

Научная статья
УДК 332.143+504.062
EDN XRRNBH

Оценка природных и техногенных рисков арктического природопользования для береговой зоны Мурманской области

Г. Г. Гогоберидзе¹, Е. А. Румянцева¹*, Ю. А. Леднова²,
Е. А. Ефименко¹

¹ Мурманский арктический университет, Мурманск, Россия

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

* e-mail: rumkate@rambler.ru

Аннотация

Интенсификация хозяйственного освоения арктического побережья России приводит к росту уязвимости прибрежных территорий, береговых эко-социо-экономических систем Арктической зоны Российской Федерации, подверженных комплексному воздействию природных и антропогенных факторов. В условиях климатических изменений и увеличения антропогенной нагрузки возникает необходимость в разработке комплексной научной системы анализа экологических и социально-экономических рисков природопользования для устойчивого развития прибрежных территорий Арктической зоны Российской Федерации. Цель исследования состоит в разработке такой модели оценки рисков, которая сочетает количественные и качественные индикаторные методики с матричной методикой. Предложена инновационная матричная методика оценки рисков, основанная на трехкомпонентной структуре (риск-источник, риск-фактор и риск-объект). Каждый компонент системы характеризуется уникальным набором классификационных признаков, а взаимосвязи между ними количественно оцениваются методом экспертных оценок по пятибалльной шкале. Разработанная модель рисков природопользования на побережье Российской Арктики содержит две ключевые матрицы составляющих риска: риск-фактор – риск-источник и риск-объект – риск-фактор, что позволяет проводить комплексный анализ рискообразующих процессов. Практическое применение модели проведено на примере 17 локальных приморских муниципальных образований Мурманской области. Применение разработанной методики и модели в качестве инструмента позволяет осуществлять комплексную оценку эффективности мер по снижению экологических и социально-экономических рисков, связанных с береговым арктическим природопользованием. Такой подход обеспечивает научно обоснованную базу для совершенствования территориального планирования и прогноза устойчивости арктических береговых эко-социо-экономических систем как единого комплекса, способствуя устойчивому развитию прибрежных территорий Арктики. Интеграция предложенной модели в процессы принятия управленческих решений дает возможность учитывать

© Гогоберидзе Г. Г., Румянцева Е. А., Леднова Ю. А., Ефименко Е. А., 2025



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0) License

динамику изменений природной среды и социально-экономических условий в среднесрочной и долгосрочной перспективе, что особенно важно для сохранения баланса в сложных арктических экосистемах.

Ключевые слова: риски природопользования, социально-экономические риски, эколого-экономические риски, береговая эко-социо-экономическая система, Арктика, интегральный показатель риска, экология природопользования

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-17-20021, <https://rscf.ru/project/24-17-20021/> и Минобрнауки Мурманской области согласно Соглашения от 03.05.2024 № 199.

Для цитирования: Оценка природных и техногенных рисков арктического природопользования для береговой зоны Мурманской области / Г. Г. Гогоберидзе [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2025. № 2. С. 159–174. EDN XRRNBH.

Natural and Technogenic Risks Assessment of Arctic Nature Use for the Murmansk Region Coastal Zone

G. G. Gogoberidze¹, **E. A. Rumiantceva**¹*, **I. A. Lednova**²,
E. A. Efimenko¹

¹ *Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia*

² *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia*

* *e-mail: rumkate@rambler.ru*

Abstract

Intensification of economic development of the Arctic coast of Russia increases the vulnerability of its coastal territories and coastal eco-socio-economic systems, exposed to a complex impact of natural and anthropogenic factors. Facing climatic changes and an increasing anthropogenic load, these Arctic territories require a comprehensive scientific system for analysing environmental and socio-economic risks of nature management to ensure their sustainable development. The study aims to develop a model of risk assessment that combines quantitative and qualitative indicator methods with a matrix method. The paper proposes an innovative matrix method of risk assessment based on a three-component structure (risk-source, risk-factor and risk-object). Each component of the system is characterised by a unique set of classification attributes, and the relationships between them are quantitatively assessed by the method of expert assessments on a five-point scale. The developed model of coastal management risks in the Russian Arctic contains two key matrices of risk components: risk-factor – risk-source and risk-object – risk-factor. This allows for a comprehensive analysis of risk formation processes. The model was applied in practice to 17 local coastal municipalities in the Murmansk Region. Using the developed methodology and model as a tool enables a thorough evaluation of the effectiveness of measures aimed at reducing environmental and socio-economic risks related to the Arctic coastal management. This approach provides a scientifically sound basis for improving territorial planning and forecasting the sustainability of Arctic coastal eco-socio-economic systems as an integrated whole, thus contributing to the sustainable development of Arctic coastal territories. Integrating the proposed model into management decision-making processes allows the dynamics of changes in the natural environment and socio-economic conditions to be taken into account in the mid- and long-term. This is particularly important for maintaining the balance in complex Arctic ecosystems.

Keywords: nature-use risks, social and economic risks, ecological and economic risks, coastal eco-socio-economic system, Arctic, integral risk indicator, nature-use ecology

Acknowledgements: The study was funded by Russian Science Foundation grant no. 24-17-20021, <https://rscf.ru/en/project/24-17-20021/>, and Ministry of Education and Science of the Murmansk Oblast according to Agreement no. 199 as of 03.05.2024.

