

А. Г. Алтынбекова¹✉, Н. И. Добротворская¹

Сравнительный анализ нормативов по радиационной безопасности и землепользованию в разных странах

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: msasema9494@gmail.com

Аннотация. В данной статье проведен сравнительный обзор нормативных актов, регулирующих вопросы радиационной безопасности и использования земель в различных странах мира. Целью исследования является выявление сходных черт и различий в подходах к оценке, контролю и управлению территориями, подвергшимися воздействию радионуклидного загрязнения. Рассмотрены действующие нормы, предельные значения доз облучения, методы радиационного зонирования, а также правовые инструменты, направленные на ограничение хозяйственной деятельности на загрязненных участках. Особое внимание уделено опыту России, Казахстана, Японии и США, где реализуются различные модели радиационного мониторинга и нормативные системы, сформированные с учетом национальных особенностей и приоритетов радиационной защиты. Результаты анализа позволяют выявить тенденции сближения международных стандартов и предложить научно обоснованные пути совершенствования законодательства в сфере радиационной безопасности и рационального землепользования.

Ключевые слова: радиационная безопасность, землепользование, радиационное зонирование, нормативные документы, дозовые критерии, радиационный мониторинг, загрязненные территории, международные стандарты, экологическая безопасность, правовое регулирование

A. G. Altynbekova¹✉, N. I. Dobrotvorskaya¹

Comparative Analysis of Regulations on Radiation Safety and Land Use in Different Countries

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: msasema9494@gmail.com

Abstract. This article presents a comparative review of regulatory acts governing issues of radiation safety and land use in various countries around the world. The aim of the study is to identify similarities and differences in approaches to the assessment, control, and management of territories affected by radionuclide contamination. The paper examines current standards, permissible exposure dose limits, methods of radiation zoning, and legal instruments aimed at restricting economic activities in contaminated areas. Particular attention is paid to the experience of Russia, Kazakhstan, Japan, and the United States, where different models of radiation monitoring and regulatory systems have been implemented, taking into account national characteristics and priorities of radiation protection. The results of the analysis reveal trends in the convergence of international standards and offer scientifically grounded ways to improve legislation in the field of radiation safety and sustainable land use.

Keywords: radiation safety, land use, radiation zoning, regulatory documents, dose criteria, radiation monitoring, contaminated areas, international standards, environmental safety, legal regulation

Введение

Обеспечение радиационной безопасности и рационального использования земель, загрязненных радионуклидами, является одной из актуальных задач современного общества. Последствия ядерных испытаний, аварий на атомных станциях и функционирования предприятий атомной промышленности требуют постоянного совершенствования системы контроля и нормативного регулирования. В современных условиях, когда возрастает значение международного сотрудничества и обмена опытом, особую роль приобретает сравнительное изучение подходов различных стран к защите населения и окружающей среды от радиационного воздействия [1], [2].

Мировая практика показывает, что, несмотря на общие цели минимизации доз облучения и предупреждения радиационных рисков, каждая страна вырабатывает собственные механизмы регулирования, основанные на историческом опыте, уровне научно-технического развития и особенностях радиационной обстановки. Так, авария на Чернобыльской АЭС в России, последствия ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне в Казахстане, катастрофа на АЭС «Фукусима-1» в Японии и опыт США в сфере ядерной энергетики способствовали формированию уникальных национальных систем радиационного контроля и управления загрязненными территориями [5], [6], [10], [12].

Цель данного исследования заключается в сравнительном анализе нормативных основ радиационной безопасности и землепользования в разных странах с целью выявления общих закономерностей, различий и направлений совершенствования существующих систем.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- изучить действующие нормативные документы и стандарты, регулирующие радиационную безопасность и использование земель;
- определить особенности методов радиационного зонирования и установления допустимых доз облучения;
- рассмотреть применяемые технологии и инструменты радиационного мониторинга;
- сопоставить национальные нормативы с международными требованиями и рекомендациями МАГАТЭ;
- обобщить полученные результаты и предложить пути повышения эффективности радиационной защиты и рационального землепользования.

Таким образом, исследование направлено на выявление тенденций и лучших практик в области радиационной безопасности, а также на разработку научно обоснованных предложений по гармонизации национальных систем с международными экологическими стандартами.

Материалы и методы

В ходе исследования были использованы нормативно-правовые акты, научные публикации и отчеты международных организаций, регулирующие вопросы радиационной безопасности и рационального землепользования. Основу информационной базы составили документы Российской Федерации, Республики Казах-

стан, Японии и Соединенных Штатов Америки, а также материалы Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Комиссии ООН по воздействию атомной радиации (UNSCEAR) [5–9].

