogo proiskhozhdeniya* [The genesis of an emergency situation of natural origin], *Chrezvychajnye situacii, promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost'*, no. 1-2, pp. 117-130.

Evsheeva, N.S. (2017) *Ekologicheskaya geomorfologiya. Opasnye prirodnye processy* [Environmental geomorphology. Hazardous natural processes], TSU Publishing House, Tomsk, Russia, 278 p.

Ergina, E.I., Zhuk, V.O. (2017) Vliyanie sovremennykh tendentsiy klimata na sostoyanie erozionno opasnykh agrolandshaftov i ocenka pochvoobrazuyushchego potentsiala prirodnykh faktorov Kryma [The influence of modern climate trends on the state of erosion-hazardous agricultural landscapes and assessment of the soil-forming potential of natural factors in Crimea], *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 3 (65), pp. 175-178.

Zhurina, L.L. (2023) *Agrometeorologiya* [Agrometeorology], INFRA-M, Moscow, Russia, 350 p.

Zavyalov, N.A., Artaev, O.N., Potapov, S.K., Petrosyan, V.G. (2015) Bobry (Castor fiber) Mordovskogo zapovednika: istoriya razvitiya populyatsii, sovremennoe sostoyanie i eyo dal'nejshie perspektivy [Beavers (Castor fiber) of the Mordovian Nature Reserve: history of population development, current state and its future prospects], *Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij*, no. 8 (2), pp. 20-45.

Zamolodchikov, D.G., Shmatkov, N.M. (2011) Lesa Rossii i izmenenie klimata: smozhem li my sohranit' nashi lesa pered novoj ugrozoy? [Russian forests and climate change: can we preserve our forests against a new threat?], *Ustojchivoe lesopol'zovanie*, no. 4 (29), pp. 12-14.

Zolotokrylin, A.N., Cherenkova, E.A. (2012) Ekstremal'nye zasuhi na Evropejskoj territorii Rossii v period 1936-2010 gg. [Extreme droughts in the European territory of Russia in the period 1936-2010], *Problemy regional'noj ekologii*, no. 5, pp. 41-46.

Zonal'nye tipy biomov Rossii: Antropogennye narusheniya i estestvennye processy vosstanovleniya ekologicheskogo potentsiala landshaftov [Zonal types of biomes in Russia: Anthropogenic disturbances and natural processes of restoration of the ecological potential of landscapes] (2003) In K.M. Petrov (ed.), St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, 246 p.

Zykova, L.Yu. (1967) Materialy po ekologii, dinamike chislennosti i vzaimootnosheniyam zajca-belyaka, lisicy i rysy v Okskom zapovednike [Materials on the ecology, population dynamics and relationships of the mountain hare, fox and lynx in the Oksky Reserve], *Trudy Okskogo gosudarstvennogo zapovednika*, pp. 32-54.

Ivanyukov, K.A., Rylkov, O.V. (2015) Vliyanie abioticheskikh faktorov na chislennost' kopytnykh zhivotnykh NP «Kurshskaya kosa» [The influence of abiotic factors on the number of ungulates in the Curonian Spit National Park], *Problemy izucheniya i ohrany prirodnogo i kul'turnogo naslediya nacional'nogo parka «Kurshskaya kosa»*, pp. 51-60.

Istomina, M.N., Kocharyan, A.G., Lebedeva, I.P. (2005) Navodneniya: genesis, social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie posledstviya [Floods: genesis, socio-economic and environmental consequences], *Vodnye resursy*, vol. 32, no. 4, pp. 389-398.

Kazakova, E.N., Lobkina, V.A. (2017) Ocenka snegoopasnosti territorii ostrova Sahalin [Assessment of snow danger on the territory of Sakhalin Island], *Kriosfera Zemli*, vol. 21, no. 6, pp. 109-117.

Kazmin, V.D., Abaturov, B.D. (2009) Mekhanicheskie svoystva snezhnogo pokrova i dostupnost' podsnezhnykh kormov dlya severnogo olenya (*Rangifer tarandus*) i ovcebyka (*Ovibos moschatus*) na pastbishchah ostrova Vrangelya [Mechanical properties of snow cover and the availability of snow-covered food for reindeer (*Rangifer tarandus*) and musk ox (*Ovibos moschatus*) on pastures on Wrangel Island], *Zoologicheskij zhurnal*, vol. 88, no. 8, pp. 990-1000.