For citation: Gogoberidze, G.G., Rumiantseva, E.A., Lednova, I.A. and Efimenko, E.A., 2025. Natural and Technogenic Risks Assessment of Arctic Nature Use for the Murmansk Region Coastal Zone. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 159–174.

Введение

Развитие экономики в Арктике увеличило уязвимость береговых экосистем вследствие природных (включая природно-климатические особенности) и техногенных угроз, в том числе антропогенного происхождения [1–5]. Существует реальная потребность в создании научных основ анализа рисков природопользования и их воздействия на береговые эко-социо-экономические системы Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Один из способов такого анализа – использование матричного подхода в сочетании с количественными и качественными индикаторными методами. Для арктических условий такое направление возможно реализовать¹⁾ с использованием современного методического инструментария, в частности картографических и геоинформационных методов [6–8], и технологии морского пространственного планирования [9].

Понятие риска в целом имеет множество определений, связанных в первую очередь со сферой человеческой деятельности, для которой требуется его оценка²⁾ [5, 10]. В случае природопользования в арктических условиях риски отождествляются с вероятностью наступления негативного события за определенный период времени, а также с потенциальным размером ущерба. Ущерб может измеряться как в монетарном виде, так и в иных абсолютных величинах (площадь затронутой территории, объем выбросов в атмосферу, число пострадавших и т. д.). В качестве периода времени для оценки риска природопользования обычно используется год.

Существует ряд проблемных, специфичных для Арктического региона вопросов, которые необходимо рассмотреть и учесть с точки зрения методологии оценки рисков [11–14]:

– создание сложных технических систем и рост рисков природопользования в Арктике необходимо рассматривать как результат технологического прогресса и увеличения использования природных ресурсов;

¹⁾ Гогоберидзе Г. Г., Шилин М. Б., Румянцева Е. А. Принципы классификации рисков природопользования и их взаимодействия с элементами береговой эко-социо-экономической системы АЗРФ // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – II» : материалы II Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д. Г. Матишова. Ростов-на-Дону, 2020. С. 318–320.

²⁾ Буянов В. П. Рискология: (Управление рисками). Москва : Экзамен, 2003. 381 с.

– арктическое береговое природопользование имеет сложную структуру и подвергается уникальным рискам, которые необходимо учитывать при освоении территорий и акваторий;

– воздействие природных и техногенных рисков на арктические береговые эко-социо-экономические системы вызывает большую угрозу каскадных катастроф и катастроф иерархических систем.

Для береговой зоны АЗРФ характерно воздействие двух типов рисков на процессы природопользования: природных (как следствие проявления опасных природных явлений) и антропогенных (в том числе техногенных катастроф). Такие типы рисков арктического природопользования принципиально различаются, однако в большинстве случаев выступают в виде взаимодополняющего сочетания. Это делает Арктический регион и его береговые зоны по-своему уникальными с точки зрения уязвимости всех составляющих береговых эко-социо-экономических систем [15–17].

Цель исследования – разработать модель оценки рисков арктического природопользования в береговой зоне АЗРФ, основанную на матричной методике оценки рисков в системе устойчивого природопользования, что позволит получить пространственное распределение оценок рисков и выявить наиболее важные риск-факторы, а также опробовать модель на приморских локальных муниципалитетах Мурманской области.

В статье использованы материалы конференций ^{1), 3)}.

Методы

Матричный подход к оценке рисков арктического берегового природопользования

Рассматривая риск как причинение вреда с определенной вероятностью, представим его как цепочку из трех компонент [5, 16, 17]:

1. Риск-источник.

Арктическая береговая зона, представляющая собой сложную эко-социосистему, в которой осуществляются экономическая деятельность и природопользование, содержит в себе источники потенциальных рисков. Возникновение угроз оказывает воздействие на устойчивое развитие региона.

2. Риск-фактор.

Реализация негативных факторов представляет собой трансформацию потенциального риска в конкретное событие, создающее опасность для объектов и практик природопользования в пределах арктической береговой системы. Исходной точкой для таких угроз является источник риска.

3. Риск-объект.

Объекты риска, являясь неотъемлемой частью арктической береговой системы, подвергаются воздействию негативных факторов, что ставит под угрозу

³⁾ Гогоберидзе Г. Г., Румянцева Е. А. Модель рисков арктического природопользования в береговой зоне Арктической зоны Российской Федерации на основе взаимосвязей природных, геоморфологических и техногенных факторов риска // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации : материалы научно-практической конференции, 4–7 апреля 2023 года / [ответственный редактор Е. А. Румянцева]. Мурманск : МАГУ, 2023. С. 96–98.

их стабильное функционирование и устойчивость. Это требует комплексного подхода к управлению рисками для обеспечения долгосрочной устойчивости арктической береговой зоны.

Следует подчеркнуть, что источник риска и объект риска в арктической прибрежной зоне тесно переплетены и формируют последовательность взаимосвязанных рисковых происшествий. Прогнозирование многоступенчатых аварий реализуемо при применении сценарного метода, в рамках которого первоначальный источник опасности инициирует фактор риска, оказывающий воздействие на уязвимый объект. В свою очередь, этот объект становится генератором новых факторов риска, и процесс повторяется, формируя иерархическую структуру, известную как дерево рисков.

