DOI: 10.21513/0207-2564-2023-2-178-223 УДК: 551.582

Оценка климатических рисков для территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

О.Н. Липка [1)], А.Ю. Богданович [1)], А.П. Андреева [1)], А.С. Караваева [1),2)], С.В. Крыленко [1)], А.М. Седова[1)]*

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

[2)] Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Адрес для переписки: *olipka@mail.ru*

Реферат. Для оценки климатических рисков в рамках разработки региональных планов адаптации к изменениям климата рекомендовано использовать методики Паспорта климатической безопасности (Минприроды России) (далее – Минприроды) и Оценки климатических рисков (Минэкономразвития России)(далее – Минэкономразвития). Для Ханты-Мансийского автономного округа списки выявленных угроз близки, включают опасные гидрометеорологические явления и их последствия, а также прогнозы изменений климата до середины и конца XXI века. В качестве наиболее разрушительного явления выделяются половодья (для 37 населенных пунктов целесообразно переселение жителей), но также характерны опасные явления, связанные с высокими температурами и засушливостью. Площадь, пройденная огнем, может достигать 120-140 тыс. га. По оценке с использованием методики Минэкономразвития, 7 явлений (оползни; суффозия; эрозия плоскостная и овражная; наводнение; ураганы; смерчи; сильный ветер; жара; засуха) периодически достигают катастрофического уровня. По подверженности и уязвимости опасным явлениям наблюдаются заметные различия между западной гористой частью округа (6%) и низменной выравненной основной территорией. Возможный экономический ущерб от клима-тических рисков может составлять от 1.4 до 4.6 млрд руб. в год. Обе методики нуждаются в доработке. Необходимо более четко определить объ-екты, для которых оцениваются риски (на территории региона их насчиты-вается от 1.5 до 3 тыс.), провести инвентаризацию и создать систему сбора информации об ущербах в связи с опасными гидрометеорологическими явлениями. Уровни опасности по методике Минэкономразвития для засухи, подтопления, сильного ветра, осадков и пожарной опасности могут быть занижены.

Ключевые слова. Изменение климата, климатические риски, опасные гидрометеорологические явления, паспорт климатической безопасности, региональный план адаптации, ХМАО.

Assessment of climate-related risks for the territory of Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra

O.N. Lipka[1)], A.Yu. Bogdanovich[1)], A.P. Andreeva[1)], A.S. Karavaeva[1), 2)], S.V. Krylenko[1)], A.M. Sedova[1)],*

[1)]Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya st., 107258, Moscow, Russian Federation

[2)]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
49, Timiryazevskaya st., 127434, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: *olipka@mail.ru*

Abstract. It is recommended to use the methods of the Climate Safety Data Sheet (Ministry of Natural Resources Russian Federation) and the Climate Risk Assessment (Ministry of Economic Development Russian Federation) to assess climate risks as part of the regional climate change adaptation plan development. For the Khanty-Mansiysk autonomous okrug, the lists of identified threats are similar, including dangerous hydrometeorological phenomena and their consequences, as well as forecasts of climate change until the middle and end of the 21st century. Floods are the most destructive phenomenon (for 37 settlements it is advisable to resettle residents), but dangerous phenomena associated with high temperatures and aridity are also manifested. The fire-burned area in dry years can reach 120-140 thousand hectares. 7 phenomena (landslides; suffusion; flat and ravine erosion; flood; hurricanes, tornadoes, strong wind; heat; drought) periodically reach a catastrophic level. In terms of exposure and vulnerability to hazards, there are marked differences between the western mountainous part of the Okrug (6%) and the low-lying flattened main area. Possible economic damage from climate risks can vary from 1.4 to 4.6 billion rubles in year. Both methods need to be improved. It is necessary to more clearly define the objects for which risks are assessed (there are from 1.5 to 3 thousand of them in the region), conduct an inventory and create a system for collecting information on damages due to dangerous hydrometeorological phenomena. The level of danger according to the methodology of the Ministry of Economic Development for drought, flooding, strong winds, precipitation and fire hazard can be underestimated.

Keywords. Surface air temperature, precipitation, wind speed, minimum air temperature, maximum air temperature, frequency of intense precipitation, duration of dry periods.

Введение

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО) расположен в центральной части Западно-Сибирской низменности. Его северная граница проходит южнее полярного круга, но территория относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям (постановление Правительства РФ, 2021). При низкой численности населения (1 675.3 тыс. чел.) округ является основным нефтегазоносным районом России (41.2% общероссийской добычи нефти) и одним из крупнейших нефтедобывающих регионов мира (Доклад об экологической ситуации, 2022).

Изменения климата проявляются на территории ХМАО с конца прошлого века как в увеличении среднегодовой и сезонной температуры воздуха, так и по ряду других параметров, включая экстремальные явления (Доклад об особенностях климата..., 2022; Третий оценочный…, 2022). Для округа характерно островное распространение многолетнемерзлых пород (Атлас ХМАО, 2004), что делает его менее уязвимым к деградации мерзлоты по сравнению с ЯНАО. Вместе с тем, низменная, равнинная территория с густой гидрографической сетью в месте слияния Оби и Иртыша подвержена комплексу опасных гидрометеорологических явлений. Крайняя западная часть округа включает восточный макросклон Уральских гор со свойственными им опасными явлениями (сели, оползни, лавины и др.). По данным статистики, в ХМАО регулярно возникают чрезвычайные ситуации природного характера, которые обусловлены длительной суровой зимой, весенним половодьем на реках округа и лесными пожарами в весеннее-летний период (Соколов, Кузнецова, 2019).

Как и другие регионы страны, ХМАО испытывает дефицит адаптации, который в меняющемся климате будет усиливаться, если не применять соответствующие меры (Третий оценочный…, 2022; Глобальное изменение климата …, 2021). Недоучет климатических рисков может приводить также к техногенным катастрофам, которые наносят значительный ущерб природе, экономике и здоровью населения.

Эффективность адаптационных мер зависит от правильности оценки воздействий опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений и их последствий, включая прогнозы изменений климата, которые входят в понятие климатического риска для конкретной территории. Принятие решений в конкретной ситуации основывается на сопоставлении информации об уязвимости важных объектов, размерах ущербов при отсутствии мер адаптации и стоимости реализации различных вариантов адаптационных мер.

Для подготовки региональных планов адаптации к изменениям климата в качестве методологической основы двумя министерствами практически одновременно были изданы нормативные документы: приказ Минэкономразвития России № 267 от 13.05.2021 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» (включает методические рекомендации по оценке климатических рисков, в том числе для территорий) и распоряжение Минприроды России от 19.05.2021 № 16-р «Об утверждении Типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации». Теоретически, оценка климатических рисков по формату Минэкономразвития может быть выполнена на основе информации, обобщенной в паспорте климатической безопасности. Однако на практике регионы, и ХМАО в том числе, столкнулись с трудностями, связанными как с форматами подачи информации, так и с методологическими различиями двух подходов по оценке климатических рисков.

Целью данного исследования является оценка климатических рисков для территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры с применением двух утвержденных методик и сравнение предложенных подходов.

Для достижения цели решались следующие задачи:

– сравнение терминов, относящихся к климатическим рискам, в предложенных методиках с используемыми Росгидрометом и Межправительственной группой экспертов по изменению климата;

– оценка климатических рисков по методике Минприроды России;

– оценка климатических рисков по методике Минэкономразвития России;

– сравнение результатов оценок;

– выявление несовершенств и трудностей при использовании утвержденных методик, устранение которых повысит эффективность применения методик для разработки планов адаптации.

Методы и материалы

Классическое определение риска, связанного с климатообусловленными воздействиями, приведено в работах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2014). В нем климатический риск определяется как сочетание климатических угроз (Hazards), которые включают опасные явления и тенденции, с уязвимостью (Vulnerability) и подверженностью (Exposure) антропогенных и природных систем. В данном контексте «угроза» – потенциальное возникновение естественного или вызванного человеком физического события или тренда, которые могут привести к гибели людей, травмам или другим воздействиям на здоровье, а также к утрате/ущербу в отношении имущества, инфраструктуры, средств к существованию, экосистемных услуг, экосистем и природных ресурсов»; «подверженность» – присутствие людей, средств к существованию, видов или экосистем, экологических функций, услуг и ресурсов, инфраструктуры, а также экономических, социальных или культурных ценностей в местах и ситуациях, в которых они могут быть подвержены отрицательным воздействиям»; и «уязвимость» – склонность или предрасположенность к неблагоприятным последствиям. Уязвимость охватывает множество понятий и элементов, в том числе чувствительность или подверженность вреду и недостаток способности противостоять воздействию и адаптироваться» (IPCC, 2014).

В соответствии с Федеральным законом «О гидрометеорологической службе» (113-ФЗ, 1998): «опасное природное явление – гидрометеорологическое или гелиогеофизическое явление, которое по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может наносить значительный материальный ущерб». По смыслу данное определение близко к приведенному выше термину «угроза» В руководящих документах РД 52.27.724-2019 (2019) и РД 52.88.699-2008 (2008) Росгидромета представлены типовые перечни метеорологических, агрометеорологических, гидрологических и морских гидрометеорологических опасных явлений и закреплены их критерии. На сайте Обь-Иртышского УГМС опубликованы перечни опасных явлений, возможных на территории ХМАО, а также их региональные критерии (Перечень и критерии…, 2014).

Опасные гидрометеорологические явления относятся к природным чрезвычайным ситуациям, по определению МЧС России (Атлас природных и техногенных…, 2010).

Разработка паспорта климатической безопасности (распоряжение Минприроды России…, 2021) является важным этапом адаптации региона России к изме-нениям климата (Национальный план…, 2019). В соответствии с методикой документ включает основные гидрометеорологические характеристики субъекта РФ: температура приземного воздуха, относительная и абсолютная влажность приземного воздуха; количество атмосферных осадков; скорость и направление приземного ветра; расход воды основных рек; повторяемость интенсивных осадков (число дней в году с осадками не менее 10 мм); продолжительность сухих периодов (максимальное число последовательных дней в году с осадками менее 1 мм); продолжительность залегания снежного покрова; повторяемость опасных и особо опасных явлений (распоряжение Минприроды России…, 2021).

Наблюдаемые изменения климатических характеристик даются максимально подробно за период начиная с 1960-х гг. (но не позднее, чем с середины 1971-х гг.): радиационный режим; термический режим воздуха; термический режим почвы, включая состояние многолетней мерзлоты (при наличии) и ее температурный режим, сезонно-талый слой; режим увлажнения; снежный покров; лавиноопасность; ветровой режим; атмосферные метеорологические явления; опасные гидрометеорологические явления (повторяемость, интенсивность, площадь охвата, распределение по территории); гидрологические характеристики водных объектов (реки: расходы воды, характерные уровни); водохранилища и озера; море: характеристики ветрового волнения; температура, соленость и плотность морской воды; режим течений; ледяной покров) (распоряжение Минприроды России…, 2021).

В паспорт также включается информация об изменении спектра важных для региона показателей: уровень моря, таяние материкового льда (включая деградацию многолетнемерзлых пород), засоление почв, рост пожароопасности, оценка состояния лесных экосистем и земельных угодий, их динамика и прогноз состояния (деградации лесов и земель, уменьшении биоразнообразия, опустынивании, изменения состояния популяций растений и животных, включенных в Красную книгу Российской Федерации, а также имеющих социально-экономическое значение) (распоряжение Минприроды России…, 2021). Из них к опасным метеорологическим явлениям относится только одно – рост пожарной опасности. Изменение уровня моря, таяние материкового льда являются медленными процессами, связанными с изменениями климата, но остальные перечисленные показатели могут быть в гораздо большей степени связаны с прямым антропогенным воздействием, в том числе с переводом земель из одной категории в другую. Вклад опасных гидрометеорологических явлений, например, в изменение биологического разнообразия, требует специальных глубоких исследований.

В паспорт включается информация о наиболее значимых и уязвимых объектах социально-экономической сферы, формируются оценки экономического ущерба, обусловленного воздействием погодно-климатических факторов (распоряжение Минприроды России…, 2021).

Также паспорт климатической безопасности содержит сведения о прогнозной (сценарной) оценке изменений климатических характеристик до середины XXI века, включая количественные оценки неопределенности прогнозов.

Завершает характеристику региона оценка риска для населения (включая отдельные его группы) и хозяйственных объектов территории субъекта Российской Федерации, подверженных негативному воздействию погодно-климатических факторов. При этом риск рассчитывается как произведение вероятности негативного воздействия погодно-климатических факторов на степень защищенности (уязвимости) населения и хозяйственных объектов территории к указанному воздействию, которая (степень уязвимости) определяется как доля от нормативно установленного значения защищенности, принимаемого за единицу или 100% (распоряжение Минприроды России…, 2021).

Введение вероятностной оценки в понятие риска вполне оправдано в дополнение к классическим категориям угроза-подверженность-уязвимость (как дополнительная характеристика угрозы). При этом нет упоминания силы воздействия. Например, ветер может наносить ущерб объектам лесного хозяйства при скорости 10-15 м/с, что гораздо ниже порогового значения опасного метеорологического явления, установленного УГМС. Вызывает вопросы наличие данных о степени фактической защищенности объектов, которая может быть индивидуальной, а также сведения о нормативно установленных значениях защищенности – единого перечня значений, который можно было бы использовать для расчетов для всех предложенных категорий.