Kalinin, S.S. (2015) Vliyanie ekstremal'nykh klimaticheskikh faktorov i vesennih navodnenij na razmnozhenie gidrofil'nykh ptic v Kurganskoj oblasti [The influence of extreme climatic factors and spring floods on the reproduction of hydrophilic birds in the Kurgan region], *XIII Zyryanovskie chteniya*, KSU, Kurgan, Russia, pp. 264-266.

Kalinkin Yu.N. (2012) Faktory, ogranichivayushchiye kolichestvo kopytnykh respubliki Altay [Factors limiting the number of ungulates in the Altai Republic], *Sovremennyye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva*, no. 1, pp. 101-102.

Kanonnikova, Ye.O. (2012) Ekologicheskkiye posledstviya lavinnoy deyatelnosti dlya prirodnykh kompleksov (na primere Severo-Zapadnogo Kavkaza) [Ecological consequences of avalanche activity for natural complexes (on the example of the Northern-Western Caucasus)], *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, no. 4, pp. 324-324.

Karimova, T.Yu., Lushchekina, A.A., Neronov, V.M. (2021) Sovremennoe sostoyanie i retrospektivnyj analiz populyacij sajgaka Rossii i Kazakhstana [Current state and retrospective analysis of saiga populations in Russia and Kazakhstan], *Aridnye ekosistemy*, vol. 27, no. 2 (87), pp. 57-67.

Karpachevsky, M.L., Teplyakov, V.K., Yanitskaya, T.O., Yaroshenko, A.Yu., Belyakova, A.V., Bryukhanov, A.V., Bukvareva, E.N., Konyushatov, O.A., Korchagov, S.A., Kulyasova, A.A., Petrov, A.P., Rai, E.A., Shmatkov, N.M. (2014) *Osnovy ustojchivogo lesoupravleniya* [Fundamentals of sustainable forest management], Moscow, Russia, 266 p.

Kirilyuk, V.E., Lushchekina, A.A. (2017) Sovremennoe sostoyanie dzerena (*Procapra gutturosa: Bovidae*) v Rossii [Current status of gazelle (*Procapra gutturosa: Bovidae*) in Russia], *Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka*, vol. 2, Appendix 1, pp. 81-99.

Kiselev, A.A., Karol, I.L. (2017) Chereda pogodnykh anomalij – sluchajnost' ili zakonomernost'? [A series of weather anomalies – an accident or a pattern?], *Priroda*, no. 7, pp. 9-16.

Kobysheva, N.V., Akentyeva, E.M., Galyuk, L.P. (2015) *Klimaticheskie riski i adaptaciya k izmeneniyam i izmenchivosti klimata v tekhnicheskoy sfere* [Climate

risks and adaptation to climate change and variability in the technical field], Kirillica, St. Petersburg, Russia, 214 p.

Kolesnikov, R.A., Loktev, R.I., Sinitsky, A.I., Kamnev, Y.K., Kulikova, O.Ya. (2018) *Dejstvie ekologicheskikh faktorov, kak prichina zimnego i rannevesennego padezha oleney v seyakhinskoj tundre poluostrova Yamal* [The action of environmental factors as the cause of winter and early spring mortality of deer in the Seyakha tundra of the Yamal Peninsula], *Nauchnyj vestnik Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga*, no. 3, pp. 38-45.

Kononova, N.K. (2017) *Harakteristika ekstremal'nyh zasuh konca XX veka* [Characteristics of extreme droughts at the end of the twentieth century], *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, vol. 3, no. 1, pp. 35-65.

Korobov, R., Trombitsky, I., Syrodov, G., Andreev, A. (2014) *Uyazvimost' k izmeneniyu klimata: Moldavskaya chast' bassejna Dnestra* [Vulnerability to climate change: Moldavian part of the Dniester basin], Kishinev, Moldova, 336 p.

