

и развития [Текст] / Шарафутдинов Р.И., Герасимов В.О // Перспективы социально-экономического развития в XXI столетии: инновационные, финансовые, информационные и правовые аспекты – 2019. – С. 199–206.

9) Шигапов И.И., Макарова Т.С. Экономика инклюзивного образования: затраты, выгоды и перспективы [Текст] / Шигапов И.И., Макарова Т.С. // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 10, № 3 (156). – С. 195–204.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ В АКВАТОРИИ ЧЁРНОГО МОРЯ: ТЕХНОГЕННЫЕ УГРОЗЫ И ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Крайнов Константин Сергеевич¹

Российская Федерация, г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Аннотация: В статье рассматриваются современные климатические вызовы в акватории Чёрного моря и их влияние на управление природными и техногенными рисками. Особое внимание уделено проблеме дрейфующих и донных морских мин как фактору экологической и инфраструктурной уязвимости региона. Предложено цифровое решение мониторинга опасных морских объектов, направленное на повышение устойчивости прибрежных территорий и снижение аварийных рисков.

Ключевые слова: климатическая адаптация, природные риски, Чёрное море, морские мины, техногенные угрозы, цифровой мониторинг, прибрежная безопасность.

¹Студент 3 курса бакалавриата Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Научный руководитель: Ирина А.Ю., старший преподаватель кафедры физики конденсированного состояния и наноразмерных систем Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Irinina A.Y., Senior Lecturer, Department of Condensed Matter Physics and Nanoscale Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin).

CLIMATE ADAPTATION AND NATURAL RISK MANAGEMENT IN THE BLACK SEA REGION: TECHNOGENIC THREATS AND DIGITAL SOLUTIONS

Krainov K.S.

Russian Federation, Yekaterinburg, Ural Federal University named after the
first President of Russia B.N. Yeltsin.

Abstract: The article examines contemporary climate challenges in the Black Sea region and their impact on natural and technogenic risk management. Special attention is paid to drifting and bottom sea mines as a factor of ecological and infrastructural vulnerability. A digital monitoring solution for hazardous marine objects is proposed to enhance coastal resilience and reduce emergency risks.

Keywords: climate adaptation, natural risks, Black Sea, sea mines, technogenic threats, digital monitoring, coastal security.

Введение

Изменение климата и рост техногенной нагрузки на морские акватории формируют новый комплекс рисков для прибрежных территорий. Усиление штормовой активности, изменение направлений течений, повышение уровня моря и учащение экстремальных погодных явлений увеличивают подвижность опасных объектов в морской среде. В условиях Чёрного моря данная проблема приобретает особую актуальность ввиду высокой плотности судоходства, стратегического значения портовой инфраструктуры и наличия исторически сформированного минного наследия [1].

В годы Второй мировой войны в акватории Чёрного моря было установлено, по различным оценкам, до 40–55 тыс. мин, часть которых остаётся потенциально опасной до настоящего времени [2]. Современные события также способствуют появлению дрейфующих мин, создающих угрозу гражданскому судоходству и экосистемам. Таким образом, проблема минной опасности выходит за рамки военной тематики и становится частью системы управления природными и техногенными рисками.

Климатическая адаптация в данном контексте предполагает разработку механизмов предупреждения и минимизации последствий взаимодействия опасных морских объектов с инфраструктурой и природной средой.

Ход исследования

Особенности природных и техногенных рисков Чёрного моря.

Чёрное море характеризуется сложным рельефом дна, узкими проливами, интенсивными течениями и значительной антропогенной

нагрузкой [3]. Усиление ветровых режимов и штормовой активности способствует перемещению донных объектов и якорных мин. Повышенная турбулентность воды увеличивает вероятность отрыва мин от креплений и их перехода в дрейфующее состояние.

Мины могут реагировать на магнитное поле судна, акустические колебания или гидродинамические изменения [4]. В условиях изменения климатических параметров возрастает вероятность ложных или преждевременных срабатываний вследствие колебаний водной массы. Таким образом, климатический фактор становится катализатором техногенных рисков.

Дополнительную угрозу представляет коррозия металлических корпусов боеприпасов, ускоряемая изменением температуры воды и химического состава морской среды [5]. Это повышает вероятность утечек взрывчатых веществ и загрязнения донных отложений.

Экологические и инфраструктурные последствия.

Детонация мины вблизи портовой инфраструктуры может привести к повреждению гидротехнических сооружений, судов и подводных коммуникаций. Кроме прямых разрушений, возникают вторичные экологические последствия: выбросы нефтепродуктов, загрязнение донных осадков, гибель гидробионтов.