Приказ Минэкономразвития (2021) вводит набор ключевых терминов, на которых базируется разработка региональных планов адаптации. Предложенные определения ориентированы на возможность оценки дефицита адаптации, разработку адаптационных мер и определение их эффективности в рублевом эквиваленте. С точки зрения оценки климатических рисков ключевыми являются следующие термины:

Климатический фактор (фактор климата) – параметр климатической системы, меняющийся под воздействием внутренней динамики климатической системы и (или) в силу воздействий на эту систему внешних факторов (колебания солнечной радиации, изменение химического состава атмосферы, изменение радиационных свойств поверхности и т.д.).

Уязвимость – склонность или предрасположенность к неблагоприятному воздействию, включая чувствительность или восприимчивость к ущербу и ограниченную способность адаптироваться.

Объект воздействия – компонент антропогенной или природной системы, функционирование которого зависит от фактора (факторов) климата.

Климатический риск – совместная характеристика вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия (в виде вреда или ущерба) на объект этого воздействия, которая выражается в величине ущерба (в натуральном и (или) стоимостном выражении), характерного для повторяемости заданных значений опасного климатического фактора.

Подверженность – степень влияния на объект воздействия опасного для этого объекта климатического фактора (приказ Минэкономразвития…, 2021).

Понятие климатического риска близко к классическому: сочетание угрозы (опасное проявление климатического фактора), подверженности (изначально рассматривается только для объектов, которые данному воздействию подвержены) и уязвимости. В отличие от определения Минприроды здесь установлены единицы измерения: стоимостной эквивалент. Другие единицы применяются, например, когда речь идет о количестве пострадавших.

«Подверженность» в методике Минэкономразвития ближе по смыслу к другому термину МГЭИК: воздействия (Impacts) – «воздействия на природные или антропогенные системы, оказываемые экстремальными погодными и климатическими явлениями и изменениями климата» (IPCC, 2014).

В методике Минэкономразвития (2021) климатические риски территорий рекомендуется оценивать по следующим источникам риска:

а) атмосфера: очень сильный ветер (в том числе ураган, шквал, смерч), засуха, заморозки, аномальная жара (холод), крупный град, аномальные атмосферные осадки, грозы, чрезвычайно высокая пожарная опасность и др. (приказ Минэкономразвития…, 2021) – отобраны некоторые опасные метеорологические и агрометеорологические явления (РД 52.27.724-2019, 2019; РД 52.88.699-2008, 2008);

б) гидросфера: наводнение (вследствие половодья, паводка, затора, зажора, сильного ливня), русловые деформации, повышение уровня Мирового океана и др. (приказ Минэкономразвития…, 2021) – опасные гидрологические явления (РД 52.88.699-2008, 2008), а также некоторые геоморфологические (русловые деформации). В отличие от большинства перечисленных явлений, которые развиваются быстро, повышение уровня Мирового океана является медленным процессом, но обладающим потенциалом существенного негативного воздействия для низменных побережий;

в) криосфера и литосфера: лавины, оползни, сели (включая гляциальные), абразия, переработка берегов (рек, водохранилищ, озер), эрозия плоскостная и овражная, водоснежные потоки, деградация многолетней мерзлоты, термоабразия, термоэрозия овражная, термокарст, пучение, солифлюкция, наледеобразование, карст, суффозия, просадочность лессовых пород, подтопление территории и др. (приказ Минэкономразвития…, 2021) – сход снежных лавин относится к опасным метеорологическим явлениям, сели – к опасным гидрологическим (РД 52.88.699-2008, 2008), остальные процессы в большей степени геоморфологические, входят в список природных опасностей и рисков МЧС (Атлас природных и техногенных…, 2010).

Для характеристики степени климатического риска региона, согласно методике Минэкономразвития, применяются различные оценки, для которых разработаны специальные табличные формы приложений (приказ Минэкономразвития…, 2021).

На первом этапе определяются пороговые значения чувствительности (работоспособности) объектов воздействия при наличии фактора (факторов) климата различной интенсивности и продолжительности (Приложение 2). То есть сопоставляются сочетание силы и продолжительности климатического фактора, при которых он переходит в категорию опасных явлений для некоего объекта воздействия.

Далее проводится ретроспективная оценка климатических рисков территорий с их распределением по уровням опасности (Приложение 4). Для этого составлен перечень из 24 явлений: оползни; сели; лавины; абразия и термоабразия; переработка берегов водохранилищ, озер; карст; суффозия; просадочность лессовых пород; подтопление территории; эрозия плоскостная и овражная; русловые деформации; термоэрозия овражная; термокарст; пучение; солифлюкция; наледеобразование; наводнение; ураганы, смерчи, сильный ветер; жара; засуха; заморозки; град; сильные атмосферные осадки; пожарная опасность в лесах (Приложение 3, приказ Минэкономразвития…, 2021). Большинство из перечисленных явлений не входят в типовой перечень опасных явлений, по которым собирает информацию и ведет статистику Росгидромет (РД 52.88.699-2008, 2008). Каждый фактор риска рекомендуется характеризовать показателями интенсивности, распространенности и продолжительности воздействия, которые позволяют идентифицировать уровень его опасности по следующим категориям: чрезвычайно опасный (катастрофический), весьма опасный, опасный и умеренно опасный в соответствии с предложенными индикаторами (Приложение 3). Для сравнения: УГМС Росгидромета определяют пороговые значения двух уровней – опасного и неблагоприятного явления (РД 52.27.724-2019, 2019; РД 52.88.699-2008, 2008).

Расчет экономического ущерба предлагается проводить в соответствии с Единой межведомственной методикой оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций, утвержденной МЧС России в 2004 г. (Единая межведомственная…, 2004). Оценка базируется на основе математического ожидания ущерба:

$$M[W, \Delta t] = a_{\text{ч}c}(\Delta t)\overline{W} = \sum_{j=1}^{m} a_{\text{чсj}}(\Delta t)\overline{W}_j,$$

где $\overline{W} = \int_0^{\infty} wf(w)dw$ – средний ущерб от ЧС; $\overline{W}_j = \int_{w_{\text{чс}_{i=1}}}^{w_{\text{чс}_i}} wf(w)dw$ – средний ущерб от ЧС j-го класса по степени тяжести; $a_{чс}(\Delta t) = \Delta_{чс}\Delta t$ – математическое ожидание числа ЧС за интервал времени; $\Delta_{чс}$ – повторяемость ЧС j-го класса по степени тяжести.

Завершают характеристику климатических рисков по методике Минэкономразвития (2021) ожидаемые изменения климата по территории в соответствии с прогнозом Росгидромета и описание прогнозируемых изменений в распределении климатических рисков территории (Приложение 4).

Нами для анализа климатических рисков по предложенным методикам использовались архивы метеорологических данных суточного и срочного разрешения, сформированные во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (далее – ВНИИГМИ-МЦД) (Булыгина и др., 2022а, б), а также любезно предоставленные специалистами ВНИИГМИ-МЦД по нашему запросу для станций Березово, Леуши, Ханты-Мансийск, Нижневартовск и Корлики. Выбранные пункты наблюдений являются репрезентативными для равнинной части ХМАО и полностью отражают ее специфику. Применялись стандартные статистические методы обработки метеорологической информации (Дегтярев и др., 2015). Для характеристики горной части округа (от 2 до 6% территории по разным оценкам) использовались литературные и картографические материалы, база данных опасных гидрометеорологических явлений, агрегированная по субъектам Федерации (Шамин и др., 2022).

Высокая степень детализации информации об опасных явлениях, их последствиях, объектах, находящихся в зоне воздействия, их уязвимости и ущербах потребовала изучения докладов и отчетов, научных материалов и публикаций, картографических материалов, данных дистанционного зондирования и баз данных, находящихся в открытом доступе. Обрабатывались сведения об опасных явлениях с начала XX века, результаты модельных прогнозов изменения климата до конца XXI века.

Для оценки площадей, подверженных опасным гидрометеорологическим явлениям на территории округа, выполнялась привязка и оцифровка картографических материалов из различных источников в программе QGIS. В качестве цифровой модели рельефа использовалась интерактивная гипсометрическая карта проекта Open Street Map (Проект Open Street Map…, 2023).

Результаты и обсуждение

При сравнении методик Минприроды и Минэкономразвития с подходами, используемыми МГЭИК и в Росгидромете, выясняется, что для региональной оценки климатических рисков используются три определения: МГЭИК, Минприроды и Минэкономразвития России. Концептуально они схожи между собой, но имеются различия в способах их характеристики и необходимых исходных данных. Термин «угроза» МГЭИК включает «опасные гидрометеорологические явления» Росгидромета, а также их последствия (что соответствует концепции Минприроды) и идентичен «опасному проявлению климатического фактора» Минэкономразвития.

Специфика сфер ответственности министерств проявляется в том, под каким углом рассматривается воздействие опасных явлений, в каком виде и какие данные они хотят получить в качестве результата оценки климатических рисков. Рассмотрим полученные данные о климатических рисках в последовательности: угрозы – подверженность – уязвимость.

Характеристика климатических рисков по методике Минприроды

Угрозы

По данным наблюдений на станциях (подробно см. в Богданович, Караваева, 2023), в базе данных опасных явлений ВНИИГМИ-МЦД (Шамин и др., 2022), по материалам Природнадзора ХМАО (Доклад об экологической ситуации…, 2022), на территории округа были подтверждены следующие опасные и неблагоприятные гидрометеорологические явления: очень сильный ветер; ураганный ветер; сильный ливень; очень сильный дождь; очень сильный снег; сильная метель; сильное гололедно-изморозевое отложение; крупный град; сильный мороз; сильный туман; сильная жара; аномально жаркая погода; ано-мально холодная погода; чрезвычайная пожароопасность; сели; лавины; наводнения. В качестве критериев опасного явления использовались данные Обь-Иртышского УГМС (Перечень и критерии…, 2014). Из них за период 1991-2021 гг. наиболее часто проявлялись: сильный ветер – 17 (один случай более 33 м/с); чрезвычайная пожароопасность – 17 случаев, а также полово-дья и паводки – 11 случаев (Шамин и др., 2022).

Максимальные значения основных метеорологических параметров за всю историю наблюдений приведены в табл. 1. На территории ХМАО воз-можны не только экстремально низкие (ниже -50°C), но и высокие (выше+35°C) температуры. Продолжительность периода температур ниже -30°C достигала на станции Березово почти 400 ч – около 16 дней (Справочник по опасным…, 1997). Повторяемость сильных морозов на территории округа в январе составляет по средней суточной температуре воздуха 15-20% (в северных и восточных районах до 30%), а по минимальной температуре воздуха возрастает до 30-37% (на севере и востоке – до 45-50%) (Булыгина и др., 2013).

Скорость ветра на всех пяти пунктах наблюдений достигает значений, наносящих существенный ущерб инфраструктуре (20 м/с и выше; табл. 1). В целом на севере округа (Березово, Казым) повторяемость скоростей ветра более 10 м/с превышает 20% в конце весны-начале лета. Значительно реже скорость ветра достигает 12 м/с, повторяемость таких ветров колеблется от 10-12% на севере округа до 3-6% на юге (Булыгина и др., 2013).

Суточное количество осадков может не только превышать среднюю месячную норму, но и приводить к опасным дождевым паводкам (табл. 1). Продолжительная и холодная зима благоприятствует накоплению снега. В ХМАО в твердом виде выпадает свыше 30% годового количества осадков, однако межгодовая изменчивость высоты снежного покрова достаточно велика: в малоснежные зимы она может быть ниже 20 см, в многоснежные – до 100 см и выше (Булыгина и др., 2013). Средняя высота снежного покрова на территории округа достигает 50-60 см, на востоке увеличивается до 80 см (Мурашко и др., 2020).

По данным пяти метеостанций, было рассчитано число дней с осадками не менее 10 мм для периодов 1961-1990 и 1991-2020 гг. Во втором климатическом периоде по сравнению с первым число дней с интенсивными осадками возросло на каждой станции. Наибольшее число дней с осадками не менее 10 мм за оба климатических периода было зафиксировано в Ханты-Мансийске (табл. 2).

Таблица 1. Абсолютный максимум *T*max и абсолютный минимум *T*min температуры воздуха (°C), максимальная скорость ветра *U*max (м/с), наибольшая сумма осадков за сутки *R*max (мм), по данным станционных наблюдений

Table 1. Absolute maximum Tmax and absolute minimum Tmin of air temperature (°C), maximum wind speed Umax (m/s), maximum daily precipitation Rmax (mm), according to station observations

Станция	*T*max	*T*min	*U*max	*R*max
Березово	+33.6	-52.8	34	78.6
Леуши	+36.4	-48.3	26	62.3
Ханты-Мансийск	+34.7	-49	24	94.7
Нижневартовск	+35.1	-53.1	27	46.8
Корлики	+36.4	-58.5	29	89.7

Таблица 2. Общее число дней с осадками не менее 10 мм, по данным станций, за периоды 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг.

Table 2. Total number of days with precipitation of at least 10 mm according to station data in 1961-1990 and 1991-2020

Период	Ханты-Мансийск	Березово	Леуши	Корлики	Нижне-вартовск
1961-1990 гг.	328	294	292	259	269
1991-2020 гг.	340	334	327	316	325

На территории округа также возможны опасные явления, связанные с дефицитом осадков. Хотя число последовательных дней в году с осадками менее 1 мм в среднем не превышает 20, максимальная продолжительность засушливых периодов может достигать 30 дней и более (Березово – 36, Леуши – 42).