Работа выполнена с применением комплексного методологического подхода, включающего нормативно-аналитический, сравнительно-сопоставительный и системный методы исследования. На первом этапе осуществлялось изучение действующих стандартов, санитарных правил и методических документов, устанавливающих критерии оценки радиационной обстановки и допустимых доз облучения. Далее проводилось сопоставление национальных систем радиационного регулирования по ряду параметров:

- предельно допустимые уровни облучения населения (мЗв/год);
- принципы радиационного зонирования территорий;
- используемые методы мониторинга и радиационного картографирования;
- правовые ограничения на хозяйственное использование загрязненных земель.

Для анализа применялись данные отечественных и зарубежных исследований, а также результаты радиационного мониторинга территорий, пострадавших от радиационного воздействия: Чернобыльская зона (Россия), Семипалатинский полигон (Казахстан), район Фукусимы (Япония) и испытательные объекты США [1–4], [10–13].

Исследование базировалось на использовании методов контент-анализа, сравнительного анализа нормативов и элементов геоинформационного моделирования, что позволило систематизировать информацию о критериях зонирования и применяемых технологиях контроля. Сводные результаты представлены в таблице 1, где отражены основные параметры радиационного зонирования - дозовые лимиты, используемые инструменты и примеры их практической реализации.

Полученные данные послужили основой для оценки тенденций гармонизации международных требований и выработки рекомендаций по совершенствованию национальных систем радиационной безопасности и рационального землепользования.

Результаты

В ходе проведенного исследования был выполнен сравнительный анализ национальных подходов к обеспечению радиационной безопасности и регулированию землепользования на загрязненных территориях. В результате обработки и обобщения полученных данных сформирована сравнительная таблица, отражающая ключевые критерии радиационного зонирования, используемые технологии мониторинга и особенности нормативного регулирования в различных странах [3],[5].

Анализ представленных в табл. 1 сведений показал, что во всех исследованных странах – России, Казахстане, Японии и США – основная цель радиационного зонирования заключается в защите населения от воздействия ионизирующего излучения и обеспечении безопасного использования земель, подвергшихся радиационному загрязнению. При этом подходы к реализации этих задач различаются в зави-

симости от уровня техногенного воздействия, научно-технических возможностей и специфики законодательных норм [7], [12].

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов радиационного зонирования земель

Страна / Регион	Основные критерии зонирования	Используемые инструменты и технологии	Примеры и особенности применения	Номер статьи / пункт (где указан)
Россия	Плотность загрязнения (^{137}Cs , ^{90}Sr , Pu) в $\text{кБк}/\text{м}^2$; годовая эффективная доза ($\text{мЗв}/\text{год}$)	Георадиометрические обследования, наземные и аэрогамма съемки, GIS-анализ, моделирование дозового поля	Чернобыльская зона, Брянская и Калужская области; зонирование по Постановлению №1582 (1997) – зоны отчуждения, отселения, проживания с правом и без права на отселение	Таблица 3.1; см. раздел 3 (п. 3.1, Табл. 3.1). Меганорм+1
Казахстан	Активность радионуклидов в почве ($\text{кБк}/\text{м}^2$), концентрации в растительности и воде; дозиметрические показатели населения	Полевые радиометрические измерения, лабораторный анализ проб, моделирование миграции, геостатистика (кригинг), GIS-картирование	Семипалатинский испытательный полигон: выделение зон «Строгого режима», «Ограниченного доступа», «Мониторинга»; карты радиозоологического риска (НИЯУ, ИГН КазНУ)	Формулировки в гигиенических нормах / СанПиН; закон №219-І – общие положения (см. ст. 1–6 и разделы санитарных норм). Адилет+1
Япония (Фукусима)	Мощность дозы на поверхности ($\text{мкЗв}/\text{ч}$); накопленная доза населения; загрязнение ^{134}Cs , ^{137}Cs	Автоматические сети мониторинга (KURAMA-II), беспилотники, спутники, модели переноса радиации, 3D-GIS	Фукусима: 3 зоны – «Труднодоступная», «Ограниченного пребывания», «Подготовки к отмене эвакуации»; акцент на временном (динамическом) зонировании	Decontamination Guidelines (партии, разделы о зонировании); IAEA отчет по Фукусиме подтверждает применение критерия 20 mSv для Deliberate Evacuation Area. josen.env.go.jp+1
США	Эффективная доза ($\text{мЗв}/\text{год}$), концентрация радионуклидов в почвах и грунтовых водах	Модели распространения (RESRAD, CAP88), GIS, дистанционные методы, спутниковый мониторинг	Сайты утилизации ядерных отходов (Hanford, Nevada Test Site); зонирование для оценки «восстановимых» и «невосстановимых» участков	10 CFR §20.1301 — Dose limits for individual members of the public. ecfr.gov+1

В России радиационное зонирование основано на оценке плотности загрязнения радионуклидами (^{137}Cs , ^{90}Sr , Pu) и расчете годовой эффективной дозы облучения. Используются георадиометрические исследования, аэрогаммасьемка и ГИС-технологии, что позволяет не только контролировать текущую обстановку, но и прогнозировать динамику радиационного фона [1], [5].