Опираясь на предложенную структуру, можно ввести следующую классификацию [5, 17]:

1. Источники риска:

- происхождение риска (конкретный источник, генерирующий риск);
- контролируемость при снижении рисков (потенциал и действенность мер, направленных на уменьшение или ликвидацию риска);
- влияние на прибрежную эко-социо-экономическую систему (воздействие риска на экологическую, социальную и экономическую составляющие береговой зоны).

2. Факторы риска:

- пространственный охват (географическая территория, на которой реализуется риск);
- временной горизонт воздействия (длительность периода, в течение которого риск оказывает влияние);
- прогнозируемость (возможность предсказания времени и характера проявления риска);
- вероятность возникновения (частота появления риска в определенный период).

3. Объекты риска:

- непосредственный реципиент риска (элемент или система, на которую непосредственно направлено воздействие риска);
- потенциал для индуцирования каскада рисков (способность данного риска вызывать другие, более сложные риски);
- позиция в каскаде рисков (положение данного риска в последовательности взаимосвязанных рисковых событий);
- масштаб ущерба/последствий (степень негативных последствий, которые могут возникнуть в результате реализации риска).

В итоге для каждой из указанных составляющих рисков арктической береговой эко-социо-экономической системы был выделен перечень основных элементов, изложенный в работах [16–18], в целом содержащий:

- риск-источник (19 элементов);
- риск-фактор (21 элемент);
- риск-объект (18 элементов).

Специалисты проводили оценку взаимосвязей между компонентами риска, используя шкалу от одного до пяти [17]. На основе полученных данных были разработаны две матрицы, описывающие компоненты процесса управления рисками:

– первая матрица построена по принципу сопоставления риск-фактора (в строках) с источником риска (в столбцах). Эта матрица размерностью 21×19 предназначена для численной оценки интенсивности генерации определенного риска-фактора под воздействием каждого рассматриваемого источника риска;

– вторая матрица представляет собой структуру, в которой строки соответствуют объектам риска, а столбцы – факторам риска. В данной матрице размерностью 18×21 оценивается степень возможного влияния каждого фактора риска на корректное и результативное функционирование объектов риска.

На основе суммирования значений по соответствующим строкам и столбцам были определены ключевые и второстепенные элементы риска для каждой матрицы и структурной составляющей.

Модель рисков арктического природопользования в береговой зоне АЗРФ

В соответствии с представленным матричным подходом к оценке риска природопользования в арктических береговых эко-социо-экономических системах методика оценки рисков может быть структурирована в виде алгоритма [5, 16].

1. Размерность матриц риска можно снизить, исключив из рассмотрения риск-источники, риск-факторы и риск-объекты, отсутствующие для данного территориального объекта, и удалив соответствующие столбцы и строки в матрицах.

2. Оценка риск-факторов R_i производится с применением весовых коэффициентов, устанавливаемых в соответствии с характеристиками изучаемого региона [5]. Следует учитывать, что корректирующие коэффициенты, являясь фактически матрицами, имеют размерность, совпадающую с размерностью матриц, отражающих соотношение элементов процесса риска.

Коэффициенты рассчитываются в соответствии с критериями [16–18] на основе анализа следующих данных:

– информации о прошлых чрезвычайных ситуациях как природного, так и техногенного характера. Анализ включает выявление причин возникновения этих ситуаций и оценку их последствий для рассматриваемых и прилегающих территорий;

– сведений о текущей и исторической ситуации на изучаемых территориях при использовании спутниковой информации. В этот анализ входит изучение масштаба и типов застройки, инфраструктуры, расположения береговой линии, структуры уреза воды и других пространственных характеристик;

– информации о количестве и качестве инфраструктуры;

– планов противодействия различным видам чрезвычайных ситуаций на рассматриваемых и прилегающих территориях;

– иной информации о пространственно-временных особенностях возникновения и динамики факторов риска на изучаемых территориях.

3. Интегральный показатель риска R_{Int} определяется путем суммирования всех факторов риска R_i , скорректированных соответствующими территориальными коэффициентами. Расчет производится согласно формуле

$$R_{\text{Int}} = \sum(R_i).$$

Ключевые концептуальные принципы модели оценки рисков арктического прибрежного природопользования охватывают следующие аспекты [5]:

1) арктическая прибрежная эко-социо-экономическая система представляет собой четко разграниченную географическую область. Границы данной системы могут быть определены, например, следующим образом:

во-первых, это может быть прибрежное муниципальное образование районного масштаба, охватывающее прилегающие морские акватории;

во-вторых, граница может совпадать с приморским муниципальным образованием, состоящим из поселений, с включением внутренних водоемов;

в-третьих, в качестве границы может выступать ключевой пространственный объект, такой как поселок с прилегающими внутренними водными ресурсами, а также иные подобные образования, характеризующиеся взаимосвязанными экологическими, социальными и экономическими аспектами;

2) для оценки степени подверженности территориального объекта АЗРФ опасным событиям и вычисления комплексного показателя риска применяется безразмерный метод на основе матриц, описывающих компоненты риска. Первая матрица, сопоставляющая риск-факторы и источники риска, показывает интенсивность влияния каждого источника риска на формирование соответствующего риск-фактора. Вторая матрица, устанавливающая связь между риск-объектами и риск-факторами, определяет уровень воздействия каждого риска-фактора на стабильное и результативное функционирование рассматриваемого риска-объекта. Этот подход позволяет комплексно оценить уязвимость территории и выявить ключевые факторы, определяющие уровень риска.