Округ расположен на юге криолитозоны, на Урале и на крайнем севере ХМАО (Надымская низменность), мерзлотные процессы имеют распространение более чем на 50% площади территории (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004). Южнее многолетняя мерзлота встречается лишь в торфяных буграх пучения (Булыгина и др., 2013). По литературным данным подтверждается таяние мерзлоты в торфяных буграх плоскобугристых и крупнобугристых комплексах, что приводит к развитию термокарста с последующим формированием просадок. Усилению протаивания способствуют волны тепла и засухи (Шишконакова и др., 2016).

Для рек ХМАО характерно растянутое половодье, пониженная пропускная способность и пониженная дренирующая роль, что является одним из важных факторов переувлажнения и заболачивания территории. Сильный подпор притоков главных рек Оби и Иртыша в половодье вызывает дополнительное обводнение водораздельных территорий. Высота подъема воды колеблется от 4.5 до 7.5 м, иногда достигая 8-10 м. Реки, выходя из берегов, затапливают огромные пространства. В бассейне р. Конда паводковые воды часто сливаются с болотами, образуя единые водные системы. В некоторые годы половодье, смыкаясь с летними паводками, растягивается до осени (Арктик-Энерджи, 2013).

Опасность схода лавин, селей и водоснежных потоков на территории округа характерна только для склонов Уральских гор (6% от общей площади ХМАО). Продолжительность лавиноопасного периода обычно составляет 150-210 дней. Степень опасности схода селей и водоснежных потоков преимущественно низкая, в центральной части склонов гор достигает среднего уровня. Наиболее вероятными периодами схода селей являются июль и август, водоснежных потоков – май и июнь (Справочник по опасным…, 1997; Атлас Ханты-Мансийского…, 2004; Национальный атлас России, 2007; Атлас природных и техногенных, 2010).

Пожароопасный период в округе наступает в начале мая, его продолжительность составляет 120-140 дней (Антонов, Исаков, 2015). В последние десятилетия увеличение количества пожаров наблюдается вместе с увеличением количества пожароопасных дней в регионе. С мая по сентябрь учащаются случаи регистрации чрезвычайной пожароопасности (5 класс горимости) на территории округа (Алагулов и др., 2019; Доклад об экологической ситуации …, 2021; Шерстюков, 2021). За период с 2010 по 2020 гг. в лесах ХМАО возникло 5709 пожаров на площади 493.8 тыс. га (постановление…, 2021; Куплевацкий, Шабалина, 2020) притом, что 80% территории лесного фонда ХМАО характеризуется невысоким классом природной пожароопасности. Наиболее распространенными являются низовые пожары – до 98% общей площади (постановление…, 2021).

Прогнозы изменений климата лучше отражают динамику средних величин, чем экстремальных значений. Результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей, принявших участие в CMIP6, показали для большинства сценариев, что к концу XXI века по отношению к 1850-1900 гг. в регионе «Западная Сибирь» произойдет устойчивое повышение средней годовой температуры воздуха. Возможно также повышение максимальной и минимальной температуры воздуха на 2.4-7.3°C, увеличение на 5-18 числа дней с дней с максимальной температурой выше +35°C и незначительное сокращение максимального количества последовательно сухих дней (IPCC, 2021). Ниже в табл. 3 приведены значения для сценария SSP5-8.5, соответствующего высокому уровню выбросов парниковых газов (табл. 3; IPCC, 2021).

Как и в большинстве регионов России, для ХМАО ожидается уменьшение вероятности опасных явлений, связанных с холодовым стрессом, и увеличение для связанных с высокими температурами. Оценки изменения продолжительности засух неоднозначны. Увеличение общего количества осадков может сопровождаться увеличением суточных максимумов, что усиливает предпосылки для дождевых паводков. Об изменении рисков, связанных с половодьями, на основании используемых данных невозможно сделать четкие заключения.

Таблица 3. Изменение средних региональных значений климатических параметров относительно уровня 1850-1900 гг. при разных уровнях глобального потепления согласно сценарию SSP5-8.5 в регионе «Западная Сибирь», результаты расчета проекта CMIP6 (IPCC, 2021)

Table 3. Changes in the average regional values of climatic parameters relative to 1850-1900at different global warming level according to SSP5-8.5 scenario in the Western Siberia region, the results of CMIP6 project calculation (IPCC, 2021)

Климатические параметры	Число моделей в ансамбле	Потепление 1.5°C	Потепление 2°C	Потепление 3°C	Потепление 4°C
Температура воздуха, °C	34	+2.6	+3.5	+5.2	+6.8
Минимальная температура воздуха, °C	27	+2.9	+3.8	+5.5	+7.3
Число морозных дней	26	-17.8	-23.5	-35.2	-48.3
Максимальная температура воздуха, °C	27	+2.4	+3.1	+4.7	+6.5
Число дней с максимальной температурой выше 35°C	27	+5.1	+7.2	+12.8	+18.1
Число дней с максимальной температурой выше 40°C	27	+1.1	+2.0	+4.1	+6.9
Общее количество осадков, %	33	+6.9	+9.1	+12.0	+14.7
Максимальное число последовательно сухих дней (с осадками <1 мм)	32	-0.9	-0.5	-0.6	+0.3

Подверженность

При оценке рисков трудной задачей оказалось составление «Перечня наиболее значимых объектов экономики и социальной сферы, подверженных погодно-климатическому воздействию». Именно для них в первую очередь предполагалось оценить климатообусловленные риски, чтобы в дальнейшем планировать адаптационные мероприятия.

Так, на официальном сайте Департамента жилищно-коммунального комплекса и энергетики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры опубликован «Перечень социально значимых и критически важных объектов» (2021), включающий 3300 наименований. Из них в «Реестр социально значимых объектов и объектов жизнеобеспечения, перерывы в работе которых могут привести к критическим последствиям для потребителей» (2022) (с данными о параметрах их энергоснабжения и функционирования), вошел 1861 объект. Данные об их состоянии, конструкционных особенностях, уязвимости к тем или иным погодно-климатическим явлениям ранее не собирались. Кроме того, на территории округа находятся потенциально опасные объекты, аварии на которых могут нанести значительный ущерб, включая здоровье населения, экосистемы и экономику. Анализ ситуации осложняется тем, что большинство потенциально опасных объектов находятся в ведении коммерческих структур. В результате от оценки воздействия климатообусловленных рисков на конкретные объекты было принято решение отказаться.

До момента подготовки Паспорта климатической безопасности на территории ХМАО специальная статистика по оценке риска для населения, включая отдельные его группы, подверженные негативному воздействию природно-климатических факторов, не велась (О состоянии…, 2022). Население округа невелико – немногим более 1.5 млн. чел., из которых 93% составляет городское население и 7% – сельское (Росстат, 2021). На территории ХМАО создано 105 муниципальных образований и расположено 195 населенных пунктов (Доклад об экологической ситуации…, 2021).

Сели, оползни, лавины и воднокаменные потоки характерны для малонаселенной части округа (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004), что в значительной степени уменьшает подверженность важных объектов воздействию перечисленных опасных явлений.

Растительность ХМАО представлена сообществами лесов, болот, лугов, водоемов, горных тундр. Флора Югры насчитывает свыше 800 видов высших сосудистых растений (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004). По данным государственного лесного реестра, по состоянию на 1 января 2022 года общая площадь земель автономного округа, на которых располагаются леса, составляет 50 396.9 тыс. га (Характеристика лесного фонда…, 2022). Региональной особенностью является переувлажнение. Около 37.3% (19 913.3 тыс. га) территории округа занимают болота, преимущественно верхового и переходного типа (Доклад об экологической ситуации…, 2021). Развитию болот способствуют равнинный рельеф, тектоническое опускание, слабая дренированность территории, избыточное увлажнение, а также низкие температуры (Биоразнообразие биомов…, 2020).

Уязвимость

С точки зрения уязвимости населения, типичными для районов Крайнего Севера являются различные формы патологий, вызываемые холодом (40% всех заболеваний приезжего населения): болезни верхних дыхательных путей, бронхиты, пневмония, миозиты, тонзиллиты, грипп, ангина, невралгия. Холодовая болезнь представляет собой глубокие нарушения центральной нервной системы и периферической нервной системы и связана не только с холодом, но и с характерной для Севера погодной ситуацией – низкой температурой воздуха в сочетании с сильным ветром и высокой влажностью (Русак и др., 2013; Агаджанян, Нотова, 2009; Пашнин и др., 2013).

Индекс теплосодержания воздуха, который характеризует суммарное количество тепла единицы массы воздуха, обусловленного внутренней энергией воздуха и содержанием водяного пара в воздухе, на территории ХМАО колеблется в пределах от -3.175 ккал/кг (в Леушах) до -5.182 ккал/кг (в Нумто). То есть вся территория округа является абсолютно дискомфортной в холодный период года (Соколов, Кузнецова, 2019). Вывод подтверждается районированием территории России по природным условиям жизни населения, согласно которому ХМАО относится к условно неблагоприятной и неблагоприятной зонам природной дискомфортности (Природно-климатические условия…, 2018).

Наибольший экономический ущерб ХМАО нанесли половодья в 2007 и 2015 гг. (Ткачев, Досанов, 2020), которые усиливаются подпорными явлениями (Ткачев, 2015). По состоянию на 2011 г. был составлен перечень из 37 населенных пунктов, рекомендованных к переселению местных жителей, а для 61 пункта предлагалось строительство, укрепление или реставрация уже имеющихся водозащитных сооружений (Арктик-Энерджи, 2013). Более позднее обследование 23 населенных пунктов, расположенных на широтном участке средней Оби, показало: в 7 из них имеется полное или частичное берегоукрепление, в трех построены противопаводковые дамбы, но во всех случаях требуется реконструкция, строительство новых берегоукреплений и завершение имеющихся. В остальных населенных пунктах берегоукрепления отсутствуют. В 8 из них нецелесообразно строить берегоукрепление, но опасности эрозионной активности присутствуют, поэтому рекомендуется переселить граждан из зоны риска. В 5 населенных пунктах необходимость и целесообразность строительства берегоукрепительных сооружения подтверждена (Коркин, Исыпов, 2019).

За период половодья 2020 года на территории ХМАО было подтоплено 11 населенных пунктов. На отдельных участках федеральных автодорог образовывались области подпора тела дороги талыми водами в виду недостаточности водопропускных сооружений в местах временных и постоянных водотоков. В подобных условиях идет активное насыщение грунтов дорожной насыпи водой, что влечет за собой потерю несущей способности, просадку, увеличивая риск разрушения проезжей части (Материалы в ежегодный…, 2020).

Протаивание многолетнемерзлых пород несет опасность возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой инфраструктуры округа (Атлас ХМАО, 2004; Атлас природных и техногенных…, 2010; Третий оценочный…, 2022).

Несмотря на высокую обводненность и заболоченность территории, природные пожары ежегодно наносят ущерб природным системам. Наиболее уязвимыми являются хорошо дренируемые местообитания. В 2010-2020 гг. ежегодно возникало от 200 до 1600 очагов возгораний (главным образом по вине человека). Площадь, пройденная огнем, колебалась от 1.2-1.5 тыс. га во влажные годы до 122-144 тыс. га в засушливые (Доклад об экологической ситуации…, 2021).

По данным МЧС, на территории ХМАО ежегодно происходит более двух чрезвычайных ситуаций природного характера регионального и межрегионального уровня, что по классификации ведомства относится к высокому уровню опасности (Атлас природных и техногенных…, 2010). В большинстве случаев причиной возникновения являются опасные гидрометеорологические явления. Масштабы последствий характеризуются следующими показателями: зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного субъекта РФ (региональная) или затрагивает территорию двух и более субъектов РФ (межрегиональная), при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. руб., но не более 500 млн. руб. Аналогичный уровень опасности отмечается, например, для территории Ленинградской и Иркутской области, Краснодарского, Хабаровского и Приморского края. Однако опасность чрезвычайных ситуаций федерального уровня (с ущербом свыше 500 млн. руб.) для ХМАО ниже, чем для перечисленных регионов (Атлас природных и техногенных…, 2010).

Характеристика климатообусловленных рисков по методике Минэкономразвития

Угрозы

Пороговые значения чувствительности (работоспособности) объектов воздействия при наличии фактора (факторов) климата различной интенсивности и продолжительности являются в высокой степени индивидуальными для подверженных опасным явлениям объектов. В качестве общей оценки ситуации можно рассматривать в качестве объекта территорию ХМАО. В таком случае пороговые значения будут соответствовать критериям опасных метеорологических явлений Обь-Иртышского УГМС.

На основе данных метеостанций и литературных материалов была собрана информация и выполнена оценка для 17 климатических факторов, включающих 14 опасных метеорологических явлений (очень сильный ветер, ураганный ветер, сильный ливень, очень сильный дождь, продолжительный сильный дождь, крупный град, очень сильный снег, сильная метель, сильное гололедно-изморозевое отложение, сильный мороз, сильная жара, аномально жаркая погода, аномально холодная погода, чрезвычайная пожароопасность) и три комплекса (сильный ветер и сильный снег, сильный ветер и сильный дождь (ливень), сильный ветер и град). В таблицы вносились данные о превышении критического порога и продолжительности. Примеры для очень сильного ветра, сильного мороза и комплекса из сильного ветра и сильного дождя (ливня) см. в табл. 4-6 ниже.

Предложенная Минэкономразвития форма не всегда позволяет корректно отразить продолжительность воздействия климатического фактора в соответствии с данными наблюдений. Так, если аномально холодная погода установилась на две недели, в форме отражается продолжительность только в течение 5 дней.