Чёрное море является важным транспортным коридором. Нарушение судоходства вследствие минной угрозы приводит к экономическим потерям и росту страховых рисков [6]. В условиях климатической нестабильности необходимость постоянного мониторинга морской среды становится элементом адаптационной стратегии региона.

Анализ существующих решений.

В мировой практике применяются различные системы противоминной борьбы: тральщики, телеуправляемые подводные аппараты, автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), а также комплексные платформы с надводными носителями [7]. Однако большинство решений ориентированы на уничтожение мин, а не на их долговременный мониторинг.

Высокая стоимость зарубежных систем (несколько миллионов евро за комплекс) ограничивает их массовое применение [8]. Кроме того, многие решения не учитывают специфику Чёрного моря и климатические особенности региона.

Предлагаемое решение.

В рамках исследования разработано техническое решение — система контроля морских мин (СКММ), основанная на взаимодействии буя и группы автономных необитаемых подводных аппаратов.

Система функционирует следующим образом:

1) В заданной акватории размещается буй с оптоволоконной связью и системой стабилизации координат.

2) К бую подключаются несколько АНПА, способных осуществлять поиск объектов с помощью гидролокатора.

3) При обнаружении мины аппарат фиксирует координаты, производит визуальную идентификацию и передаёт данные в центр управления.

4) Информация используется для координации действий по нейтрализации угрозы.

Отличительной особенностью решения является ориентация не на разовое уничтожение, а на долговременный контроль и сопровождение опасного объекта до прибытия специализированных подразделений. Система может функционировать до трёх суток в автономном режиме.

Предложенное решение защищено патентом на полезную модель. Оно предполагает масштабируемую архитектуру: количество АНПА варьируется в зависимости от плотности мин в заданной зоне. Использование защищённой оптоволоконной связи обеспечивает минимальную задержку сигнала и устойчивость к внешним помехам.

Роль цифровых технологий в климатической адаптации.

Современные подходы к управлению природными рисками предполагают интеграцию цифровых платформ, геопространственного анализа и систем мониторинга в режиме реального времени [9]. СКММ может быть интегрирована в региональные системы пространственных данных, формируя цифровую карту опасных морских объектов.

Накопление статистики о перемещении мин и динамике морских течений позволяет строить прогнозные модели и повышать точность оценки рисков. Таким образом, технология становится инструментом климатической адаптации и устойчивого развития прибрежных территорий.

Полученные результаты и выводы (Заключение)

Проведённый анализ показал, что минная опасность в Чёрном море является фактором комплексного природно-техногенного риска, усиливаемого климатическими изменениями. Рост штормовой активности и изменение гидродинамических параметров моря увеличивают вероятность перемещения и детонации мин.

Существующие зарубежные решения ориентированы преимущественно на уничтожение мин и обладают высокой стоимостью, что ограничивает их широкое внедрение. Предложенная система контроля морских мин представляет собой адаптационный инструмент, направленный на мониторинг, цифровую фиксацию и сопровождение опасных объектов.

Реализация системы способствует:

- снижению аварийных рисков для судоходства;
- уменьшению вероятности экологического ущерба;
- повышению устойчивости портовой инфраструктуры;
- развитию отечественных технологий морского мониторинга.

Таким образом, цифровые решения мониторинга опасных морских объектов становятся важным элементом стратегии климатической адаптации и управления природными рисками в акватории Чёрного моря.

Список использованных источников

- 1) Айбулатов Н.А. Черное море: природные условия и антропогенные изменения. М.: Наука, 2020. 312 с.
- 2) Бойцов В.И. Минная война на Черном море в годы Второй мировой войны. СПб.: Морской сборник, 2021. 198 с.
- 3) Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 4. Черное море / под ред. А.И. Симонова. СПб.: Гидрометеиздат, 2020. 450 с.
- 4) Даниленко В.А. Морские мины и средства противоминной борьбы. М.: Воениздат, 2022. 256 с.
- 5) Кузнецов П.В. Коррозионные процессы в морской среде и их экологические последствия // Экология моря. 2021. № 3. С. 45–52.
- 6) Никитин С.А. Экономические риски морского судоходства в условиях геополитической нестабильности // Транспорт и логистика. 2023. № 2. С. 14–21.
- 7) Sutton R., Chernyavsky A. Underwater Robotics: Science, Design and Fabrication. London: Springer, 2021. 384 p.
- 8) Williams J. Autonomous Mine Countermeasure Systems and Their Operational Application // Naval Engineering Journal. 2022. Vol. 134. No. 2. P. 65–78.
- 9) World Meteorological Organization. Climate Risk Management in Coastal Zones. Geneva, 2022. 120 p.