Для иллюстрации процесса определения уровня риска, связанного с деятельностью в прибрежной зоне Арктики, были проанализированы отдельные территории, расположенные на побережье Мурманской области:

– городское поселение Кандалакша. Находится в южной части Мурманской области. Территория поселения разделена Кольским п-овом: северная часть расположена на полуострове, южная – на материке. На юго-востоке район граничит с Кандалакшским заливом;

– сельское поселение Териберка. Расположено в северной части Мурманской области, с севера омывается Баренцевым морем;

– сельское поселение Ура-Губа. Расположено в Кольском районе Мурманской области. Это место, где р. Ура впадает в одноименную губу, рядом расположена Кислогубская приливная электростанция.

Исследуемые территории значительно варьируют по ключевым физико-географическим и социально-экономическим показателям. Это обстоятельство позволяет всесторонне оценить универсальность предлагаемой методики в отношении различных типов арктических приморских территорий.

Для территории городского поселения Кандалакша и прилегающей акватории исходные матрицы незначительно уменьшены: риск-фактор – риск-источник до размерности 19×16 и риск-объект – риск-фактор до размерности 16×19 . Это обусловлено исключением факторов риска и объектов, не характерных для данной территории. При этом количество риск-факторов сократилось лишь на два: землетрясение и айсберговую опасность.

Оценки риск-факторов по матрицам составляющих риска с учетом корректирующих территориальных коэффициентов, показали, что наиболее значительными являются следующие риск-факторы:

- пожар (оценка 20.2);
- половодье в устьях рек / подтопление территории (оценка 14.8);
- техногенная авария (оценка 13.7).

Среди факторов риска, оказывающих существенное влияние на эту территорию (оценка от 12.2 до 10.0), следует выделить загрязнение твердыми отходами, включая химические и бытовые; инфекционно-эпидемиологическую опасность; аномально высокие температуры (таяние ледников и вечной мерзлоты, повышение уровня моря); выбросы химических загрязняющих веществ в атмосферу. Интегральная оценка риска для данного территориального образования – 552.6.

Для территории сельского поселения Териберка и прилегающей акватории исходные матрицы сокращаются: риск-фактор – риск-источник до размерности 16×11 и риск-объект – риск-фактор до размерности 11×16 за счет сокращения риск-источников и риск-объектов, отсутствующих на рассматриваемой территории. При этом из числа риск-факторов удалены следующие позиции: землетрясение, выброс химического загрязняющего/отравляющего вещества в атмосферу, выброс химического загрязняющего/отравляющего вещества на сушу / в гидросферу, разлив нефтепродуктов на сушу и радиационное заражение.

Оценки риск-факторов по матрицам составляющих риска с учетом корректирующих территориальных коэффициентов показали, что наиболее значительными являются следующие риск-факторы:

- пожар (оценка 22.9);
- техногенная авария (оценка 14.0);
- половодье в устьях рек / подтопление территории (оценка 12.0).

Иными значимыми для названной территории риск-факторами (оценка от 9.7 до 8.3) являются аномальный высокотемпературный режим (таяние ледяного покрова и вечной мерзлоты, повышение уровня моря), инфекционное/эпидемиологическое заражение, волновая/ледовая нагрузка и аномальные (интенсивные) осадки. Интегральная оценка риска для территориального образования составила 379.2.

При анализе территории сельского поселения Ура-Губа и прилегающей акватории матрицы риска также были оптимизированы. Размерность матрицы риск-фактор – риск-источник сократилась до 15×13 , а матрицы риска-объект – риск-фактор – до 12×15 . Количество риск-факторов уменьшилось на шесть позиций: землетрясение, опасность айсбергов, выброс химических загрязняющих/отравляющих веществ в атмосферу и на сушу / в гидросферу, разлив нефтепродуктов на сушу и радиационное заражение.

Анализ оценок факторов риска с использованием матричных моделей и с учетом корректирующих коэффициентов, определяемых для данного территориального объекта, выявил, что наиболее существенными факторами риска являются:

- пожар (оценка 15.2);
- техногенная авария (оценка 12.0).

Другими влияющими на рассматриваемую территорию риск-факторами (оценки от 10.7 до 9.7) являются загрязнение твердыми отходами, в том числе химическими, ТБО, инфекционное/эпидемиологическое заражение и аномальный высокотемпературный режим (таяние ледяного покрова и вечной мерзлоты, повышение уровня моря). Интегральная оценка риска для территориального образования в целом составила 274.9.