Иногда при заполнении формы выявляются разночтения между типовыми и региональными критериями опасного явления. Так, для сильного мороза в руководящих документах пороговое значение для продолжительности явления не установлено (РД 52.27.724-2019, 2019; РД 52.88.699-2008, 2008), но в соответствии с региональными критериями температура ниже -45°C должна регистрироваться в течение не менее 3-х дней (Перечень и критерии…, 2014). В табл. 5 отмечена продолжительность 5 дней и 30 дней, т.к. трехдневный срок в данной форме не предусмотрен. При этом, по данным наблюдений, имеются сведения об экстремально низких температурах срочного разрешения. Соответственно, могли бы быть заполнены столбцы с продолжительностью воздействия климатического фактора для 12 и 24 часов.

Таблица 4. Значения интенсивности и продолжительность климатического фактора «сильный ветер» в формате Приложения 2 к методике Минэкономразвития (приказ Минэкономразвития…, 2021)

Table 4. Intensity and duration of the "strong wind" climatic factor in the format of Appendix 2 to the methodology of the Ministry of Economic Development (order of the Ministry of Economic Development..., 2021)

Очень сильный ветер	Возможная продолжительность воздействия климатического фактора								
	1 мин	1 час	12 часов	24 часа	5 дней	30 дней	3 месяца	6 месяцев	Год
Средняя скорость 20 м/с	+	+							
Порывы 25 м/с	+								
Средняя скорость 25 м/с	+	+							
Средняя скорость 27 м/с	+	+							
Средняя скорость 28 м/с	+	+							
Средняя скорость 30 м/с	+	+							
Средняя скорость 31 м/с	+	+							

Таблица 5. Значения интенсивности и продолжительность климатического фактора «сильный мороз» в формате Приложения 2 к методике Минэкономразвития (приказ Минэкономразвития…, 2021)

Table 5. Intensity and duration of the "strong frost" climatic factor in the format of Appendix 2 to the methodology of the Ministry of Economic Development (order of the Ministry of Economic Development ..., 2021)

Сильный мороз	Возможная продолжительность воздействия климатического фактора								
	1 мин	1 час	12 часов	24 часа	5 дней	30 дней	3 месяца	6 месяцев	Год
Ниже -45°C					+	+			
-50°C					+				
-53°C					+				
-58°C					+				

Таблица 6. Значения интенсивности и продолжительности климатического фактора для комплекса опасных явлений: «сильный ветер + сильный дождь (ливень)» в формате Приложения 2 к методике Минэкономразвития (приказ Минэкономразвития…, 2021)

Table 6. Intensity and duration of the climatic factor “complex of hazardous phenomena”: “strong wind + heavy rain (rain)” in the format of Appendix 2 to the methodology of the Ministry of Economic Development (order of the Ministry of Economic Development ..., 2021)

Сильный ветер Сильный дождь (ливень)	Возможная продолжительность воздействия климатического фактора								
	1 мин	1 час	12 часов	24 часа	5 дней	30 дней	3 месяца	6 месяцев	Год
20 м/с 21 мм	+	+							
20 м/с 75 мм	+	+							

Далее в соответствии с методикой происходит переход к другому списку из 24 климатических рисков для территории по уровням опасности (приказ Минэкономразвития…, 2021). Из них для 6 опасных метеорологических явле-ний (ураганы, смерчи, сильный ветер; жара; град; сильные атмосферные осадки; пожарная опасность в лесах) уже были охарактеризованы значения интенсивности и продолжительность климатического фактора. Для осталь-ных явлений информация собиралась в соответствии с предложенными в методике индикаторами (Приложение 3 к приказу Минэкономразвития…, 2021; табл. 7).

В той или иной степени на территории ХМАО проявляются все риски (угрозы) из предложенного Минэкономразвития списка. В большинстве случаев опасность конкретного явления варьирует по годам, некоторые отмечаются достаточно редко. В целом, реализация менее опасных явлений закономерно происходит гораздо чаще, чем катастрофических. Об одном явлении (овражной термоэрозии) не удалось собрать информацию в соответствии с требуемыми индикаторами. Опасность других может быть недооценена, т.к. информация в регионе по предложенным индикаторам ранее не собиралась и не фиксировалась.

На основе анализа собранных данных было выявлено, что в той или иной степени на территории ХМАО проявляются все 24 климатических риска. Из них 7 (оползни; суффозия; эрозия плоскостная и овражная; наводнение; ураганы, смерчи, сильный ветер; жара; засуха) периодически достигают катастрофического уровня, 12 – весьма опасного (табл. 7). Рассмотрим критерии отнесения к уровню опасности (диапазону) для каждого из климатических рисков.

Риск возникновения оползней на территории округа оценивается как «опасный» и «умеренно опасный», т.к. подверженность территории ХМАО оползням составляет менее 10% (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004) – горная часть занимает 6% площади округа. В результате развития оползневого процесса может сойти от 0.1 до 2.5 км^2 пород (Елохина и др., 2012; Абатурова и др., 2013).

Таблица 7. Распределение климатических рисков территории ХМАО по уровням опасности в формате Приложения 4 к методике Минэкономразвития (приказ Минэкономразвития…, 2021)

Table 7. Ranking of climatic risks in KhMAO by hazard levels in the format of Appendix 4 to the methodology of the Ministry of Economic Development (order of the Ministry of Economic Development ..., 2021)

	Климатические риски	Катастрофический (Чрезвычайно опасный)	Весьма опасный	Опасный	Умеренно опасный
		7	12	18	19
1	Оползни.	да	да	да	да
2	Сели	нет	нет	да	да
3	Лавины	нет	нет	да	да
4	Абразия и термоабразия	нет	да	да	да
5	Переработка берегов водохранилищ, озер	н/д	да	да	да
6	Карст	н/д	н/д	н/д	да
7	Суффозия	да	да	да	да
8	Просадочность лессовых пород	нет	нет	да	да
9	Подтопление территории	нет	да	нет	нет
10	Эрозия плоскостная и овражная	да	да	да	да
11	Русловые деформации	нет	да	да	да
12	Термоэрозия овражная	н/д	н/д	н/д	н/д
13	Термокарст	нет	да	нет	нет
14	Пучение	нет	нет	нет	да
15	Солифлюкция	нет	нет	да	нет
16	Наледеобразование	нет	нет	да	да
17	Наводнение	да	да	да	да
18	Ураганы, смерчи, сильный ветер	да	да	да	да
19	Жара	да	да	да	да
20	Засуха	да	да	да	да
21	Заморозки	нет	нет	да	да
22	Град	нет	нет	да	да
23	Сильные атмосферные осадки	нет	нет	да	да
24	Пожарная опасность в лесах	нет	нет	да	да

Сели классифицируются как «опасное» и «умеренно опасное» явление: подверженность территории сходу селей менее 10%, объем единовременного выноса селевых потоков достигает 10-50 тыс. м^3 (Справочник по опасным …, 1997; Атлас природных и техногенных…, 2010).

Аналогично степень лавинной опасности характеризуется как «опасная» и «умеренно опасная»: менее 10% территории округа подвержено сходу лавин, объем единовременного выноса снега может достигать 100 тыс. м^3 (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004).

При развитии абразии и термоабразии скорость отступания береговой линии составляет в среднем 5 м/год, максимально – 21 м/год (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004). Риск, связанный с проявлением данных процессов на территории округа, находится в диапазоне от «умеренно опасного» до «весьма опасного».

Скорость отступания берегов на отдельных участках водохранилищ и озер составляет 5-10 м/год, что по степени опасности находится в диапазоне от «умеренно опасного» до «весьма опасного» (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004; Елохина и др., 2012).

Карст распространен на небольшой части территории округа. Коэффициент площадной закарстованности составляет 0.04-0.175, иногда превышает 0.2 для склонов Уральских гор (Елохина и др., 2012), что составляет не более 2% от территории округа. Данное явление относится к категории «умеренно опасной».

К одним из наиболее распространенных явлений на территории округа относится суффозия. Суффозионным просадкам подвержено до 80% территории ХМАО, что характеризует данное явление как «чрезвычайно опасное». Максимальная площадь проявления процесса достигает 410 м^2 на одном участке, а объем подверженных деформации горных пород – 0.451 тыс. м^3, что классифицируется как «умеренно опасное» явление (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004; Информационный бюллетень, 2022).

По данным МЧС, площадь развития лессов достигает 20% территории. При этом максимальная скорость развития процесса составляет 0.1 см/сут., т.е. соответствует рубежу между «умеренно опасным» и «опасным» уровнями (Атлас природных и техногенных…, 2010).

На территории ХМАО в зону подтопления (частичного и полного) попадают города и населенные пункты Березовского, Октябрьского, Белоярского, Кондинского, Нефтеюганского, Нижневартовского, Сургутского, Ханты-Мансийского районов, расположенные по берегам и в пределах пойм крупных рек Обь, Иртыш, Конда, Северная Сосьва и др. (Атлас природных и техногенных…, 2010). Более 75% территории подвержены риску подтопления, особенно в весенний период, что соответствует уровню «весьма опасный» (Атлас Ханты-Мансийского…, 2004; Атлас природных и техногенных…, 2010; Арктик-Энерджи, 2013; Доклад об экологической ситуации…, 2021).

Плоскостная и овражная эрозия развивается на 2% территории округа и классифицируются как «умеренно опасный» процесс (Информационный бюллетень, 2022). Средняя площадь одиночного оврага составляет 210-300 м^2 – «умеренно опасный» риск. Скорость развития овражной эрозии может колебаться от 2-5 м/год до 2500 м/год, что является «чрезвычайно опасным» явлением (Елохина и др., 2012; Большаник, 2014).

Скорость развития русловых процессов (русловые деформации) составляет 2-5 м/год, максимально – 25 м/год, вследствие чего данному явлению присвоены категории риска «опасный» и «весьма опасный» (Елохина и др., 2012; Коркин, 2014; Коркин, Кугушева, 2018).

Процесс пучения грунтов развивается на менее чем 5% территории округа со скоростью менее 0.5 см/год. Данное явление для ХМАО характеризуется как «умеренно опасное» (Атлас Ханты-Мансийского..., 2004).

Скорость развития солифлюкции составляет 0.1 м/год, что является «опасным» явлением (Елохина и др., 2012).

Наледеобразование может проявляться от 0.01 до 1 км^2 на одном участке и относится к следующим категориям риска: «умеренно опасный» и «опасный» (Национальный атлас России, 2007).

Риск наводнения (вследствие половодья, затора, зажора или катастрофического ливня) несет наибольшую опасность для здоровья населения и объектов инфраструктуры. Он включает все категории риска от «умеренно опасного» до «чрезвычайно опасного». Более 25% территории округа подвержено наводнениям, а длительность проявления процесса колеблется от менее 100 дней до >200 (максимум 222 дня), скорость развития составляет 0.1-2.2 м/сут. (Атлас Ханты-Мансийского..., 2004; Арктик-Энерджи, 2013).

Сильный ветер и ураганы фиксируются практически на всей территории округа (Атлас Ханты-Мансийского..., 2004). Их продолжительность достигает 2-3 часов, а скорость – от 20 м/с до 34 м/с максимально. Данные явления по степени воздействия относятся ко всем категориям риска (Отчет Обь-Иртышского УГМС…, 2018; Глобальное изменение климата…, 2021; Шамин и др., 2022).

«Жара» в методике Минэкономразвития (2021) оценивается только по одному показателю – площадь подверженности территории. Если рассматривать ее как случаи аномально жаркой погоды, тогда «жара» характерна для всей территории округа, но чаще проявляется на юге. Она отнесена к диапазону категорий опасности от «умеренно опасного» до «чрезвычайно опасного» (Доклад об экологической ситуации…, 2021).

Несмотря на высокую степень заболоченности и подверженность наводнениям, засухи регулярно фиксируются на территории ХМАО в равнинной части (т.е. более 70% площади округа) (Атлас Ханты-Мансийского..., 2004), что позволяет присвоить им максимальный уровень опасности. В методике Минприроды указан второй показатель – интенсивность (очень сильная, сильная, средняя, слабая), но не приведены критерии для выделения. Также не указано, о какой именно засухе идет речь: атмосферной, почвенной, или гидрологической. На территории округа число дней подряд с осадками менее 1 мм ежегодно составляет 16-20 (Богданович, Караваева, 2023). Данного уровня достаточно для возникновения природных пожаров (Доклад Природнадзора ХМАО, 2021), т.е. есть основания рассматривать уровень опасности в качестве «весьма опасного».

Риск заморозков (возврат холодов в вегетационный период) по охвату территории характеризуется в диапазоне от «умеренно опасного» до «чрезвычайно опасного», т.к. им подвержено до 90% территории округа (Атлас

Ханты-Мансийского..., 2004; Вавер, 2009). Критерии интенсивности заморозков не указаны, но известна их продолжительность – от 5 часов до более 12 часов (Арктик-Энерджи, 2013; Шамин и др., 2022).

Град также отнесен по площадному критерию ко всем категориям опасности – ему подвержена вся равнинная часть территории округа (Атлас Ханты-Мансийского..., 2004). С градом фиксируется более 2-х дней в году (средняя степень опасности), а его диаметр может достигать 45 мм (средняя степень опасности) (Шамин и др., 2022). В данном случае попытка прямого соотнесения уровня опасности в таблице Минприроды с критериями УГМС приводит к занижению значения показателя.