Krylenko, V.V., Lipka, O.N., Aleynikova, A.M. (2012) *Analiz ustojchivosti estestvennyh i tekhnogennyh landshaftov Chernomorskogo poberezh'ya Rossii k vozdeystviyu livnej ekstremal'noj intensivnosti (na primere livnya 6-7 iyulya 2012 g.)* [Analysis of the resistance of natural and man-made landscapes of the Black Sea coast of Russia to the effects of extreme rainstorms (using the example of the rainstorm on July 6-7, 2012)], *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, no. 4, pp. 82-92.

Kuzmin, S.B. (2019) *Opasnye prirodnye processy v Rossijskoj Federacii* [Hazardous natural processes in the Russian Federation], *Problemy analiza riska*, vol. 16, no. 2, pp. 10-35.

Levitskaya, N.G. (2015) *Kratkij kurs lekcij po discipline «Agrometeorologiya» dlya studentov 2 kursa napravleniya podgotovki 20.03.02 Prirodoobustrojstvo i vodopol'zovanie* [A short course of lectures on the discipline «Agrometeorology» for 2nd year students in the direction of preparation 03/20/02 Environmental management and water use], Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, 49 p.

Lipka, O.N. (2023) *Raspredelenie opasnyh gidrometeorologicheskikh yavlenij i ih posledstvij po biomam v Rossii, ih parametry* [Distribution of hazardous hydrometeorological phenomena and their consequences across biomes in Russia, their parameters], Certificate of state database registration no. 2023621809.

Lipka, O.N. (2022) *Ocenka riska dlya prirodnyh sistem Rossii, svyazannogo s opasnymi meteorologicheskimi yavleniyami* [Risk assessment for natural systems of Russia associated with hazardous meteorological phenomena], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 8, no. 3, pp. 52-73.

Losev, A.P., Zhurina, L.L. (2001) *Agrometeorologiya* [Agrometeorology], Kolos, Moscow, Russia, 301 p.

Lukyanova, S.A., Solovyova, G.D. (2009) Abraziya morskikh beregov Rossii [Abrasion of the sea coasts of Russia], *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, no. 4, pp. 40-44.

Magazova, L.N., Merker, V.V. (2005) Vliyanie ekstremal'nykh klimaticheskikh usloviy na sostoyanie drevesnykh nasazhdenij g. Chelyabinska [The influence of extreme climatic conditions on the state of tree plantations in Chelyabinsk], *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, vol. 12, no. 1, pp. 126-131.

Makarov, S.A., Cherkashina, A.A., Atutova, Zh.V., Bardash, A.V., Voropai, N.N., Kichigina, N.V., Mutin, B.F., Osipova, O.P., Ukhova, N.N. (2014) *Katastroficheskie selevye potoki, proizoshedshie v poselke Arshan Tunkinskogo rajona Respubliki Buryatiya 28 iyunya 2014 g.* [Catastrophic mudflows that occurred in the village of Arshan, Tunkinsky district of the Republic of Buryatia on June 28, 2014], Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia, 111 p.

Malovichko, L.V. (1999) Sovremennoe sostoyanie i prichiny sokrashcheniya chislennosti sizovoronki (*Coracias garrulus*) [Current status and reasons for the decline in the roller population (*Coracias garrulus*)], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, no. 68, pp. 17-23.

Malovichko, L.V., Konstantinov, V.M., Miklyaeva, M.A. (2016) Vliyanie vesennego pohlodaniya na povedenie ptic [The influence of spring cooling on the behavior of birds], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, vol. 25, no. 1382, pp. 4991-4994.

Matveev, A.V., Zernitskaya, V.P., Nechiporenko, L.A. (2018) Osnovnyye faktory proyavleniya opasnykh prirodnykh i prirodno-antropogennykh processov litosfernogo klassa na territorii Belarusi [The main factors in the manifestation of dangerous natural and natural-anthropogenic processes of the lithospheric class on the territory of Belarus], *Vestnik Brestskogo yuniversiteta. Seriya 5. Himiya. Biyologiya. Navuki ab zyamli*, no. 1, pp. 78-87.