Представленная модель анализа рисков, связанных с эксплуатацией природных ресурсов в прибрежной АЗРФ, позволяет не только установить географическое распределение уровней риска и идентифицировать ключевые факторы риска, но и сформировать прогнозные оценки рисков и их составляющих на основе различных сценариев. Такая функциональность реализуется посредством потенциального добавления или исключения крупных объектов инфраструктуры или их совокупностей.

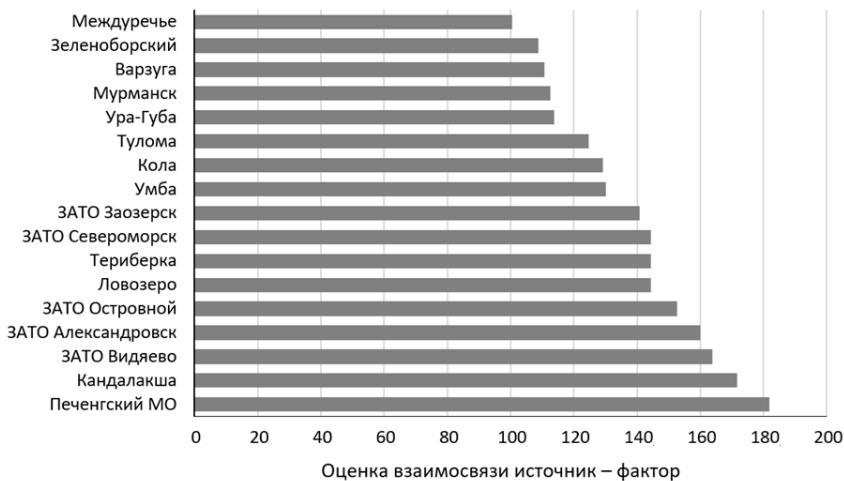
Результаты

Оценка рисков устойчивого арктического природопользования для береговой зоны Мурманской области

Разработанная модель оценки рисков арктического природопользования в прибрежной АЗРФ была опробована на 17 прибрежных территориальных объектах локального уровня управления Мурманской области. Вычисления проводились согласно описанной методике с использованием примеров для локальных муниципалитетов городского поселения Кандалакша, сельского поселения Териберка и сельского поселения Ура-Губа. Это позволило проанализировать полученные результаты в виде безразмерных оценок риска и его составляющих без детального описания вычислений. Для каждого территориального объекта были выявлены основные факторы риска с их вкладом в оценку воздействия на рассматриваемую территорию и оценены вклады отдельно природных и антропогенных (техногенных) факторов (без учета пожаров и инфекционных заболеваний). Выделение таких факторов, как пожар и инфекционные заболевания, обусловлено их спецификой: источником этих рисков может быть как природный, так и антропогенный/техногенный фактор либо их комбинация.

По результатам анализа, выявленные источники риска наиболее интенсивно продуцируют риск-фактор в Печенгском муниципальном округе. Для данной территории безразмерная оценка взаимосвязи источник – фактор превышает 180 (рис. 1).

Основной причиной повышенной степени риска в этом муниципальном образовании является сочетание относительно высокой плотности населения с характерным ландшафтным разнообразием. В результате Печенгский муниципальный округ характеризуется более высокой интенсивностью продуцирования риска-фактора, чем другие приморские районы Мурманской области.



Р и с . 1 . Интенсивность продуцирования риск-фактора под воздействием риск-источников для приморских муниципальных образований Мурманской области

F i g . 1 . The degree of risk-factors production from exposure to risk-sources for the coastal local municipalities of the Murmansk region

На втором месте по степени воздействия выявленных источников риска – городское поселение Кандалакша с показателем взаимосвязи источник – фактор более 170. Причины такого высокого значения аналогичны тем, что были описаны для Печенгского муниципального округа. За Кандалакшой следуют ЗАТО Видяево и ЗАТО Александровск, демонстрирующие показатель взаимосвязи источник – фактор более 160 для каждой территории. Наименьший показатель продуцирования риск-факторов (немногим более 100) зарегистрирован для сельского поселения Междуречье.

При анализе взаимосвязи фактор – объект для береговых территорий Мурманской области оценивалась степень потенциального воздействия риск-факторов на нормальное эффективное функционирование объектов риска. Наибольшая уязвимость выявлена у объектов городского поселения Кандалакша. Безразмерная оценка для данной территории превысила 380, что свидетельствует о высокой степени риска (рис. 2).

Как и для Печенгского муниципального округа (где безразмерный показатель составил свыше 340), этот результат объясняется значительным количеством подверженных рискам объектов, сконцентрированных на относительно плотно заселенной прибрежной территории с разнообразным рельефом. В совокупности эти факторы оказывают существенное влияние на нормальное эффективное функционирование расположенных в данном регионе объектов риска. В зоне риска также находятся объекты, расположенные в Мурманске, ЗАТО Видяево, ЗАТО Александровске, ЗАТО Североморске, ЗАТО Заозерске, Териберке, ЗАТО Островном, Коле, Туломе. На перечисленных территориях оценки варьируются от более 310 до ~ 200. Минимальное значение