В Казахстане система радиационной безопасности ориентирована на результаты полевых измерений и лабораторного анализа проб, с учетом геостатистических методов и ГИС-картографирования. На примере Семипалатинского полигона разработаны зоны различного уровня радиационного контроля, что обеспечивает дифференцированный подход к использованию территорий [2], [6].

В Японии, после аварии на АЭС «Фукусима-1», нормативы были адаптированы к международным требованиям МАГАТЭ. Радиоэкологическое зонирование базируется на динамических данных о дозовых нагрузках населения и мощности доз на поверхности, с применением автоматизированных систем KURAMA-II и 3D-GIS. Такой подход позволяет оперативно реагировать на изменения радиационной обстановки [10], [13].

В США регулирование радиационной безопасности строится на оценке эффективной дозы облучения и прогнозировании миграции радионуклидов с помощью моделей RESRAD и CAP88. Это дает возможность рассчитывать потенциальные риски и разрабатывать долгосрочные меры по реабилитации территорий [7], [12].

Таким образом, сформированная таблица позволила наглядно отразить различия и сходства национальных подходов к радиационному зонированию. Общей чертой всех рассмотренных систем является приоритет охраны здоровья населения, мониторинг радиационной обстановки и контроль использования загрязненных земель. В то же время отличия касаются уровня технологичности методов, степени детализации нормативов и организационной структуры систем радиационного надзора.

Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейшей гармонизации международных требований, внедрения современных цифровых технологий и усиления научной базы при планировании радиационного контроля и восстановлении пострадавших территорий.

Заключения

Проведенный сравнительный анализ нормативных документов и методов радиационного зонирования показал, что во всех рассмотренных странах – России, Казахстане, Японии и США – основная цель государственной политики в области радиационной безопасности заключается в защите здоровья населения и обеспечении экологически устойчивого землепользования на территориях, подвергшихся радиационному загрязнению. Несмотря на различия в уровне технологического развития, масштабе загрязнения и историческом опыте, подходы к регулированию строятся на общих принципах: контроле доз облучения, мониторинге радиационной обстановки и правовом ограничении использования загрязненных земель [1]–[3], [7].

Российская и казахстанская системы базируются на строгих санитарно-гигиенических нормативах и поэтапном радиационном зонировании, обеспечивающем научно обоснованное управление территорией. Японская модель отличается высокой технологичностью и оперативностью, что проявилось в применении автоматизированных систем мониторинга и пространственного анализа данных после аварии на АЭС «Фукусима-1». Американский опыт демонстрирует акцент на прогнозировании радиационных рисков и долгосрочном экологическом контроле с использованием математических моделей и дистанционных методов наблюдения [10], [12], [13].

Таким образом, сравнительное исследование подтверждает, что эффективность национальных систем радиационной безопасности определяется сочетанием научной обоснованности, технологического обеспечения и прозрачности в принятии решений. Гармонизация международных стандартов и обмен опытом между странами создают основу для совершенствования нормативно-правовой базы, направленной на снижение радиационных рисков и устойчивое восстановление пострадавших территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексахин Р.М., Киселев С.М., Корнеев Н.А. Радиоэкологическое состояние и использование земель, загрязненных радионуклидами. – М.: Наука, 2018. – 312 с.
2. Балабеков К.Д., Абдыкаликова Г.Т. Радиоэкологическое состояние Семипалатинского испытательного полигона и методы зонирования загрязненных территорий. // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2021. – №2. – С. 45–57.
3. Губанов В.А., Ушаков А.В. Методические подходы к радиационному зонированию земельных участков, подвергшихся техногенному загрязнению. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – №3. – С. 55–63.
4. Лукьянова Е.А., Романов Д.В. Радиоэкологическое зонирование: теория и практика применения. // Природные ресурсы России. – 2021. – №5. – С. 34–41.
5. Постановление Правительства РФ №1582 от 18.12.1997 г. О порядке отнесения территорий к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.
6. Норматив СТ РК 52.08–2019. Методика радиационного зонирования территорий Республики Казахстан. – Астана, 2019.
7. IAEA. Environmental Mapping and Zoning of Contaminated Areas. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. – 145 p.
8. IAEA. Remediation of Sites Contaminated by Past Activities and Accidents. – Safety Reports Series No. 19. – Vienna, 2020.
9. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. – Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. – New York: United Nations, 2022.
10. IAEA-TECDOC-1798. Environmental Transfer of Radionuclides in Japan Following the Fukushima Accident. – Vienna: IAEA, 2016.
11. OECD/NEA. Radiological Protection of the Environment: The Path Forward to a New Policy Framework. – Paris, 2019.
12. European Commission. Radiological Protection Criteria for Contaminated Land (EURANOS Project, RP 150). – Brussels: EC, 2018.
13. Yasutaka T., Naito W. Assessing the long-term decontamination strategy for radiocesium-contaminated areas in Fukushima. // Environmental Science & Technology. – 2018. – Vol. 52(3). – P. 1312–1320.