Makhinov, A.N., Kim, V., Ostroukhov, A.V., Matveenko, D.V. (2019) Krupnyj opolzen' v doline reki Bureya i cunami v vodohranilishche Burejskoj GES [Large landslide in the Bureya River valley and tsunami in the reservoir of the Bureya Hydroelectric Power Station], *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk*, no. 2 (204), pp. 35-44.

Mikhailov, L.A., Solomin, V.P. (2008) *Chrezvychajnye situacii prirodnogo, tekhnogennogo i social'nogo haraktera i zashchita ot nih* [Emergencies of a natural, man-made and social nature and protection from them], Peter, St. Petersburg, Russia, 235 p.

Naniyev, V.I. (1962) O gibeli vostochnokavkazskikh turov ot snezhnykh obvalov vo vremya migratsiy [On the death of East Caucasian turs from snow avalanches during migrations], *Migratsii zhivotnykh*, no. 3, pp. 37-39.

Nasimovich, A.A. (1955) *Rol' rezhima snezhnogo pokrova v zhizni kopytnykh zhivotnykh na territorii SSSR* [The role of snow cover in the life of ungulates on the

territory of the USSR], Publishing House Acad. Sciences of the USSR, Moscow, USSR, 404 p.

Naumov, P.P. (2014) *Prichiny istoricheskogo dinamizma areala i chislennosti sobolya v Rossii, Gumanitarnye aspekty ohoty i ohotnich'ego hozyajstva* [Reasons for the historical dynamism of the range and number of Siberian sable in Russia], Gumanitarnye aspekty ohoty i ohotnich'ego hozyajstva, Irkutsk State Agricultural Academy, Irkutsk, Russia, pp. 14-24.

Nacional'nyj atlas Rossii. T. 2. Priroda. Ekologiya [National Atlas of Russia. t. 2. Nature. Ecology] (2007) Roskartografiya, Moscow, Russia, 496 p.

Nesterov, V.G. (1949) *Obshchee lesovodstvo* [General forestry], Goslesbumizdat, Moscow-Leningrad, Russia, 664 p.

Nikolaev, D.K., Glazunov, Yu.B. (2010) Osobennosti povrezhdeniya snegolomom drevostoev sosny i eli [Features of snowbreak damage to pine and spruce stands], *Lesnoj vestnik. Forestry bulletin*, no. 3, pp. 157-164.

Nikolkina, I.F., Didenkulova, I.I., Pelinovsky, E.N., Shurgalina, E.G., Naumov, A.A., Pankratov, A.S., Ruvinskaya, E.A. (2013) Potencial'no opasnye opolznevye zony na beregah vodoemov Nizhegorodskoj oblasti [Potentially dangerous landslide zones on the banks of reservoirs in the Nizhny Novgorod region], *Trudy NGTU im. R. E Alekseeva*, no. 4 (101), pp. 157-166.

Orlov, E.A., Chernov, K.A. (2019) Rezul'taty vypolneniya avariynovosstanovitel'nyh rabot i analiz medicinskogo obespecheniya v hode likvidacii navodneniya na territorii Irkutskoj oblasti aeromobil'noj gruppoj Tul'skogo spasatel'nogo centra MCHS Rossii (s 6 iyulya po 15 avgusta 2019 g.) [Results of emergency recovery work and analysis of medical support during flood liquidation in the Irkutsk region by the airmobile group of the Tula Rescue Center of the Ministry of Emergency Situations of Russia (from July 6 to August 15, 2019)], *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychnykh situacijah*, no. 3, pp. 52-58.

Perov, V.F. (2012) *Selevedenie* [Mudflow studies], Geographical Faculty of Moscow State University, Moscow, Russia, 272 p.

Petina, V.I., Gaivoronskaya, N.I., Belousova, L.I. (2009) Formirovanie i razvitie opolznevnyh processov na territorii Belgorodskoj oblasti [Formation and development of landslide processes on the territory of the Belgorod region], *Regional'nye geosistemy*, vol. 9, no. 11 (66), pp. 126-132.