Сильные атмосферные осадки фиксируются в округе повсеместно, что позволяет отнести явление ко всем категориям в диапазоне от «умеренно опасного» до «чрезвычайно опасного». Как и в случае с градом, интенсивность осадков (количество в мм за определенное время) по методике Минэкономразвития (2021) не может превышать уровень «опасно». По данным наблюдений, сильный ливень в 2013 г. превысил стандартный порог опасного явления УГМС в 30 мм – выпало 46 мм в течение часа, а в результате очень сильных дождей периодически выпадает 55-88 мм (Шамин и др., 2022). Вероятно, методику стоит дополнить и присвоить экстремальным осадкам высокой интенсивности более высокий уровень опасности.

Риск пожарной опасности в лесах ХМАО классифицируется по методике Минэкономразвития (2021) как «умеренно опасный» и «опасный» – значение индекса Нестерова в регионе составляет 6000(°С)^2·сут. (Отчет Обь-Иртышского УГМС…, 2018), т.е. не достигает критических 10 000(°С)^2·сут. Однако для округа Обь-Иртышским УГМС стандартный порог уровня чрезвычайной пожароопасности (5 класс) по индексу Нестерова был снижен до 6000(°С)^2·сут. (Перечень и критерии…, 2014). Таким образом, уровень риска было бы целесообразно поднять до «весьма опасного».

Прямая отсылка на критерии опасного явления Росгидромета вновь приводит к занижению опасности по методике Минэкономразвития. Значения по площади охвата зачастую входят в противоречие с градациями для интенсивности явлений. Например, для пожарной опасности можно было бы использовать градации ГОСТ Р 22.1.09-99 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования» (2000) (табл. 8). В таком случае умеренно опасный уровень соответствовал бы II классу пожарной опасности, а чрезвычайный присваивался бы при превышении 10000(°С)^2·сут. (с поправками на критерии региональных УНМС).

Методика Минэкономразвития также включает информацию об изменениях климата для территории региона, но в краткой сжатой форме, предпочтительно на основе данных Росгидромета. Обобщая литературные данные, можно ожидать, что к середине XXI в. по отношению к концу XX в. в западной и юго-западной части ХМАО возможно повышение температуры воздуха летнего сезона на 2-3°С, в восточной части – на 1-2°С. Суммы осадков летом могут возрасти на 5-10%. Зимой возможен еще более сильный рост температуры воздуха – на 5-8°С. Увеличение сумм осадков в зимний сезон на большей части округа ожидается в диапазоне 20-40%. Регион по-прежнему останется в зоне достаточного и избыточного увлажнения. Продолжительность залегания снежного покрова будет уменьшаться в соответствии с повышением сезонной температуры. Средняя скорость ветра незначительно уменьшится, как и на большей части территории страны (Глобальное изменение климата и УФО, 2012; Третий оценочный…, 2022).

Таблица 8. Шкала пожарной опасности в лесу по условиям погоды (по ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000) (Методы оценки…, 2012)

Table 8. Levels of fire danger in the forest according to weather conditions (by GOST R 22.1.09-99, 2000) (Methods of assessment..., 2012)

Класс пожарной опасности по условиям погоды	Диапазон значений индекса горимости, (°С)^2·сут.	Пожарная опасность
I	0-300	Отсутствует
II	301-1000	Малая
III	1001-4000	Средняя
IV	4001-10000	Высокая
V	>10000	Чрезвычайная

К середине и концу XXI века (в зависимости от сценариев изменения климата) по отношению к началу XX века прогнозируется повышение минимальных температур на 3-7°С и сокращение количества морозных дней на 17-48. Максимальные температуры вырастут на 2-6°С, число дней с температурой выше +35°С увеличится на 5-18. Максимальное число последовательно сухих дней (с осадками <1 мм) в большинстве сценариев сокращается, но в некоторых – увеличивается на 3-5 дней. Скорость наиболее сильных ветров увеличивается на 1-3%. Увеличение количества осадков может отразиться на увеличении вероятности и силы паводков (IPCC, 2019; Третий оценочный…, 2022).

Подверженность

Одним из критериев уровня опасности климатических рисков (Приложение 3 к приказу Минэкономразвития…, 2021) является «распространенность» явления по территории региона. Подверженность выражается в % от общей площади, градации варьируют в зависимости от характера явления (табл. 9). При этом площадь разового проявления может быть значительно меньше площади территории, на которой явление в пределах округа возможно. Для уточнения иногда вводится как дополнительный критерий, км^2.

В данном контексте подверженность охарактеризована выше при обосновании уровня опасности климатического риска и указывалось, что некоторые градации нуждаются в переоценке и доработке. Например, теоретическое подтопление 75-100% территории целесообразно относить к чрезвычайному уровню опасности, что ярко проявляется в условиях ХМАО.

Таблица 9. Примеры характеристики подверженности территории воздействию климатических рисков с типовыми градациями степени опасности (по приказ Минэкономразвития…, 2021)

Table 9. Examples the territory's exposure to climate risks parameters with typical levels of the danger degree (by the order of the Ministry of Economic Development ..., 2021)

Показатели риска	**Уровень опасности в зависимости от подверженности территории, %**			
	чрезвычайно опасный (катастрофический)	**весьма опасный**	**опасный**	**умеренно опасный**
Оползни	Более 30	11-30	1-10	0.1-1
Сели	-	Более 50	10-50	Менее 10
Лавины	-	Более 30	10-30	Менее 10
Карст	-	50-80	5-50	Менее 5
Суффозия	-	Более 10	2-10	Менее 2
Просадочность лессовых пород	-	60-70	50-60	30-50
Подтопление территории	-	75-100	50-75	Менее 50
Наледеобразование	-	5-10	1-5	Менее 1
Наводнение	50	25	15	10
Ураганы, смерчи, сильный ветер	70	30-70	30	20
Жара	70	30-70	30	20
Засуха	70	30-70	30	20
Сильные атмосферные осадки	70	30-70	30	20

Уязвимость

Качественное описание уязвимости территории ХМАО в методике Минэкономразвития связывается с климатическими факторами (опасными метеорологическими явлениями) и климатическими рисками в результате их реализации (Приложение 1 к приказу Минэкономразвития…, 2021). В отличие от Паспорта климатической безопасности, табличная форма позволяет лишь тезисно охарактеризовать основные направления и воздействия на целевые группы. С другой стороны, сжатый формат позволяет резюмировать итоги и удобен для принятия решений по адаптации к изменениям климата.

Большинство климатических факторов в той или иной степени удалось соотнести с уязвимостью здоровья населения, зданий и сооружений (в том числе объектов нефтегазового комплекса), транспорта, сельского хозяйства, природных систем. В табл. 10 приведены примеры описания для сильного ветра, ливня, мороза и жары. По отношению к отдельным опасным гидрометеорологическим явлениям или их слабым проявлениям объекты могут быть малоуязвимы, но по отношению ко всему комплексу угроз уязвимость высока, на что указывает, например, высокая степень дискомфортности климата для проживания населения.

Таблица 10. Примеры климатических факторов и их связей с климатическими рисками и уязвимостью для территории ХМАО (Доклад о климатических рисках…, 2017; Третий оценочный доклад…, 2022; Атлас природных и техногенных…, 2010; Доклад о научно-методических основах…, 2020; Ревич и др., 2019; Доклад об экологической ситуации…, 2021; Кобышева и др., 2015; Васильев и др., 2017)

Table 10. Examples of climatic factors and their connections to climate risks and vulnerability for the territory of KHMAO (Report on climate risks…, 2017; Third assessment report…, 2022; Atlas of natural and man-made…, 2010; Report on scientific and methodological foundations…, 2020; Revich et al., 2019; Report on the ecological situation…, 2021; Kobysheva et al., 2015; Vasiliev et al., 2017)

Фактор климата	Описание уязвимости	Описание рисков
Очень сильный ветер	Прямая угроза жизни и здоровью людей, оказавшихся в зоне действия и не имеющих доступа к надежному укрытию Здания и объекты инфраструктуры могут быть повреждены как непосредственно (особенно при длительном воздействии), так и в результате удара переносимыми ветром объектами или обломками Скорость ветра 25 м/с для лесных экосистем считается критической – с этого момента начинаются ветровалы и ветроломы Для сельского хозяйства: возможно повреждение или полное уничтожение выращиваемых культур Возможны косвенные потери из-за вынужденного прекращения деятельности	Повышенный риск травматизма и преждевременной смертности Ущерб зданиям и объектам инфраструктуры, нарушение коммуникаций Рост расходов на содержание транспортных объектов, безопасность движения, снижение скорости транспортных потоков Резкое увеличение риска аварий на транспорте Риск повреждения и аварийных отключений объектов электросетевого хозяйства Потеря товарной древесины в результате ветровалов и ветроломов, увеличение расходов на лесовосстановление Повреждение или уничтожение с/х культур на значительных площадях

Продолжение таблицы 10

Фактор климата	**Описание уязвимости**	**Описание рисков**
Сильный ливень	Снижается качество воды в результате усиления площадного смыва Сильные дожди негативно сказываются на скорости транспортных потоков и безопасности дорожного движения. Несоответствие существующих дренажных систем ожидаемому увеличению интенсивности осадков может повлечь разрушение грунтовых зон автомобильных и железных дорог и других объектов. Рост количества и интенсивности осадков в теплое время года увеличит риски возникновения опасных последствий, связанных с потерей устойчивости склонов – оползней, селей Повышается вероятность речных ливневых наводнений, которые могут вызвать затопление и разрушение всей прибрежной инфраструктуры Климатическое увеличение среднегодовых, летне-осенних и зимних расходов воды усиливает вероятность досрочного размыва магистральных трубопроводов на подводных переходах	Увеличение числа заболеваний, передающихся через воду Риск подтопления и затопления населенных пунктов, дорог, разрушения мостов и путепроводов Рост расходов на содержание объектов ЖКХ для обеспечения их защиты от протекания, затопления и подтопления Рост расходов на содержание транспортных объектов, безопасность движения, снижение скорости транспортных потоков Резкое увеличение риска аварий на транспорте Риск размыва или подмыва дорожного полотна, железнодорожных путей Риск размыва магистральных трубопроводов на подводных переходах Повреждение объектов и инфраструктуры в результате развития эрозии, склоновых процессов (включая оползни) Риски для продовольственной безопасности, связанные со смывом сельхозкультур Ущерб от временного прекращения деятельности, например, в сфере туризма Ущербы из-за перебоев в энергообеспечении
	Наиболее уязвимы дети до лет, взрослые старше 60 лет, а также люди с заболеваниями сердечно-легочной и бронхо-сосудистой систем Уязвимость антропогенных систем проявляется в необходимости поддерживать	

Продолжение таблицы 10

Фактор климата	**Описание уязвимости**	**Описание рисков**
Сильный мороз	температуру, достаточную для нормального жизнеобеспечения и выполнения производственных процессов Повышение хрупкости и износа многих материалов, включая конструкционные Морозобоины могут явиться причиной развития инфекционных некрозов и заболеваний стволов деревьев Ослабление и гибель животных, в том числе домашних северных оленей	Повышенный риск травматизма, болезней и преждевременной смертности Рост расходов на отопление, более быстрый износ зданий и объектов инфраструктуры Рост расходов на содержание транспортных объектов, безопасность движения, подержание бесперебойности коммуникаций Риск ущербов для лесного хозяйства и оленеводства, при промерзании водоемов – для рыбного промысла
Сильная жара	При превышении порога среднесуточной температуры 23.5°С резко увеличивается количество дополнительных смертей. Наиболее уязвимы младенцы до 3 лет, люди старше 60, беременные женщины и люди с заболеваниями сердечно-сосудистой и бронхо-легочной систем Рост бактериальной флоры в пище и воде приводит к вспышкам инфекционных заболеваний Возможно нарушение соответствующих санитарно-гигиенических показателей в домах старой постройки Происходит размягчение асфальтового покрытия и быстрое ухудшение эксплуатационных качеств автодорог При экстремально высоких температурах воздуха происходит значительный перегрев рельсов и последующая деформация железнодорожных путей,	Увеличение числа смертей и заболеваний системы кровообращения, цереброваскулярных заболеваний, заболеваний органов дыхания и эндокринной системы, особенно у лиц старше 65 лет, а также у людей с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы и органов дыхания Негативное воздействие на нервную систему человека, возможен рост суицидов Рост потребления энергии на обеспечение системы кондиционирования в жилых зданиях и на предприятиях Риск системных аварий, возникающих при одновременном резком увеличении энергопотребления, снижении генерации энергии и больших потерях на линиях электропередач

Продолжение таблицы 10

Фактор климата	Описание уязвимости	Описание рисков
	приводящая к уменьшению скорости передвижения и увеличивающая риск схода с рельсов подвижного состава	Рост расходов на содержание транспортных объектов, безопасность движения, снижение скорости транспортных потоков
	Увеличение температуры в летний период провоцирует риски уменьшения добычи газа, так как превышение температурой отметки в 15ºC приводит к падению мощности компрессорных станций и к уменьшению добычи топлива	Резкое увеличение риска аварий на транспорте Увеличение риска лесных и торфяных пожаров Ущербы, связанные с уменьшением добычи газа и его транспортировкой
	Риски снижения производительности нефтяных скважин, поскольку при таянии мерзлоты скважины деформируются и их последующее восстановление приводит к потерям добычи нефти на 10-20%	
	Возрастание на 6ºC наружной температуры в среднем вызывает уменьшение на 0.5% эффективности и падение на 3-4% выходной мощности газовой турбины	
	При аномальных температурных условиях требуется снижение мощности энергоблоков или полная остановка	

Характеристика ущербов как показатель климатического риска

В качестве результата анализа климатических рисков за исторический период и Минприроды, и Минэкономразвития предлагают провести оценки потерь и ущербов в рублевом эквиваленте. Для рекомендуемого расчета возможного ущерба в соответствии с Единой межведомственной методикой оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций (2004) необходима совокупность данных, которые недоступны на данный момент в большинстве регионов России. Причина заключается в отсутствии налаженной системы сбора необходимых данных, их хранения и обработки.