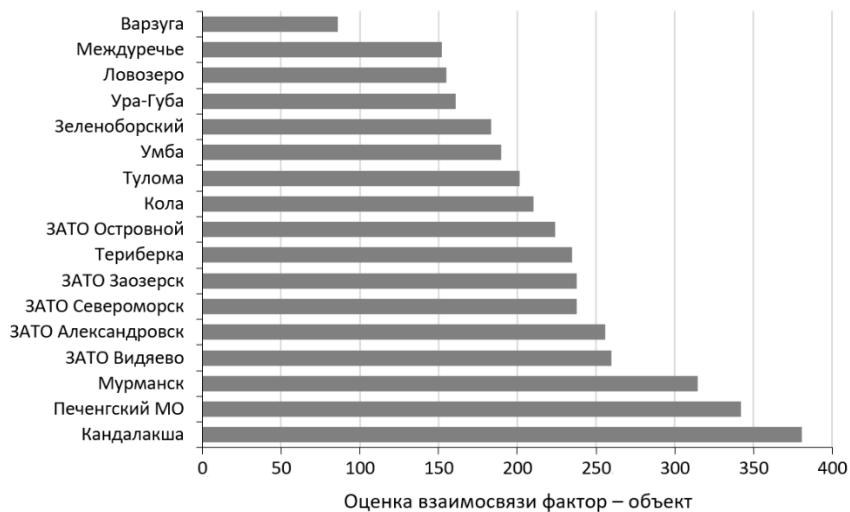


Рис. 2. Степень воздействия риск-фактора на нормальное эффективное функционирование риск-объектов для приморских муниципальных образований Мурманской области

Fig. 2. The degree of impact of the risk-factors on the normal effective functioning of risk-objects for the coastal local municipalities of the Murmansk region

оценки риска (более 85) отмечено у сельского поселения Варзуга. Такой результат обусловлен малым количеством объектов, расположенных на территории с низкой плотностью населения и однородным ландшафтом. В совокупности эти факторы свидетельствуют о незначительной степени воздействия потенциальных рисков на нормальную и эффективную деятельность объектов риска в данном регионе.

Анализ комплексной оценки рисков природопользования на прибрежные территории муниципальных образований Мурманской области выявил, что наивысшей степени риска подвержены объекты береговой зоны городского поселения Кандалакша. Интегральная оценка риска для данной территории превышает 550 (рис. 3). Это свидетельствует о том, что вероятность реализации природных или техногенных рисков, присущих Мурманской области, в этом муниципальном образовании составляет ~ 10 %. Объекты береговой системы ЗАТО Александровска, ЗАТО Видяево, Мурманск и Печенгского муниципального образования испытывают значительное воздействие риск-факторов с интегральными оценками в диапазоне от 410 до более 520. Наименьшее влияние риск-факторов наблюдается в сельском поселении Варзуга, где оценка составляет менее 200, что соответствует вероятности наступления неблагоприятных событий (опасных явлений), равной 3 %. В целом распределение значений интегральной оценки риска свидетельствует об обоснованной большей вероятности возникновения различных рисков на относительно густонаселенных территориях с большим количеством функционирующих объектов и разнообразным ландшафтом.

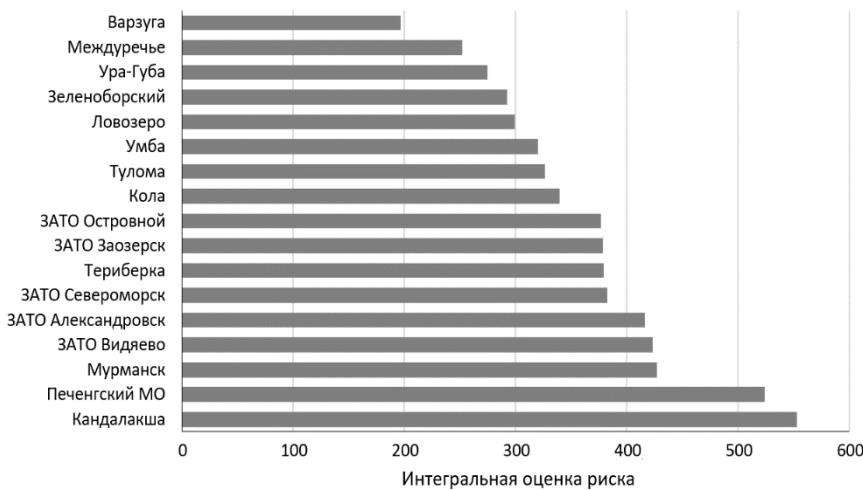


Рис. 3. Интегральная оценка риска для приморских муниципальных образований Мурманской области

Fig. 3. Integrated risk assessment for the coastal local municipalities of the Murmansk region

Проанализировав ключевые факторы риска, дифференцированные по степени влияния на объекты арктического природопользования в каждом приморском муниципалитете, можно выделить следующие особенности:

- пожары оказывают наибольшее воздействие на объекты Печенгского муниципального округа (9%-ная вероятность возникновения). Наименьшая уязвимость к этому фактору наблюдается в сельском поселении Варзуга;
- риск половодья в устьях рек / подтопления территории также минимален в Варзуге;
- объекты природопользования городского поселения Кандалакша характеризуются наивысшей (9 %) вероятностью риска техногенной аварии среди всех объектов Мурманской области;
- инфекционные/эпидемиологические заражения наиболее вероятны (9 %) в объектах арктической береговой эко-социо-экономической системы Печенгского муниципального округа по сравнению с другими муниципальными образованиями Мурманской области. Наименьшая чувствительность к этому фактору наблюдается в Варзуге.

