

## **Скрытые угрозы: подводные катастрофы и атомные аварии как фактор глобального экологического риска**

***Панкрашов Никита Нурович***

*Студент (магистр)*

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт философии,  
Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: lowny@mail.ru*

Экологические последствия ядерных инцидентов, как морских, так и наземных, остаются предметом интенсивных научных исследований. Несмотря на прогресс в технологиях безопасности, риск радиоактивного загрязнения сохраняет актуальность из-за долгосрочного воздействия радионуклидов на биосферу. Исторический анализ аварий демонстрирует, что их последствия варьируются от локальных экосистемных нарушений до глобальных климатических изменений, что требует комплексного подхода к оценке и управлению рисками [6].

Катастрофа атомной подводной лодки К-278 "Комсомолец" в 1989 году стала примером долговременной экологической угрозы. Затонув на глубине 1665 метров, субмарина продолжает выделять плутоний-239, концентрация которого вблизи вентиляционных отверстий в 2019 году превысила фоновые значения в 100 тыс. раз. Подобные случаи подчёркивают динамичность радиационных рисков: коррозия корпусов и изменение океанических течений могут реактивировать выбросы даже спустя десятилетия. Аналогичные проблемы наблюдались после аварии АПЛ К-431 в бухте Чажма (1985), где тепловой взрыв реактора привёл к выбросу 20 млн кюри радиоактивных веществ, загрязнивших акваторию стронцием-90 и цезием-137 [6].

Сравнение наземных и морских аварий выявляет принципиальные различия в механизмах распространения загрязнения. Чернобыльская катастрофа (1986) привела к формированию зоны отчуждения площадью 2600 км<sup>2</sup>, где до сих пор фиксируются повышенные уровни цезия-137 в почвах и лесных экосистемах. В отличие от этого, авария на АПЛ К-219 (1986) в Атлантике вызвала точечное загрязнение, быстро рассеявшееся благодаря океаническим течениям. Однако морские инциденты, такие как утечка жидкометаллического теплоносителя, демонстрируют уникальные риски биоаккумуляции радионуклидов в донных отложениях, что потенциально нарушает баланс глубоководных биоценозов [2].

Фукусимская авария (2011) стала примером комбинированного воздействия на морскую и наземную среды. Около 80% радиоактивных выбросов попало в Тихий океан, где максимальная концентрация цезия-137 достигла 180 000 Бк/л, что в 4500 раз превысило допустимые нормы для морских организмов. Последующее оседание радионуклидов на донные отложения привело к формированию вторичных источников загрязнения, что подтверждается моделями МАГАТЭ. При этом наземные работы по дезактивации в Фукусиме потребовали удаления верхнего слоя почвы на площади 9000 км<sup>2</sup>, что значительно превысило масштабы морских реабилитационных мер [3].

Радиоактивное загрязнение характеризуется способностью радионуклидов мигрировать по трофическим цепям. Исследования в Чернобыльской зоне выявили, что цезий-137 образует "горячие частицы" в почве, сохраняясь десятилетиями и проникая в растительные ткани [3]. В морских экосистемах плутоний-239, выделяемый затонувшими субмаринами, адсорбируется биогенными частицами, создавая долговременные очаги загрязнения. Биоаккумуляция изотопов в рыбе и моллюсках представляет особую опасность, так как их потребление ведёт к внутреннему облучению организма.

Современные методы минимизации рисков включают герметизацию реакторных отсеков и создание искусственных донных покрытий. Например, для "Комсомольца" были разработаны адсорбционные барьеры, снизившие концентрацию плутония в воде до 0.01 Бк/м<sup>3</sup>. Однако долгосрочные прогнозы указывают на необходимость постоянного мониторинга, учитывая период полураспада плутония-239 (24 100 лет) и цезия-137 (30 лет). Международное сотрудничество в этой области остаётся ключевым: проекты под эгидой МАГАТЭ позволили стандартизировать методы оценки радиационного воздействия на биоту [7].