Развитие деятельности по адаптации к изменениям климата на страновом и региональном уровне позволит в будущем успешно применять предложенную методику.

В качестве обобщенной оценки риска от опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений для ХМАО в данном исследовании были использованы расчеты возможного экономического ущерба на основе Методологии Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) (Кобышева и др., 2015; Васильев и др., 2017), адаптированного для получения индекса погодно-климатического риска в конкретном субъекте (муниципальном образовании) РФ (Васильев, Кобышева, 2019):

$$R\text{эк} = \sum_{i}^{n}\left(p_i \cdot \frac{s_i}{S} \cdot t_i \cdot K_i\right) \cdot m \cdot D\sum_{i}^{n}\left(p_i \cdot \frac{s_i}{S} \cdot t_i \cdot K_i\right) \cdot m \cdot D,$$

где i – номер вида опасного явления или неблагоприятного явления, n – число видов опасных или неблагоприятных явлений в данном субъекте, p_i – повторяемость i-го вида явления; t_i – время воздействия i-го вида явления, сутки; s_i – средняя площадь воздействия i-го вида явления, кв. км; m – численность населения в субъекте РФ; S – площадь субъекта РФ, кв. км.; K_i – коэффициент агрессивности i-го вида явления, рассчитанный на основе учета непосредственного силового воздействия опасного или неблагоприятного явления на объекты инфраструктуры; D – часть годового валового регионального продукта субъекта РФ, приходящаяся на 1 жителя данного субъекта РФ и произведенная за 1 сутки (Кобышева и др., 2015; Васильев и др., 2017).

Значение индекса риска Rэк для экономики ХМАО находится в диапазоне $3*10^{-4}$-10^{-3} (Васильев и др., 2017), что ниже уровня, например, для Московской области или Краснодарского края.

В соответствии с полученными данными можно рассчитать возможный экономический ущерб ХМАО как произведение индекса риска субъекта на валовый региональный продукт (ВРП) субъекта.

В качестве показателя ВРП были использованы данные за 2021 г. – 4602.4 млрд. руб. (Правительство Ханты-Мансийского…, 2022). Таким образом, возможный экономический ущерб ХМАО от погодно-климатических рисков составит от 1.4 до 4.6 млрд. руб. в год, что превышает оценки ущербов в результате чрезвычайных ситуаций природного характера МЧС (Атлас природных и техногенных…, 2010).

Заключение

Сравнение результатов оценок климатических рисков по двум методикам

Обе методики для оценки климатического риска используют сходные определения, базирующиеся на классическом сочетании угрозы, подверженности и уязвимости.

Паспорт климатической безопасности представляет собой подробный многостраничный документ, включающий детальную информацию о климате и его изменениях, опасных гидрометеорологических явлениях и их последствиях (угрозы), о населении, природе и экономике (подверженность), а также уязвимости по отношению к опасным явлениям.

Оценка климатических рисков Минэкономразвития в сжатой форме суммирует информацию об опасных явлениях и их последствиях на основе разработанной системы количественных показателей (в том числе информации о подверженности), а также уязвимости объектов на территории региона.

Списки угроз, полученные на основе двух методик, оказались близки, включают опасные гидрометеорологические явления и их последствия, а также прогнозы изменений климата до середины и конца XXI века.

По методике Минприроды в качестве наиболее разрушительного явления, наносящего наибольший ущерб, выделяются половодья, которые могут сливаться с летними паводками и затягиваться до осени. Несмотря на то, что округ относится к районам Крайнего Севера и местностям, приравненным к ним, опасные явления, связанные с высокими температурами и засушливостью, регулярно фиксируются, по данным наблюдений. Площадь, пройденная огнем, в значительной степени варьирует и в засушливые годы может достигать 120-140 тыс. га. По оценке с использованием методики Минэкономразвития 7, явлений (оползни; суффозия; эрозия плоскостная и овражная; наводнение; ураганы, смерчи, сильный ветер; жара; засуха) периодически достигают катастрофического уровня. Для одного явления (овражной термоэрозии) не удалось собрать информацию по предложенным индикаторам, хотя наличие угрозы подтверждается по литературным источникам.

По подверженности и уязвимости опасным явлениям наблюдаются заметные различия между западной гористой частью округа (6%) и низменной выравненной основной территорией. По отношению к отдельным опасным гидрометеорологическим явлениям или их слабым проявлениям объекты на территории округа могут быть малоуязвимы, но по отношению ко всему комплексу угроз уязвимость ХМАО высока.

Климатические риски были описаны на качественном уровне, но выполнить количественные экономические расчеты по предложенным методикам и формулам не удалось в связи с отсутствием необходимых исходных данных. Для паспорта климатической безопасности была использована оценка ущербов от чрезвычайных ситуаций природного характера регионального и межрегионального уровня (Атлас природных и техногенных…, 2010). Их на территории ХМАО ежегодно происходит более двух, минимальный ущерб от каждого может затронуть свыше 50 человек, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн руб., но не более 500 млн руб.

Для оценки рисков по методике Минэкономразвития была применена методика ГГО. Соответственно, возможный экономический ущерб ХМАО от погодно-климатических рисков составляет от 1. до 4. млрд руб. в год.

Прогнозы изменений климата по обеим методикам указывают на сохранение высокого уровня риска для явлений, связанных с осадками и снеготаянием, и даже возможное их увеличение при увеличении сезонного количества осадков. Одновременно увеличивается риск ущербов от опасных явлений, связанных с высокими температурами и засушливостью.

Результаты оценки климатических рисков по обеим методикам дополняют друг друга и закладывают основу для разработки мер по адаптации к изменениям климата на региональном уровне.

Трудности при использовании методик

Несогласованность методик между собой вынуждает проводить оценку климатических рисков и их компонентов (угроза-подверженность-уязвимость) дважды по разным индикаторам и в различных форматах.

В методике Минэкономразвития термин «подверженность» не согласуется с принятыми в климатологии классическими определениями. При этом в табличных формах подверженность территории выражается в % площади, на которой возможно проявление опасного явления, от общей площади территории региона, т.е. соответствует традиционному представлению.

В методике Минэкономразвития используются два набора климатических факторов (угроз) с разными индикаторами: опасные метеорологические явления в соответствии с перечнями и критериями региональных УГМС (Приложения 1 и 2) и опасные гидрометеорологические явления, а также их последствия со специально подобранными для данного документа индикаторами (Приложения 3 и 4).

Формат паспорта климатической безопасности вынуждает собирать информацию об объектах и процессах, связанных лишь косвенно с климатическими рисками (например, засоление почв, деградация лесов и земель, уменьшение биоразнообразия, изменение состояния популяций растений и животных, включенных в Красную книгу Российской Федерации, а также имеющих социально-экономическое значение и др.). Аналогичная информация должна отражаться в соответствующих докладах и других публикациях субъекта федерации, а не дублироваться, если климатический риск для данных объектов не подтвержден.

Степень детализации информации об угрозах, заложенная в обе методики, выходит за рамки информации, собираемой Росгидрометом, а также значительно превышает степень изученности регионов. Необходимы масштабные фундаментальные исследования по каждому из опасных явлений и их последствиям.

В обеих методиках исходно предполагается проводить оценку для конкретных объектов разного типа на основе данных об их состоянии и уязвимости по отношению к каждому из опасных гидрометеорологических явлений. Количество объектов высокой социальной и экономической значимости на территории каждого региона насчитывает несколько тысяч. Информация об их уязвимости и ущербах отсутствует. Для проведения детальной оценки климатических рисков необходимо внедрение системы сбора, обработки и хранения данных, начиная с уровня предприятий и муниципалитетов, а также инвентаризация объектов.

Отсутствие исходных данных об объектах, их стоимости и ущербах вынуждает вернуться к классическому определению климатического риска (угроза-подверженность-уязвимость) и выполнять оценку на качественном уровне.

Разработка региональных планов адаптации продемонстрировала острую нехватку квалифицированных специалистов, не только климатологов, но самых разных специальностей, которые могли бы компетентно оценивать климатические риски в их сферах деятельности во всех секторах экономики, на региональном и муниципальном уровнях.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Природнадзора ХМАО – ЮГРЫ в рамках НИР «Разработка паспорта климатической безопасности и оценка климатических рисков территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», а также в рамках темы госзадания № АААА-А20-120070990079-6 ФГБУ «ИГКЭ».

Список литературы

Абатурова, И.В., Ковязин, И.Г., Тактуев, Е.М. (2013) Мониторинг природно-технической системы «Биатлонный комплекс» в г. Ханты-Мансийске, *Инженерная геология*, №. 1, с. 66-72.

Агаджанян, Н.А., Нотова, С.В. (2009) *Стресс, физиологические и экологические аспекты адаптации, пути коррекции*, Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 274 с.

Алагулов, Д.А., Кузнецова, В.П., Середовских, Б.А. (2019) Влияние современного изменения климата на природные процессы (на примере территории ХМАО – Югры и стран Евросоюза), *XXI Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета*, Нижневартовск, Нижневартовский государственный универ-ситет, с. 26-32.

Антонов, С.Ю., Исаков, Г.Н. (2015) Динамика лесных пожаров и их экологических последствий на территории ХМАО – Югры, *Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT*, с. 10-13.

Арктик-Энерджи (2013) *Обследование водозащитных сооружений в населенных пунктах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры с целью комплексной оценки состояния защиты населенных пунктов автономного округа в рамках реализации программы «Обеспечение экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2011-2013 годах»*. Итоговый отчет по государственному контракту от 14 июня 2011 г., 275 с.

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

Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Природа и экология (2004) Под ред. Дикунец В.А. и др., Ханты-Мансийск, М., Роскартография, Мониторинг, т. 2, 152 с.

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

Богданович, А.Ю., Караваева, А.С. (2023) Оценка изменений основных метеорологических характеристик Ханты-Мансийского автономного округа – Югры по данным метеорологических станций, *Метеорология и гидрология*, в печати.

Большаник, П.В. (2014) Антропогенная трансформация рельефа природного парка г. Ханты-Мансийска, *Вестник Югорского государственного университета*, № 3 (34), с. 13-16.

Булыгина, О.Н., Веселов, В.М., Разуваев, В.Н., Александрова Т.М. (2022а) *Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России*. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549.

Булыгина, О.Н., Копылов, В.Н., Коршунова, Н.Н. (2013) Создание специализированной базы данных климатических характеристик региона на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, *Вестник кибернетики*, № 12, с. 71-80.

Булыгина, О.Н., Разуваев, В.Н., Александрова, Т.М. (2022б) *Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (TTTR)*, Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942.

Вавер, О.Ю. (2009) Анализ ресурсного потенциала формирования региональной территориальной рекреационной системы Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, *Вестник Нижневартовского государственного университета*, № 4, с. 23-40.

Васильев, М.П., Каширина, Е.В., Иванова, Е.В. (2017) Методология расчета погодно-климатических рисков в субъектах Российской Федерации с использованием реляционной базы данных, *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*, № 586, с. 21-33.

Васильев, М.П., Кобышева, Н.В. (2019) Об оценке погодно-климатических рисков в секторах экономики субъектов РФ, *Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации*, с. 525-527.

Глобальное изменение климата и Уральский федеральный округ. На пути к адаптации (2021) СПб, Климатический центр Росгидромета. *Наукоемкие технологии*, 12 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год (2022) М., 104 с.

Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2020 году (2021), Ханты-Мансийск, 187 с.

Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2021 году (2022), Ханты-Мансийск, 200 с.

Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации (2017), СПб, 106 с.

Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета) (2020), Саратов, Амирит, 120 с.

Дегтярев, А.С., Драбенко, В.А., Драбенко, В.А. (2015) *Статистические методы обработки метеорологической информации. Учебник*, СПб, ООО «Андреевский издательский дом», 225 с.

Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций (2004) МЧС России, 118 с.

Елохина, С.Н., Елохин, В.А., Сенюта, Т.Е. (2012) Экзогенные геологические процессы на территории Уральского федерального округа и оценка активности их проявления, *Известия высших учебных заведений. Горный журнал, № 2, с. 173-177.*

Информационный бюллетень «О состоянии недр территории Уральского федерального округа Российской Федерации за 2021 год» (2022) Екатеринбург, Роснедра, Гидроспецгеология, УРЦ ГМСН, 345 с.

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.

Коркин, С.Е. (2014) *Экзогенная геодинамика в долинных ландшафтах таежной зоны восточной части территории Хмао – Югры,* Работа выполнена в рамках исполнения базовой части государственного задания № 2014/801 Минобрнауки России.

Коркин, С.Е., Исыпов, В.А. (2019) Геоэкологический анализ береговых зон населенных пунктов, расположенных на широтном участке Средней Оби, *Проблемы региональной экологии*, № 2, с. 43-47.

Коркин, С.Е., Кугушева, Д.А. (2018) Береговая эрозия на широтном участке Средней Оби, *Географические науки и образование*, с. 133-137.

Куплевацкий, С.В., Шабалина, Н.Н. (2020) Лесные пожары в Уральском федеральном округе и их влияние на экологию, *Леса России и хозяйство в них*, № 4 (75), с. 4-12.

Материалы в ежегодный Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Ханты-Мансийского автономного округа – Югры *от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 г.* (2021) Ханты-Мансийск, МЧС, 128 с.

Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем (2012) М., Росгидромет, 510 с.

Мурашко, Ю.А., Ширыкова, А.А., Пятова, П.Н., Наконечный, Н.В. (2020) Состояние атмосферы на территории ХМАО – Югры по данным исследования снега за период с 2016 по 2020 год, в кн.: *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность* – 2020, сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020» (14-17 сентября 2020 г.), под ред. Г.В. Кучерик, Ю.А. Омельчук, Севастополь, СевГУ, с. 394-398.

Национальный атлас России (2007) Т. 2, Природа. Экология, М., Роскартография, 495 с.

Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года (2019) Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2021 году, Государственный доклад (2022), Ханты-Мансийск, Управление Роспотребнадзора по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемио-логии в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре».

Отчет Обь-Иртышского УГМС «Расчет основных климатических характеристик для определения изменения климата на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» в рамках государственной программы «Обеспечение экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 2018-2025 годы и на период до 2030 года» (2018) Ханты-Мансийск, 42 с.

Пашнин, А.С., Клюс, И.В., Берестин, Д.К., Умаров, Э.Д. (2013) Компартментно-кластерная теория биосистем, *Сложность. Разум. Постнеклассика*, № 2, с. 57-76.

Перечень и критерии опасных природных явлений, действующие на территории деятельности ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Утверждено приказом ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» от 17.04.2014 № 93, Официальный сайт Обь-Иртышского УГМС: http://omsk-meteo.ru/index.php/ru/home/opasnye-yavleniya/perechen-opasnykh-yavlenij.

Постановление Правительства РФ № 1946 от 16.11.2021 г. «Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях, признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и признании не действующими на территории Российской Федерации некоторых актов Совета Министров СССР».

Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 26.12.2014 г. № 506-п «Об утверждении Схемы территориального планирования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» (с изменениями на 1 октября 2021 года).

Правительство Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (2022) *распоряжение от 27 мая 2022 г. «Об итогах социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры за 2021 год»*.

Приказ Министерства экономического развития РФ от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата».

Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России (2018) Под ред. А.Н. Золотокрылина, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер, М., Институт географии РАН, 154 с.

Проект OpenStreetMap. Гипсометрическая карта, URL: https://www.openstreetmap.org/#map=9/61.3256/60.2902&layers=Y.

Распоряжение Минприроды России № 16-р от 19.05.2021 «Об утверждении Типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации».

РД 52.27.724 (2019) *Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения*, М., ФГБУ «Гидрометцентр России», 72 с.

РД 52.88.699 (2008) *Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений*, М., Росгидромет, 31 с.

Ревич, Б.А., Малеев, В.В., Смирнова, М.Д. (2019) *Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы*, *прогнозы.* Под ред. Ревича Б.А., Кокорина А.О, М., ИНП РАН, 196 с.

Росстат (2021) *Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2021 года. Статистический бюллетень*, М., Росстат, 443 с.

Русак, С.Н., Буров, И.Г., Митющенко, Н.А. (2013) Хаотическая динамика метеофакторов в условиях азиатского Севера РФ (на примере ХМАО – Югры), *Сложность. Разум. Постнеклассика*, № 3, с. 13-20.

Соколов, С.Н., Кузнецова, Э.А. (2019) Оценка условий жизни населения Хмао – Югры по биоклиматическим индексам, в кн.: *Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы*, т. 2. Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой, Воронеж, Издательство «Цифровая полиграфия», с. 390-394.

Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации (1997) СПб, Гидрометеоиздат, 588 с.

Ткачев, Б.П. (2015) Гидродинамические процессы устьевых областей реки Иртыш, *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, № 4, с. 44-52.

Ткачев, Б.П., Досанов, С.С. (2020) Экстремальные наводнения на реках Югры, *Успехи современного естествознания*, № 4, с.157-162.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2022) СПб Наукоемкие технологии, 676 с.

Федеральный закон «О гидрометеорологической службе» от 19.07.1998 № 113-ФЗ. 1998.

Характеристика лесного фонда Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 1 января 2022 года. Электронный ресурс. URL: https://depprirod.admhmao.ru/deyatelnost/lesnoe-khozyaystvo-/760090/kharakteristika-lesnogo-fonda-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-na-1-yanvarya-2019-goda/.

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

Шерстюков, Б.Г. (2021) Лесные пожары на территории России и их связь с изменяющимися метеорологическими условиями, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, вып. 188, с. 30-40.

Шишконакова, Е.А., Аветов, Н.А., Березина, Н.А., Толпышева, Т.Ю., Шведчикова, Н.К. (2016) Проявления регрессивных процессов на болотах южной части природного парка Нумто (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра), *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*, т. 121, № 3, с. 39-50.

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

IPCC (2021) Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J.Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon, 2021: Atlas. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R.Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available from http://interactive-atlas.ipcc.ch/.

References

Abaturova, I.V., Kovyazin, I.G., Taktuev, E.M. (2013) Monitoring prirodno-tekhnicheskoy sistemy «Biatlonnyy kompleks» v g. Khanty-Mansiyske [Monitoring of the natural and technical system "Biathlon Complex" in Khanty-Mansiysk], *Inzhenernaya geologiya*, vol. 1, pp. 66-72.

Agadzhanyan, N.A., Notova, S.V. (2009) *Stress, fiziologicheskiye i ekologicheskiye aspekty adaptatsii, puti korrektsii* [Stress, physiological and environmental aspects of adaptation, ways of correction], Orenburg, Russia, IPK GOU OGU, 274 p.

Alagulov, D.A., Kuznetsova, V.P., Seredovskikh, B.A. (2019) Vliyaniye sovremennogo izmeneniya klimata na prirodnyye protsessy (na primere territorii KHMAO – Yugry i stran Yevrosoyuza) [The impact of modern climate change on natural processes (on the example of the territory of Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra and the EU countries)], *XXI Vserossiyskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*, Nizhnevartovsk, Nizhnevartovskiy gosudarstvennyy universitet, Russia, pp. 26-32.

Antonov, S.YU., Isakov, G.N. (2015) Dinamika lesnykh pozharov i ikh ekologicheskikh posledstviy na territorii KHMAO – Yugry [Dynamics of forest fires and their environmental consequences on the territory of Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra], *Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti promyshlenno-transportnykh kompleksov ELPIT*, pp. 10-13.

Arctic Energy (2013) *Obsledovaniye vodozashchitnykh sooruzheniy v naselennykh punktakh Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry s tsel'yu kompleksnoy otsenki sostoyaniya zashchity naselennykh punktov avtonomnogo okruga v ramkakh realizatsii programmy «Obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry v 2011-2013 godakh»*. [Inspection of water protection structures in the settlements of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra with the aim of a comprehensive assessment of the state of protection of the settlements of the autonomous okrug within the framework of the program "Ensuring the environmental safety of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra in 2011-2013"], Itogovyy otchet po gosudarstvennomu kontraktu ot 14 iyunya 2011 g., Russia, 275 p.

Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy. Rossiyskaya Federatsiya (2010) [Atlas of natural and man-made hazards and emergency risks. Russian Federation] In. S.K. Shoigu. (ed), Dizayn, Informatsiya, Kartografiya, Moscow, Russia, 696 p.

Atlas Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry. Priroda i ekologiya (2004) [Atlas of Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra. Nature and ecology] In Dikunets V.A. and others (eds.), Roskartografiya, Monitoring, vol. 2, Moscow, Russia, 152 p.

Bioraznoobraziye biomov Rossii. Ravninnyye biomy (2020) [Biodiversity of biomes in Russia. Plain biomes] In G.N. Ogureeva (ed), IGCE, Moscow, Russia, 623 p.

Bogdanovich, A.Yu., Karavaeva, A.S. (2023) Otsenka izmeneniy osnovnykh meteorologicheskikh kharakteristik Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry po dannym meteorologicheskikh stantsiy [Assessment of changes in major meteorological characteristics of Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra using data of meteorological stations], *Meteorologiya i gidrologiya*, in press.

Bol'shanik, P.V. (2014) Antropogennaya transformaciya rel'efa prirodnogo parka g. Hanty-Mansijska [Anthropogenic transformation of the relief of the natural park of Khanty-Mansiysk], *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 3 (34), pp. 13-16.

Bulygina, O.N., Veselov, V.M., Razuvayev, V.N., Aleksandrova, T.M. (2022a). Opisaniye massiva srochnykh dannykh ob osnovnykh meteorologicheskikh parametrakh na stantsiyakh Rossii [Description of the array of ragular data on the main meteorological parameters at the stations of Russia], *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 2014620549.*

Bulygina, O.N., Kopylov, V.N., Korshunova, N.N. (2013) Sozdanie specializirovannoj bazy dannyh klimaticheskih harakteristik regiona na primere Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry [Creation of a specialized database of climatic characteristics of the region on the example of Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra], *Vestnik kibernetiki*, no. 12, pp. 71-80.

Bulygina, O.N., Razuvayev, V.N., Aleksandrova, T.M. (2022b) Opisaniye massiva dannykh sutochnoy temperatury vozdukha i kolichestva osadkov na meteorologicheskikh stantsiyakh Rossii i byvshego SSSR (TTTR) [Description of the data array of daily air temperature and precipitation at meteorological stations in Russia and the former USSR (TTTR)], *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 2014620549*.

Vaver, O.Yu. (2009) Analiz resursnogo potenciala formirovaniya regional'noj territorial'noj rekreacionnoj sistemy Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry [Analysis of the resource potential of the formation of the regional territorial recreational system of the Khanty-Mansi autonomous okrug of Yugra], *VestnikNizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 4, pp. 23-40.

Vasil'yev, M.P., Kashirina, Ye.V., Ivanova, Ye.V. (2017) Metodologiya rascheta pogodno-klimaticheskih riskov v sub"ektah Rossijskoj Federacii s ispol'zovaniem relyacionnoj bazy dannyh [Methodology for calculating weather and climate risks in the regions of the Russian Federation using a relational database], *Trudy Glavnoj geofizicheskoj observatorii im. A.I. Voejkova*, no. 586, pp. 21-33.

Vasil'yev, M.P., Kobysheva, N.V. (2019) Ob ocenke pogodno-klimaticheskih riskov v sektorah ekonomiki sub"ektov RF [On the assessment of weather and climate risks in the sectors of the economy of the constituent entities of the Russian Federation], *Sovremennye problemy gidrometeorologii i ustojchivogo razvitiya Rossijskoj Federacii*, pp. 525-527.

Global'noye izmeneniye klimata i Ural'skiy federal'nyy okrug. Na puti k adaptatsii (2021) [Global climate change and the Ural Federal District. On the way to adaptation], Klimaticheskiy sentr Rosgidrometa, Naukoyemkiye tekhnologii, St. Peterburg, Russia, 12 p.

Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiyskoy Federatsii (2017) [Report on climate risks in the Russian Federation], St. Peterburg, Russia, 106 p.

Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2021 god (2022) [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2021], Moscow, Russia, 104 p.

Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge – Yugre v 2020 godu (2021) [Report on the environmental situation in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra in 2020], Khanty-Mansiysk, Russia, 187 p.

Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge – Yugre v 2021 godu (2022) [Report on the environmental situation in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra in 2020], Khanty-Mansiysk, Russia, 200 p.

Degtyarev, A.S., Drabenko, V.A., Drabenko, V.A. (2015) *Statisticheskiye metody obrabotki meteorologicheskoy informatsii* [Statistical methods of meteorological information processing], OOO «Andreyevskiy izdatel'skiy dom», St. Peterburg, Russia, 225 p.

Yedinaya mezhvedomstvennaya metodika otsenki ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy tekhnogennogo, prirodnogo i terroristicheskogo kharaktera, a takzhe klassifikatsii i ucheta chrezvychaynykh situatsiy (2004) [A unified interdepartmental methodology for assessing damage from emergencies of a man-made, natural and terrorist nature, as well as for classifying and accounting for emergencies], MCHS Rossii, Russian Emergency Situations Ministry, Russia, 118 p.

Yelokhina, S.N., Yelokhin, V.A., Senyuta, T.Ye. (2012) Ekzogennye geologicheskie processy na territorii Ural'skogo federal'nogo okruga i ocenka aktivnosti ih proyavleniya [Exogenous geological processes on the territory of the Ural Federal District and assessment of the activity of their manifestation], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy*, *Gornyy zhurnal*, no. 2, pp. 173-177.

Informatsionnyy byulleten' «O sostoyanii nedr territorii Ural'skogo federal'nogo okruga Rossiyskoy Federatsii za 2021 god» (2022) [Information bulletin "On the state of the subsoil of the territory of the Ural Federal District of the Russian Federation for 2021"], Yekaterinburg, Rosnedra, Gidrospetsgeologiya, URTS GMSN, Yekaterinburg, Russia, 345 p.

Kobysheva, N.V., Akent'yeva, Ye.M., Galyuk, L.P. (2015) *Klimaticheskiye riski i adaptatsiya k izmeneniyam i izmenchivosti klimata v tekhnicheskoy sfere* [Climate risks and adaptation to climate change and climate variability for technical systems], Kirillitsa, St. Peterburg, Russia, 214 p.

Korkin, S.Ye. (2014) *Ekzogennaya geodinamika v dolinnykh landshaftakh tayezhnoy zony vostochnoy chasti territorii Khmao – Yugry* [Exogenous geodynamics in the valley landscapes of the taiga zone in the eastern part of Khmao – Yugra territory], Rabota vypolnena v ramkakh ispolneniya bazovoy chasti gosudarstvennogo zadaniya № 2014/801 Minobrnauki Rossii – The work was carried out as part of the implementation of the basic part of the state task No. 2014/801 of the Ministry of Education and Science of Russia.