Проведенный анализ выявил различия в степени воздействия природных и антропогенных (техногенных) факторов риска (без учета пожаров и инфекционных заболеваний) в приморских муниципальных образованиях Мурманской области. Наивысший вклад природных факторов (более 260, что соответствует примерно 9%-ной вероятности возникновения неблагоприятного природного явления) демонстрирует Печенгский муниципальный округ. Это обусловлено большим количеством природных риск-факторов по сравнению с другими приморскими муниципалитетами. У городского поселения Кандалакша наибольший вклад антропогенных (техногенных) факторов (более 235, что соответствует примерно 12%-ной вероятности возникновения

неблагоприятного события). Это связано с концентрацией большого количества техногенных объектов на сравнительно плотно заселенной территории. Сельское поселение Варзуга демонстрирует минимальные значения комплексного вклада как природных (примерно 4%-ная вероятность), так и антропогенных (примерно 2%-ная вероятность) факторов. Таким образом, это поселение является самым безопасным из 17 приморских муниципальных образований Мурманской области.

Заключение

Разработанная модель для оценивания рисков, связанных с использованием природных ресурсов в прибрежной АЗРФ, базируется на матричной методике оценки рисков устойчивости природопользования. Модель обеспечивает пространственное отображение значений оценки рисков и определение ключевых факторов риска. Эта модель учитывает базу данных, включающую критерии, типы, источники и объекты риска, а также их пространственный масштаб и характер воздействия. Кроме того, она позволяет оценивать различные комбинации отдельных факторов риска, например воздействие природных, антропогенных и других факторов риска.

При этом существует возможность создания картографических материалов и графических моделей, отражающих эко-социо-экономические системы арктических прибрежных территорий. Данный подход был успешно реализован на примере Мурманской области.

В рамках проекта РНФ была проведена оценка уровня территориальных рисков, связанных с природопользованием, что позволило сформулировать рекомендации для принятия обоснованных управленческих решений в области территориального планирования и рационального использования доступных ресурсов. Получаемые картографические и графические материалы могут служить ценным инструментом для оптимизации управления и обеспечения устойчивого развития Арктического региона.

Предложенная модель представляет собой ценный инструмент для анализа динамики рисков и определения общего уровня риска, связанного с вводом в эксплуатацию или демонтажом крупных объектов инфраструктуры или их комплексов. Реализация подобного сценария предполагает разработку прогноза изменений значений компонентов риска и корректирующих факторов, что, в свою очередь, позволяет получить интегральную оценку риска.

Внедрение представленной методики и модели будет способствовать оптимизации процедур территориального планирования и обеспечению стабильности арктических прибрежных эко-социо-экономических комплексов. Совершенствование данной методики и модели обусловлено необходимостью анализа рисков природопользования и адаптации к трансформациям в экологической и социально-экономической областях. Это даст возможность их гибкого использования при проведении подобных оценок рисков в рамках поставленных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Деттер Г. Ф., Ильясов Р. М.* Оценка итогов апробации модели комплексного управления прибрежными зонами на примере Ямalo-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямalo-Ненецкого автономного округа. 2018. № 4. С. 118–125. EDN GLSUSG.
2. *Донских Д. В., Мельников А. О., Люй К. Е.* Устойчивое развитие арктического региона: основные теоретические аспекты // Национальная безопасность / Nota bene. 2023. № 4. С. 39–51. EDN THCTYM. <https://doi.org/10.7256/2454-0668.2023.4.43685>
3. Оценка эффективности организации новых центров экономического роста в Арктике / И. В. Филимонова [и др.] // Арктика и Север. 2023. № 50. С. 66–88. EDN ZJNMJO. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.50.66>
4. *Моргунов Б. А., Терентьев А. А., Козельцев М. Л.* Оценка трансграничных рисков и глобальных последствий изменений климата и экономической деятельности в бассейнах арктических морей // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 2. С. 100–108. EDN WASNOE. <https://doi.org/10.31857/S2587-556620192100-108>
5. *Гогоберидзе Г. Г., Румянцева Е. А., Шилин М. Б.* Природные и техногенные риски природопользования в береговых эко-социо-экономических системах Арктической зоны Российской Федерации // Региональная экономика: теория и практика. 2021. Т. 19, № 2. С. 360–383. EDN VPXADD. <https://doi.org/10.24891/re.19.2.360>
6. *Кузьмин С. Б., Лопаткин Д. А.* Картографирование риска природопользования в субъектах Российской Федерации // Геодезия и картография. 2020. Т. 81, № 9. С. 14–29. EDN DGFKLV. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2020-963-9-14-29>
7. *Кулыгин В. В.* Разработка геоинформационного ресурса рисков опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности // Интеркарто. Интергис. 2018. Т. 24, № 1. С. 158–166. EDN YPZJOX. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-158-166>
8. *Гогоберидзе Г. Г., Косьян Р. Д., Румянцева Е. А.* Методика комплексной оценки устойчивости береговых эко-социо-экономических систем на основе индикаторного подхода // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2020. № 3. С. 122–141. EDN HWEXMB. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-3-122-141>
9. Морское пространственное планирование: возможности для приморских территорий и прилегающих акваторий Мурманской области / А. А. Ершова [и др.] // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14, № 2. С. 269–287. EDN YNZSDC. <https://doi.org/10.24891/ni.14.2.269>
10. *Акимов В. А., Новиков В. Д., Радаев Н. Н.* Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. Москва : Деловой экспресс, 2001. 344 с. EDN VRIDWD.
11. *Баландин Д. А., Баландин Е. Д., Пыткин А. Н.* Приоритеты пространственного развития арктических территорий // Экономические отношения. 2019. Т. 9, № 3. С. 1735–1746. EDN NGUWBG. <https://doi.org/10.18334/eo.9.3.40926>
12. *Лаженцев В. Н.* Социально-экономическое пространство и территориальное развитие севера и Арктики России // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 2. С. 353–365. EDN XYCGYH. <https://doi.org/10.17059/2018-2-2>
13. *Порфириев Б. Н., Лексин В. Н.* Роль технологической модернизации в формировании социально ориентированной экономики и обеспечении устойчивого развития российской Арктики // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. Т. 8, № 84. С. 629–639. EDN YLOHOP. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2017.8.4.629-639>