Pechenkina, E.I. (2017) Rasprostranenie prodolzhitel'noj anomal'no zharkoj pogody na territorii Zapadnoj Sibiri v teplyj period [Distribution of prolonged abnormally hot weather in Western Siberia during the warm period], *Sovremennye problemy geografii i geologii, k 100-letiyu otkrytiya estestvennogo otdeleniya v Tomskom gosudarstvennom universitete*, TSU, Tomsk, Russia, pp. 88-91.

Pogrebnyak, P.S. (1968) *Obshchee lesovodstvo* [General forestry], Kolos, Moscow, USSR, 440 p.

Ponomareva, T.S. (2023) *Vozdejstvie razlichnyh faktorov na uspešnost' gnezdovaniya bulanogo v'yurka Rhodospiza obsoleta v pustyne* [The impact of various factors on the nesting success of the dun finch *Rhodospiza obsoleta* in the desert], *Russkij ornitologičeskij zhurnal*, vol. 32, no. 2298, pp. 1789-1793.

Razuvaev, V.N., Bulygina, O.N., Korshunova, N.N., Kleshchenko, L.K., Kuznetsova, V.N., Trofimenko, L.T., Sherstyukov, A.B., Shvets, N.V., Davletshin, S.G., Zvereva, G.N. (2020) *Nauchno-prikladnoj spravocnik «Klimat Rossii»* [Scientific and applied reference book «Climate of Russia»], Certificate of state registration no. 2020621470.

RD 52.04.563-2002 (2002) *Rukovodyashchij dokument. Instrukciya Kriterii opasnyh gidrometeorologičeskijh javlenij i poryadok podachi shtormovogo soobshcheniya* [Guiding document. Instructions: Criteria for dangerous hydrometeorological phenomena and the procedure for submitting storm messages], Gidrometizdat, St. Petersburg, Russia, 33 p.

RD 52.27.724-2019 (2019) *Rukovodyashchij dokument. Nastavlenie po kratkosrochnym prognozam pogody obshchego naznacheniya* [Guiding document. Manual on short-term weather forecasts for general purposes], Hydrometeorological Center of Russia, Moscow, Russia, 72 p.

RD 52.88.699-2008 (2008) *Rukovodyashchij dokument. Polozhenie o poryadke dejstvij uchrezhdenij i organizacij pri ugroze vozniknoveniya i vozniknovenii opasnyh prirodnyh javlenij* [Guiding document. Regulations on the procedure for actions of institutions and organizations in the event of the threat and occurrence of hazardous natural phenomena], Roshydromet, Moscow, Russia, 33 p.

Revutskaya, O.L. (2009) *Analiz vliyaniya vysoty snezhnogo pokrova na dinamiku čislennosti dikih kopytnyh (na primere Evrejskoj avtonomnoj oblasti)* [Analysis of the influence of snow depth on the dynamics of the number of wild ungulates (using the example of the Jewish Autonomous Region)], *Regional'nye problemy*, no. 12, pp. 8-15.

Roshydromet (2012) *Metody ocenki posledstvij izmeneniya klimata dlya fizičeskijh i biologičeskijh sistem* [Methods for assessing the consequences of climate change for physical and biological systems], in S.M. Semenov (ed.), Roshydromet, Moscow, Russia, 512 p.

Runova, E.M., Tkach, P.V. (2014) *Vliyanie pogodnyh uslovij i sibirskogo shelkopyrada na sanitarnoe sostoyanie lesov Irkutskoj oblasti* [The influence of weather conditions and the Siberian silkworm on the sanitary condition of forests in the Irkutsk region], *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, no. 38, pp. 123-125.

Sangadzhiev, M.M., Sangadzhieva, R.S., Sangadzhieva, A.S., Sangadzhieva, E.S., Lidzhieva, B.A. (2021) *Opasnye prirodnye javleniya: vliyanie dinamiki gidrosfery na klimat stepnyh i pustynnyh zon Kalmykii* [Hazardous natural phenomena: the influence of hydrosphere dynamics on the climate of steppe and desert zones of Kalmykia], *Moskovskij ekonomičeskij zhurnal*, no. 6, pp. 248-255.