Korkin, S.Ye., Isypov, V.A. (2019) Geoekologicheskij analiz beregovyh zon naselennyh punktov, raspolozhennyh na shirotnom uchastke srednej Obi [Geoecological analysis of coastal zones of settlements located on the latitudinal section of the middle Ob'], *Problemy regional'noj ekologii*, no. 2, pp. 43-47.

Korkin, S.Ye., Kugusheva, D.A. (2018) Beregovaya eroziya na shirotnom uchastke Srednej Obi [Coastal erosion in the latitudinal section of the Middle Ob], G*eograficheskie nauki i obrazovanie*, pp. 133-137.

Kuplevatskiy, S.V., Shabalina, N.N. (2020) Lesnyye pozhary v Ural'skom federal'nom okruge i ikh vliyaniye na ekologiyu [Forest fires in the Ural Federal District and their impact on the environment], *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh*, no. 4 (75), pp. 4-12.

Materialy v yezhegodnyy gosudarstvennyy doklad o sostoyanii zashchity naseleniya i territoriy Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2020 g. (2021) [Materials in the annual state report on the state of protection of the population and territories of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra from natural and man-made emergencies in 2020], Khanty-Mansiysk, MCHS, Russia, 128 p.

Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem [Methods for assessing the consequences of climate change for physical and biological systems] (2012) M., Russia, Rosgidromet, 510 s.

Murashko, Yu.A., Shirykova, A.A., Pyatova, P.N., Nakonechny, N.V. (2020) Sostoyanie atmosfery na territorii HMAO – Yugry po dannym issledovaniya snega za period s 2016 po 2020 god, V kn.: *Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost' – 2020: sbornik statej po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost' – 2020»* (14–17 sentyabrya 2020 g.) [The state of the atmosphere on the territory of Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra according to snow studies for the period from 2016 to 2020. –Ecological, industrial and energy security – 2020: collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference "Environmental, industrial and energy security – 2020" (September 14-17, 2020)], Pod red. G.V. Kucherik, YU.A. Omel'chuk, Sevastopol, Russia, SevGU, pp. 394-398.

Natsional'nyy atlas Rossi (2007) [National Atlas of Russia], T. 2. Priroda, Ekologia, Roskartografiya, Moscow, Russia, 495 p.

*Natsional'nyy plan meropriyatiy pervogo etapa adaptatsii k izmeneniyam klimata na period do 2022 goda (*2019) [National action plan for the first stage of adaptation to climate change for the period up to 2022], Utverzhden Rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 25 dekabrya 2019 g. № 3183-r.

O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge – Yugre v 2021 godu: Gosudarstvennyy doklad (2022) [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra in 2021: State report], Khanty-Mansiysk, Upravleniye Rospotrebnadzora po Khanty-Mansiyskomu avtonomnomu okrugu – Yugre, Russia.

Otchet Ob'-Irtyshskogo UGMS «Raschet osnovnykh klimaticheskikh kharakteristik dlya opredeleniya izmeneniya klimata na territorii Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry» v ramkakh gosudarstvennoy programmy «Obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry na 2018-2025 gody i na period do 2030 goda» (2018) [Report of Ob-Irtysh UGMS "Calculation of the main climatic characteristics to determine climate change in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra" within the framework of the state program "Ensuring the environmental safety of the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra for 2018-2025 and for the period up to 2030"], Khanty-Mansiysk, Russia, 42 p.

Pashnin, A.S., Klyus, I.V., Berestin, D.K., Umarov, E.D. (2013) Kompartmentno-klasternaya teoriya biosystem [Compartment-cluster theory of biosystems], *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*, № 2, pp. 57-76.

Perechen' i kriterii opasnykh prirodnykh yavleniy, deystvuyushchiye na territorii deyatel'nosti FGBU «Ob'-Irtyshskoye UGMS» [The list and criteria of natural hazards in force on the territory of the FSBI "Ob-Irtysh UGMS". Approved by order of the Federal State Budgetary Institution "Ob-Irtysh UGMS" dated April 17]. Utverzhdeno prikazom FGBU «Ob'-Irtyshskoye UGMS» ot 17.04.2014 № 93 – Approved by order of the Federal State Budgetary Institution "Ob-Irtysh UGMS" dated April 17, 2014, no. 93. – Official website of the Ob-Irtysh UGMS, http:// omsk-meteo.ru/index.php/ru/home/opasnye-yavleniya/perechen-opasnykh-yavlenij.

Postanovleniye Pravitel'stva RF № 1946 ot 16.11.2021 g. «Ob utverzhdenii perechnya rayonov Kraynego Severa i mestnostey, priravnennykh k rayonam Kraynego Severa, v tselyakh predostavleniya gosudarstvennykh garantiy i kompensatsiy dlya lits, rabotayushchikh i prozhivayushchikh v etikh rayonakh i mestnostyakh, priznanii utrativshimi silu nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii i priznanii ne deystvuyushchimi na territorii Rossiyskoy Federatsii nekotorykh aktov Soveta Ministrov SSSR» [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1946 of November 16, 2021 "On approval of the list of regions of the Far North and localities equated to regions of the Far North, in order to provide state guarantees and compensations for persons working and living in these regions and localities, recognizing as invalid some acts of the Government of the Russian

Federation and the recognition of certain acts of the Council of Ministers of the USSR as invalid on the territory of the Russian Federation], Russia.

Postanovleniye Pravitel'stva Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry № 506-p ot 26.12.2014 g. «Ob utverzhdenii Skhemy territorial'nogo planirovaniya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry» (s izmeneniyami na 1 oktyabrya 2021 goda) [Decree of the Government of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra No. 506-p dated December 26, 2014 "On Approval of the Spatial Planning Scheme of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra" (as amended on October 1, 2021)], Russia.

Pravitel'stvo Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry (2022) *Rasporyazheniye ot 27 maya 2022 g. «Ob itogakh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry za 2021 god»* [Order of May 27, 2022 "On the results of the socio-economic development of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra for 2021", Russia].

Prikaz Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya RF ot 13 maya 2021 g. N 267 «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendatsiy i pokazateley po voprosam adaptatsii k izmeneniyam klimata» [Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of May 13, 2021, no. 267 "On approval of methodological recommendations and indicators on adaptation to climate change"], Russia.

Prirodno-klimaticheskiye usloviya i sotsial'no-geograficheskoye prostranstvo Rossii (2018) [Natural and climatic conditions and the socio-geographical space of Russia], in. A.N. Zolotokrylin, V.V. Vinogradova, O.B. Glezer (eds.), Institut geografii RAN, Moscow, Russia, 154 p.

Proyekt OpenStreetMap. Gipsometricheskaya karta [The OpenStreetMap project. Hypsometric map]. Electronic resource. URL: https://www.openstreet-map.org/#map=9/61.3256/60.2902&layers=Y.

Rasporyazheniye Minprirody Rossii № 16-r ot 19.05.2021 «Ob utverzhdenii Tipovogo pasporta klimaticheskoy bezopasnosti territorii sub"yekta Rossiyskoy Federatsii» [Decree of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 16-r from 19 May 2021 "On Approval of the Model Climate Safety Passport for the Territory of a Subject of the Russian Federation"], Russia.

RD 52.27.724-2019 (2019) *Nastavleniye po kratkosrochnym prognozam pogody obshchego naznacheniya. 2019* [Manual on short-term weather forecasts for general purposes], FGBU «Gidromettsentr Rossii», Moscow, Russia, 72 p.

RD 52.88.699-2008 (2008) *Polozheniye o poryadke deystviy uchrezhdeniy i organizatsiy pri ugroze vozniknoveniya i vozniknovenii opasnykh prirodnykh yavleniy. 2008* [Regulations on the procedure for actions of institutions and organizations in the event of a threat of occurrence and occurrence of hazardous natural phenomena], Rosgidromet, Moscow, Russia, 31 p.

Revich, B.A., Maleyev, V.V., Smirnova, M.D. (2019) Izmeneniye klimata i zdorov'ye: otsenki, indikatory, prognozy [Climate Change and Health:

Assessments, Indicators, Forecasts], in. B.A. Revich and A.O. Kokorin (eds), INP RAN, Moscow, Russia, 196 p.

Rosstat (2021) *Chislennost' naseleniya Rossiyskoy Federatsii po polu i vozrastu na 1 yanvarya 2021 goda. Statisticheskiy byulleten'* [Population of the Russian Federation by sex and age as of January 1, 2021. Statistical Bulletin], M., Rosstat, Russia, 443 p.

Rusak, S.N., Burov, I.G., Mityushchenko, N.A. (2013) Khaoticheskaya dinamika meteofaktorov v usloviyakh aziatskogo Severa RF (na primere KHMAO – Yugry) [Chaotic dynamics of meteorological factors in the conditions of the Asian North of the Russian Federation (on the example of Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra)], *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*, № 3, pp. 13-20.

Sokolov, S.N., Kuznetsova, E.A. (2019) Ocenka uslovij zhizni naseleniya Hmao – Yugry po bioklimaticheskim indeksam, v kn.: *Global'nye klimaticheskie izmeneniya: regional'nye effekty, modeli, prognozy* [Assessment of the living conditions of Khmao – Yugra to people by bioclimatic indices. – Global climate change: regional effects, models, forecasts], in S.A. Kurolap, L.M. Akimov, V.A. Dmitriev (eds), Tsifrovaya poligrafiya, vol. 2, Voronezh, Russia, pp. 390-394.

Spravochnik po opasnym prirodnym yavleniyam v respublikakh, krayakh i oblastyakh Rossiyskoy Federatsii (1997) [Reference book on hazardous natural phenomena in the republics, territories and regions of the Russian Federation], Gidrometeoizdat, St. Peterburg, Russia, 588 p.

Tkachev, B.P. (2015) Gidrodinamicheskie processy ust'evyh oblastej reki Irtysh [Hydrodynamic processes of the mouth areas of the Irtysh River], *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, no. 4, pp. 44-52.

Tkachev, B.P., Dosanov, S.S. (2020) Ekstremal'nye navodneniya na rekah Yugry [Extreme floods on the Yugra rivers], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 4, pp. 157-162.

Tretiy otsenochnyy doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii (2022) [Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Territory of the Russian Federation], Naukoyemkiye tekhnologii, Peterburg, Russia, 676 p.

Federal'nyy zakon «O gidrometeorologicheskoy sluzhbe» (1998) [Federal Law "On the Hydrometeorological Service"] от 19.07.1998 г. N 113-ФЗ, Russia.

Kharakteristika lesnogo fonda Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry na 1 yanvarya 2022 goda [Characteristics of the forest fund of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra on January 1, 2022]. Electronic resource. URL: https://depprirod.admhmao.ru/deyatelnost/lesnoe-khozyaystvo-/760090/kharakteristika-lesnogo-fonda-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-na-1-yanvarya-2019-goda/.

Rosstat (2021) *Chislennost' naseleniya Rossiyskoy Federatsii po polu i vozrastu na 1 yanvarya 2021 goda. Statisticheskiy byulleten* [Population of the

Russian Federation by sex and age as of January 1, Statistical bulletin], Rosstat, Moscow, Russia, 443 p.

Shamin, S.I., Bukhonova, L.K., Sanina. A.T. «Svedeniya ob opasnykh i neblagopriyatnykh gidrometeorologicheskikh yavleniyakh, kotoryye nanesli material'nyy i sotsial'nyy ushcherb na territorii Rossii» ["Information about dangerous and unfavorable hydrometeorological phenomena that caused material and social damage on the territory of Russia"]. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 2019621326 – Certificate of state registration of the database No. 2019621326.*

Sherstyukov, B.G. (2021) Lesnyye pozhary na territorii Rossii i ikh svyaz' s izmenyayushchimisya meteorologicheskimi usloviyami [Forest fires in Russia and their relationship with changing meteorological conditions], *Trudy VNIIGMI-MTSD*, Obninsk, Russia, vyp. 188, pp. 30-40.

Shishkonakova, E.A., Avetov, N.A., Berezina, N.A., Tolpysheva, T.Yu., Shvedchikova, N.K. (2016) Proyavleniya regressivnyh processov na bolotah yuzhnoj chasti prirodnogo parka Numto (Hanty-Mansijskij avtonomnyj okrug – Yugra) [Manifestations of regressive processes in the swamps of the southern part of the Numto Natural Park (Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra)], *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij*, vol. 121, no. 3, pp. 39-50.

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

IPCC (2021) Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon, 2021: Atlas. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available from Available from http://interactive-atlas.ipcc.ch/.

Статья поступила в редакцию (Received): 09.03.2023.
Статья доработана после рецензирования (Revised): 20.03.2023.
Принята к публикации (Accepted): 20.05.2023.

Для цитирования / For citation

Липка, О.Н., Богданович, А.Ю, Андреева, А.П., Караваева, А.С., Крыленко, С.В., Седова, А.М. (2023) Оценка климатических рисков для территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 9, № 2, с. 178-223, doi:10.21513/2410-8758-2023-2-178-223.

Lipka, O.N., Bogdanovich, A.Yu., Andreeva, A.P., Karavaeva, A.S., Krylenko, S.V., Sedova, A.M. (2023) Assessment of climate-related risks for the territory of Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 9, no. 2, pp. 178-223, doi:10.21513/2410-8758-2023-2-178-223.