14. Цукерман В. А., Горячевская Е. С. О методологии оценки уровня инновационного развития регионов севера и Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3. С. 57–68. EDN ZRQAUL.
15. Бакаев А. А., Сахарова С. М. Оценка эффективности государственного управления социально-экономическим развитием Арктической зоны Российской Федерации на основе системы сбалансированных показателей // Среднерусский вестник общественных наук. 2024. Т. 19, № 1. С. 150–171. EDN LORMNL. <https://doi.org/10.22394/2071-2367-2024-19-1-150-171>
16. Оценки рисков природопользования в береговой зоне Мурманской области на основе матрично-индикаторного подхода / Е. А. Румянцева [и др.] // Экология. Экономика. Информатика. Серия: системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2024. Т. 1, № 9. С. 92–95. EDN НРПАР.
17. Гогоберидзе Г. Г., Румянцева Е. А., Шилин М. Б. Оценка рисков арктического берегового природопользования на основе матричного подхода // Российская Арктика. 2021. № 15. С. 5–16. EDN LNEYQB. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2021-4-05-16>
18. Румянцева Е. А., Гогоберидзе Г. Г., Шилин М. Б. Классификационные признаки и видовые формы составляющих рисков природопользования в береговой эко-социо-экономической системе Арктической зоны РФ // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – III»). Материалы III Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д. Г. Матищова, Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021 г. Ростов-на-Дону : ФИЦ ЮНЦ РАН, 2021. С. 126–129. EDN SXXWHZ.

Поступила 07.08.2024 г.; одобрена после рецензирования 14.10.2024 г.;
принята к публикации 25.03.2025 г.; опубликована 30.06.2025 г.

Об авторах

Гогоберидзе Георгий Гивиевич, ведущий научный сотрудник, Мурманский арктический университет (183038, Россия, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15), доктор экономических наук, доцент, **SPIN-код: 4117-7116, ORCID ID: 0000-0002-0537-0268, Scopus Author ID: 6507697703, ResearcherID: E-6597-2014, gogoberidze.gg@yandex.ru**

Румянцева Екатерина Александровна, старший научный сотрудник, Мурманский арктический университет (183038, Россия, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15), кандидат физико-математических наук, **SPIN-код: 3753-2246, ORCID ID: 0000-0003-2916-3092, Scopus Author ID: 57205164298, ResearcherID: T-2221-2018, rumkate@rambler.ru**

Леднова Юлия Анатольевна, доцент, Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого (195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29 литер Б), кандидат географических наук, **SPIN-код: 8972-9814, ORCID ID: 0000-0003-2051-1994, Scopus Author ID: 56076423700, ResearcherID: H-3062-2014, lednovajulia@mail.ru**

Ефименко Екатерина Андреевна, инженер-исследователь, Мурманский арктический университет (183038, Россия, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15), **ORCID ID: 0009-0007-3557-1937, efimenkoea@mauniver.ru**

Заявленный вклад авторов

Гогоберидзе Георгий Гивиевич – общее научное руководство исследованием, формулировка целей и задач исследования, разработка методики и подходов, разработка матричного подхода и модели рисков, формулирование направлений дальнейших исследований, обсуждение результатов работы, формулирование выводов, подготовка текста статьи

Румянцева Екатерина Александровна – разработка матричного подхода, анализ полученных расчетных результатов, обсуждение материалов статьи и результатов работы, подготовка текста статьи, доработка текста

Леднова Юлия Анатольевна – обзор литературы по проблеме исследования, разработка матричного подхода, сбор информации для проведения расчетов, формулирование направлений дальнейших исследований, обсуждение материалов статьи и результатов работы, формулирование выводов, доработка текста

Ефименко Екатерина Андреевна – сбор информации для проведения расчетов, обсуждение материалов статьи и результатов работы, формулирование выводов, доработка текста

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.