Skvortsova, E.B., Ulanova, N.G., Basevich, V.F. (1983) *Ekologicheskaya rol' vetrovalov* [The ecological role of windblows], *Lesnaya promyshlennost'*, Moscow, Russia, 192 p.

Skrypnikova, E.B. (2008) Osobennosti gorodskih i sel'skih populyacij sizyh golubej [Features of urban and rural populations of rock pigeons], *Lesnoj vestnik. Forestry bulletin*, no. 2, pp. 56-56.

Slizhe, M.O., Semenova, I.G. (2017) Suhovejnye periody razlichnoj prodolzhitel'nosti v Ukraine v nachale XXI veka [Dry periods of various durations in Ukraine at the beginning of the 21st century], *Saharovskie chteniya 2017 goda, ekologicheskie problemy XXI veka*, Information Computing Center of the Ministry of Finance, Minsk, Belarus, pp. 179-180.

Sludsky, A.A. (2020) Rol' stihijnyh bedstvij v dinamike chislenosti ptic v Kazahstane [The role of natural disasters in the dynamics of bird numbers in Kazakhstan], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, vol. 29, no. 1901, pp. 1287-1290.

Solovyov, A.N., Shikhova, T.G., Busygin, E.I. (2015) Zhiznedeyatel'nost' zhiivotnyh srednih shirot vostoka Russkoj ravniny v usloviyah pogodno-klimaticheskikh anomalij [Life activity of animals in the middle latitudes of the eastern Russian Plain under conditions of weather and climate anomalies], *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, no. 2, pp. 137-151.

SP 115.13330.2016. *Geofizika opasnykh prirodnykh vozdeystviy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 22-01-95. Izdaniye ofitsial'noye* [SP 115.13330.2016. Geophysics of hazardous natural impacts. Updated edition of SNIp 22-01-95. Official edition] (2018) Moscow, Ministry of Russia, Standartinform, 36 p.

Spravochnik po opasnym prirodnyim yavleniyam v respublikah, krayah i oblastyakh Rossijskoj Federacii [Handbook of natural hazards in the republics, territories and regions of the Russian Federation] (1997) Gidrometeoizdat, St. Petersburg, Russia, 588 p.

Surina, E.A., Senkov, A.O. (2015) Sostoyanie el'nikov Arhangel'skoj oblasti v usloviyah menyayushchegosya klimata [The state of spruce forests in the Arkhangelsk region in a changing climate], *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, no. 43, pp. 45-48.

Tishkov, A.A. (1979) Estestvennaya i antropogennaya dinamika elovyyh lesov Valdai [Natural and anthropogenic dynamics of spruce forests of Valdai], *Organizatsiya ekosistem el'nikov yuzhnoj tajgi*, pp. 30-69.

Tkachenko, M.E. (1952) *Obshchee lesovodstvo* [General forestry], Goslesbumizdat, Moscow-Leningrad, USSR, 600 p.

Tretij ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii [Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation] (2022) In V.M. Kattsov (ed.), *Naukoemkie tekhnologii*, St. Petersburg, Russia, 676 p.

Uvarchev L. (2024) Uroven' Urala v Orenburge na 130 sm prevysil kriticheskiy, v Orske voda otstupayet [The level of Ural River in Orenburg exceeded the critical level by 130 cm, the water level in Orsk is going down], *Kommersant*, Electronic resource, URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6636328> (accessed April 30, 2024).

FAO (2020) *Rukovodstvo po trem vidam stadnyh saranchovyh na Kavkazeiv Central'noj Azii. Biologiya, ekologiya i povedenie* [Guide to three gregarious locust species in the Caucasus and Central Asia. Biology, ecology and behavior], FAO, Rome, Italy, 59 p.

FGBU «Gidrospetsgeologiya» (2022) *Karta aktivnosti opolznevogo protsessa na territorii Rossiyskoy Federatsii po sostoyaniyu na 01.11.2022 g.* [Map of landslide process activity on the territory of the Russian Federation as of November 1, 2022], M. 1: 25 000 000 Gidrospetsgeologiya, Moscow, Russia.

