

УДК 551.583, 911.2, 911.52

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА: ПРОГНОЗ, РИСКИ, АДАПТАЦИЯ

Р. А. Колесников¹⁾, Н. С. Малыгина^{2,3)}, Д. В. Черных³⁾

¹⁾ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», ул. Республики, 20, 629008, г. Салехард, Россия, roman387@mail.ru; ²⁾Тюменский научный центр СО РАН, ул. Малыгина, 86, 625026, г. Тюмень, Россия, natmgn@gmail.com;

³⁾Институт водных и экологических проблем СО РАН, ул. Молодежная, 1, 656038, Барнаул, Россия, chernykh@mail.ru

Выполнен прогноз климатических изменений для Ямало-Ненецкого автономного округа до конца 21 в. Обозначены основные риски последствий изменений климата для региона. Представлены данные о фактическом ущербе от прогнозируемых последствий изменений климата. Предложено оптимизировать имеющийся региональный план адаптации к климатическим изменениям.

Ключевые слова: климатические изменения; Арктика; Ямало-Ненецкий автономный округ; климат; план адаптации; митигация рисков; адаптация.

CLIMATE CHANGES IN THE TERRITORY OF THE YAMAL- NENETS AUTONOMOUS DISTRICT: FORECAST, RISKS, ADAPTATION

R. A. Kolesnikov¹⁾, N. S. Malygina^{2,3)}, D. V. Chernykh³⁾

¹⁾Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District, st. Respubliki, 20, 629008, Salekhard, Russia, roman387@mail.ru; ²⁾Tyumen Scientific Center from the Russian Academy of Sciences, st. Malygina, 86, 625026, Tyumen, Russia, natmgn@gmail.com;

³⁾Institute of Water and Environmental Problems from the Russian Academy of Sciences, st. Molodezhnaya, 1, 656038, Barnaul, Russia, chernykh@mail.ru

A forecast of climate change for the Yamalo-Nenets Autonomous District until the end of the 21st century has been completed. The main risks of climate change consequences for the region have been identified. Data on actual damage from the impact of climate change is presented. It is proposed to optimize the existing regional plan for adaptation to climate change.

Keywords: climate change; Arctic; Yamalo-Nenets Autonomous Okrug; climate; adaptation plan; risk mitigation; adaptation.

В последние десятилетия вопрос климатических изменений и адаптации к ним стал одним из наиболее актуальных [1]. Не является исключением и Ямало-Ненецкий автономный округ, расположенный в Арктической зоне Российской Федерации.

Природно-климатические условия региона (в том числе широкое распространение многолетнемерзлых пород, особенности рельефа, почвенно-растительного покрова и т. д.) определяют разнообразное проявление последствий потепления климата и обуславливают появление рисков, выражающихся в широком комплексе природных процессов, опасных для хозяйственной деятельности человека. Ущерб, причиняемый объектам хозяйственной и социальной инфраструктуры Ямало-Ненецкого автономного округа здоровью населения, определяет актуальность прогноза изменений климата и показателей состояния окружающей среды, а также разработку и реализацию адаптационных мероприятий.

Настоящая работа выполнена при поддержке правительства Ямало-Ненецкого автономного округа в рамках реализации проектов «Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру Ямало-Ненецкого автономного округа» (2021, 2022 гг.) и «Региональный план адаптации к изменениям климата Ямало-Ненецкого автономного округа» (2022 г.). Отдельные положения разработаны в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (№ FUFZ-2021-0007).

Результаты расчетов CMIP 6 показали, что наиболее значительное повышение приземной температуры воздуха в регионе (на 8,5 °C выше значений климатической нормы 1991–2020 гг.) возможно при реализации «максимального» сценария SSP5-8.5, когда в среднем рост приземной температуры будет происходить со скоростью около 1 °C в десятилетие. Такое стремительное потепление возможно при увеличении выбросов парниковых газов и усилении эксплуатации ресурсов ископаемого топлива. По данным «минимального» сценария SSP1-2.6 к концу XXI в. средняя приземная температура воздуха в регионе повысится на 2,6 °C относительно среднего значения за период 1991–2020 гг.

Вероятностные изменения в режиме увлажнения на территории ЯНАО до конца столетия, описываемые количеством поступающих осадков, показывают незначительную динамику их роста до 2050-х гг. с последующей стабилизацией значений на уровне 1,7 мм/день при сценарии SSP1-2.6. Значительное увеличение осадков к 2100 г. вероятно при сценарии SSP5-8.5, когда их количество будет в среднем достигать почти 2 мм/день. Однако следует сказать, что такой существенный рост дают лишь немногие модели из Проекта сравнения объединенных моделей CMIP 6.

Описанные изменения основных параметров климатической системы на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, а именно рост температуры и увеличение осадков, с высокой вероятностью проявятся в более частых и интенсивных экстремальных природных явлениях и связанных с ними ущербах для социально-экономической системы региона. На основании данных, представленных органами муниципальной и исполнительной власти Ямало-Ненецкого автономного округа, было установлено, что за период 2010–2021 гг. фактический ущерб от воздействия климатических факторов составил 11,664 млрд. рублей, при этом в целом ряде случаев несмотря на причинение ущерба информация о его величине в денежном эквиваленте отсутствует.