Угрозы усугубляются климатическими изменениями. Повышение температуры океанов ускоряет коррозию корпусов затонувших субмарин, а учащение экстремальных погодных явлений увеличивает риск повреждения хранилищ радиоактивных отходов [5]. Потенциальное таяние вечной мерзлоты в арктических регионах, где расположены захоронения ядерных отходов СССР, может привести к новым выбросам радионуклидов в Северный Ледовитый океан [4]. Опыт прошлых катастроф демонстрирует необходимость пересмотра подходов к ядерной безопасности. Уроки Чернобыля и Фукусимы показывают, что даже локальные инциденты имеют глобальные последствия из-за атмосферного переноса радионуклидов. Современные исследования подчёркивают важность превентивных мер: от разработки реакторов с пассивными системами безопасности до создания международных баз данных о затонувших объектах. Только комплексный подход, сочетающий технологические инновации и трансграничное сотрудничество, позволит снизить экологические риски ядерной эры.

#### Источники и литература

- 1) Васильева, С. Управление рисками энергетических ядерных объектов / С. Васильева, [и др.] // Научные труды ПензГУ. Приоритетная идея управления техногенными рисками опасных энергетических объектов РФ. – 2023. – URL: <https://nikas.pnngu.ru/files/nikas.pnngu.ru/11121.pdf> (дата обращения: 09.03.2025). – Текст : электронный.
- 2) Израэль, Ю. А. Экологический мониторинг : учебное пособие / Ю. А. Израэль. – Казань : Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 9-10. – URL: [https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_15/scan/141%D1%8D%D0%BB.pdf](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/141%D1%8D%D0%BB.pdf) (дата обращения: 09.03.2025). – Текст : электронный.
- 3) Истомина, М. Н. Экологические последствия наводнений / М. Н. Истомина, А. Г. Кочарян, И. П. Лебедева, К. Е. Никитская // Институт водных проблем РАН. – 2022. – С. 2-7. – URL: <https://www.iwp.ru/upload/iblock/a4d/a4d3d47ee37b44535918fbdea76057b3.pdf> (дата обращения: 09.03.2025). – Текст : электронный.
- 4) Питухина, М. А. Экологический мониторинг промышленных моногородов Арктики / М. А. Питухина, А. Д. Белых // Ru-Society. – 2024. – URL: [https://www.ru-society.com/jour/article/view/126?locale=ru\\_RU](https://www.ru-society.com/jour/article/view/126?locale=ru_RU) (дата обращения: 09.03.2025). – Текст : электронный.
- 5) Риск-ориентированный подход к мерам физической ядерной безопасности // Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности. – 2022. – С. 3-5. – URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1678R\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1678R_web.pdf) (дата обращения: 09.03.2025). – Текст : электронный.
- 6) Bonacic, C. Scientists warning on the ecological effects of radioactive leaks on ecosystems / C. Bonacic, R. A. Medellin, W. Ripple, R. Sukumar, A. Ganswindt, S. M. Padua, C. Padua, M. C. Pearl, L. F. Aguirre, L. M. Valdés, D. Buchori, J. L. Innes, J. T. Ibarra, R.

Rozzi, A. A. Aguirre // Frontiers in Ecology and Evolution. – 2023. – Т. 10. – № 1099162. – URL: <https://www.frontiersin.org/journals/ecology-and-evolution/articles/10.3389/fevo.2022.1099162/full> (дата обращения: 09.03.2025). – DOI: 10.3389/fevo.2022.1099162. – Текст : электронный.

- 7) Impact on seafood safety of the nuclear accident in Japan : информационный документ / International Atomic Energy Agency, Food and Agriculture Organization of the United Nations. – [Б. м.], 2011. – 4 с. – URL: [https://www.iaea.org/sites/default/files/seafood\\_safety0511\\_0.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/seafood_safety0511_0.pdf) (дата обращения: 09.03.2025). – Текст : электронный.