Fisinin, V.I., Kavtarashvili, A.Sh. (2015) Teplovoj stress u pticy. Soobshchenie I. Opasnost', fiziologicheskie izmeneniya v organizme, priznaki i proyavleniya [Heat stress in poultry. Message I. Danger, physiological changes in the body, signs and manifestations], *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, no. 2, pp. 162-171.

Formozov, A.N. (2010a) O zimnem obraze zhizni teterevinyh ptic [On the winter lifestyle of grouse birds], *Russkij ornitologicheskij zhurnal*, vol. 19, no. 609, pp. 1981-1991.

Formozov, A.N. (2010b) *Snezhnyj pokrov v zhizni mlekopitayushchih i ptic* [Snow cover in the life of mammals and birds], URSS, Moscow, Russia, 288 p.

Formozov, A.N. (1990) *Snezhnyj pokrov kak faktor sredy, ego znachenie v zhizni mlekopitayushchih i ptic SSSR* [Snow cover as an environmental factor, its significance in the life of mammals and birds of the USSR], MSU, Moscow, Russia, 287 p.

Shamin, S.I., Bukhonova, L.K., Sanina, A.T. (2022) *Svedeniya ob opasnyh i neblagopriyatnyh gidrometeorologicheskikh yavleniyah, kotorye nanesli material'nyj i social'nyj ushcherb na territorii Rossii* [Information about dangerous and unfavorable hydrometeorological phenomena that caused material and social damage on the territory of Russia], Certificate of state registration of the database no. 2019621326.

Shikhov A.N., Chernokul'skiy A.V., Kalinin N.A., P'yankov S.V. (2023) *Vetrovaly v lesnoy zone Rossii i usloviya ikh vozniknoveniya* [Windfalls in the forest zone of Russia and the conditions for their occurrence], Perm' State National Research University, Perm', Russia, 284 p.

Tsuberbiller, E.A. (1966) *Suhovei, ih agrometeorologicheskaya sushchnost' i puti bor'by s nimi* [Dry winds, their agrometeorological essence and ways to combat them], extended abstract of Doctor's thesis, Hydrometeorological Center of the USSR, Moscow, USSR, 114 p.

Cherenkova, E.A. (2015) Kolichestvennye ocenki atmosferynyh zasuh v federal'nyh okrugah Evropejskoj territorii Rossii [Quantitative assessments of atmospheric droughts in the federal districts of the European territory of Russia], *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, no. 6, pp. 76-85.

Chernyshev, V.B. (1996) *Ekologiya nasekomyh* [Ecology of insects], MSU, Moscow, Russia, 304 p.

Enciklopediya lesnogo hozyajstva [Encyclopedia of Forestry] (2006) VNIILM, Moscow, Russia, vol. 1, 424 p.

Ameca, E.I., Mace, G.M., Cowlshaw, G., Pettorelli, N. (2019) Relative vulnerability to hurricane disturbance for endangered mammals in Mexico: a call for adaptation strategies under uncertainty, *Animal Conservation*, vol. 22, no. 3, pp. 262-273.

Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J., Bowman, D.M. (2015) Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013, *Nature Communications*, vol. 6, p. 7537.

Spearman, C. (1904) The Proof and Measurement of Association between Two Things, *The American Journal of Psychology*, vol. 15, no. 1, pp. 72-101.

Wunderle, Jr.J.M., Wiley, J.W. (1996) Effects of hurricanes on wildlife: implications and strategies for management, *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*, vol. 6, pp. 253-264.

Статья поступила в редакцию (Received): 11.02.2024;

Статья доработана после рецензирования (Revised): 25.03.2024;

Принята к публикации (Accepted): 08.08.2024.

Для цитирования / For citation

Липка, О.Н., Андреева, А.П., Стишкина, С.А. (2024) Подверженность природных систем суши опасным гидрометеорологическим явлениям и пороговые значения их воздействий, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 10, № 3, с. 329-377, doi:10.21513/2410-8758-2024-3-329-377.

Lipka, O.N., Andreeva, A.P., Stishkina, S.A. (2024) Exposure of natural terrestrial systems to hazardous climate events and thresholds of their impacts, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 10, no. 3, pp. 329-377, doi:10.21513/2410-8758-2024-3-329-377.