Современное потепление климата сопровождается деградацией многолетнемерзлых пород. Изучение динамики их состояния показывает, что за период с 1980 по 2021 гг. в ЯНАО изменилась глубина залегания кровли мерзлоты. Она теперь находится на глубине 6–11 м, а не на 2–3 м, как было ранее. Температура мерзлых грунтов на глубине 10 м в разных ландшафтных условиях увеличилась от 1,4 °С до 4,3 °С. В результате несущая способность мерзлых горных пород снизилась на 5–30 % [2]. При дальнейшем потеплении наиболее интенсивно многолетнемерзлые породы деградируют в южной части тундровой зоны и лесотундре, а на юге ЯНАО острова мерзлоты будут оттаивать до полного протаивания мерзлых пород на глубину 10 м. К середине XI в. весьма опасно снижение несущей способности мерзлых пород в г. Новый Уренгой, г. Салехард, г. Лабытнанги, г. Надым, Приуральском районе. В г. Муравленко, г. Губкинский, г. Ноябрьск, Красноселькупском и Шурышкарском районах, несущая способность мерзлых пород снизится более чем на 58 % вплоть до полной ее потери на глубине 10 м.

Потепление климата повлияет на активность термокарстовых процессов ввиду увеличения глубины сезонного оттаивания в сильнольдистых грунтах, которые будут давать осадку при оттаивании, приводить к понижениям в рельефе и образованию термокарстовых воронок, западин, блюдца протаивания, котловин термокарстовых озер. Наиболее интенсивно термокарстовые процессы пойдут в северных районах ЯНАО. Здесь при сплошном распространении многолетнемерзлых пород и наличии сильнольдистых грунтов повышение температуры воздуха и увеличение осадков усилят риски развития термокарстовых процессов.

В ближайшей перспективе рост температур воздуха продолжится, что в свою очередь, повлияет на ряд природных процессов, а также на жизнедеятельность человека. Влияние потепления и его последствий на

все стороны жизнедеятельности человека будет возрастать. Следовательно, необходимо тем или иным образом приспособиться (адаптироваться) к меняющимся условиям.

Анализ адаптационной практики арктических стран за последнее десятилетие указывает на начавшийся процесс формирования системы механизмов и инструментов адаптационного управления, сочетающей традиционные методы и инновационные инструменты. Их набор включает оценки последствий и рисков для отдельных территорий и стейкхолдеров; государственное регулирование, принятие законодательства, строительных стандартов и норм; меры по предупреждению и снижению гидрометеорологических рисков, защите населения и критической инфраструктуры при стихийных бедствиях; стратегии и программы, территориальное планирование с учетом климатического фактора; институциональные структуры; экономические инструменты; новые виды продукции, услуг, маркетинга; координацию, партнерство, сотрудничество; научные исследования и мониторинг; технологические, инженерные инновации.

С целью адаптации к происходящим изменениям в ЯНАО разработан и реализуется региональный план адаптации, включающий 50 различных мероприятий. В план входят как мероприятия, направленные на адаптацию, так и на митигацию рисков. Наибольшее количество мероприятий связано с адаптацией к деградации несущей способности многолетнемерзлых пород, адаптации строительства и эксплуатации капитальных объектов на этих породах. Однако проведенные исследования показывают, что кроме рисков, связанных со снижением несущей способности многолетнемерзлых пород, изменения климата несут риски, связанные с активизацией термокарста, термоэрозии и пучения. По берегам рек, озер и заливов Карского моря развиваются криогенные оползни, солифлюкция, термоабразия. Идет переработка берегов озер [3]. Незначительный уклон поверхности и наличие многолетнемерзлых пород затрудняют сток осадков и талых вод, в результате чего происходит подтопление территории, ее заболачивание. Интенсифицируются процессы плоскостной эрозии. На реках во время вскрытия ото льда наблюдаются наводнения. Летом интенсивно горит лесной фонд, возникают тундровые пожары.

Увеличение частоты зимних оттепелей, сопровождающихся таянием снега и образованием корки льда на поверхности почвы и растений, препятствует доступу оленей к кормам. Возникают зимние и ранневесенние падежи домашних оленей [4].

Дальнейшее потепление приведет к изменениям флоры и фауны, появятся новые виды, изменится среда обитания и миграционные характеристики. Уже сейчас фиксируется увеличение зелёной растительности и

распространение кустарников в тундре. Произойдет изменение характеристик почвы. Повышение температур может привести к возникновению эпидемий, эпизоотий и эпифитотий [5]. В связи с этим требуется переработка регионального плана адаптации к климатическим изменениям в ЯНАО с обязательным включением в него мероприятий, направленных на адаптацию к вышеуказанным климатическим рискам.

Библиографические ссылки

1. *Мохов И. И.* Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. № 1. с. 3–14.
2. Мониторинг криолитозоны и создание системы геотехнического мониторинга в Ямало-Ненецком автономном округе в 2021 году, в рамках проекта «Прогноз деградации мерзлоты и технология автоматизированного контроля несущей способности мёрзлых грунтов под объектами капитального строительства: отчет о НИР / ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»; рук. Г.Н. Краев. Салехард, 2021. 248 с.
3. *Кислов А. В., Аляутдинов А. Р., Баранская А. В., Белова Н. Г., Богатова Д. М., Викулина М. А., Железнова И. В., Суркова Г. В., Краев Г. Н.* Прогноз изменений климата и интенсивности экзогенных процессов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 510. № 2. С. 233–240.
4. *Колесников Р. А., Локтев Р. И., Синицкий А. И., Камнев Я. К., Куликова О. Я.* Действие экологических факторов, как причина зимнего и ранневесеннего падежа оленей в сеяхинской тундре полуострова Ямал // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2018. № 3 (100). С. 38–45.
5. *Колесников Р. А., Черных Д. В., Малыгина Н. С.* Экологические последствия климатических изменений и адаптация к ним в Ямало-Ненецком автономном округе // Международная конференция «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023». 9–13 октября 2023 года. Сборник тезисов докладов. М.: Физмат-книга, 2023. С. 190.