

Рисунок 5. Зависимость интегрального выхода нейтронов в уран-свинцовой подкритической сборке от обогащения урановой оболочки (энергия протонов в пучке 0,8 ГэВ)

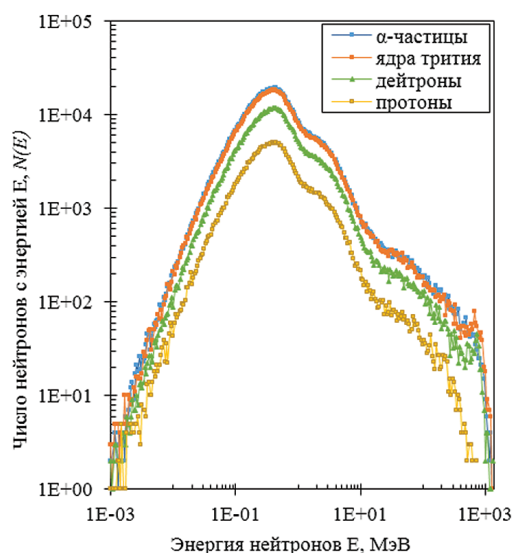


Рисунок 6. Зависимость интегрального выхода нейтронов интегрального выхода нейтронов в уран-свинцовой подкритической сборке от типа частиц в пучке (энергия частиц в пучке 0,8 ГэВ/нуклон)

Эксплуатация ADS-установок позволит частично решить вопросы обращения с образующимися в ходе деятельности предприятий ядерного топливного цикла долгоживущих радиоактивных отходов, что является крайне актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zucker, M. Spallation neutron production measurements / M. Zucker // Proceedings of the 2nd International Conference on Accelerator Driven Transmutation Technologies and Applications (ADTTA). – Sweden, 1996. – P. 527–533.
2. Kiyasvitskaya, A.I. Accelerator molten salt breeder as fissible producing component of THORIUM-NES concept for energy production and transmutation of plutonium / A. Kiyasvitskaya, S. Chigrinov, I. Rakhno // Proceedings of the 8th International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems ICENES'96. – Obninsk, 1996. – P. 564–571.
3. Goorley, T. MCNP Monte Carlo Team, X-5. Release of MCNP5_RSICC_1.30. Report LA-UR-04-8086 / T. Goorley [et al.] // Los Alamos National Laboratory. – Los Alamos, 1997. – 26 p.
4. Dubrowski, A.I. Simulation of an Accelerator Driven System with Different Spallation Targets / A.I. Dubrowski, A.I. Kiyavitskaya, S.I. Tyutyunnikov // Physics of Particles and Nuclei Letters. – Road Town, 2021. – P. 27–35.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ИСКЛЮЧЕНИЯ, ИЗЪЯТИЯ И ОСВОБОЖДЕНИЯ ОТ КОНТРОЛЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

APPLICATION OF THE CONCEPT OF EXCLUSION, EXEMPTION AND CLEARANCE OF SOURCES OF IONIZING RADIATION

Е. Л. Никитин^{1,2}, Н. Н. Тушин^{1,2}

E. Nikitin^{1,2}, N. Tushin^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
egor_nikitin_borland_1712@mail.ru, tushin@iseu.by

¹Belarusian State University, BSU

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Статья описывает применение концепций исключения, изъятия и освобождения от контроля источников ионизирующего излучения. Рассматриваются теоретические основы данных концепций, международный опыт применения.

The article is devoted to the application of the concepts of exclusion, exemption and clearance of sources of an ionizing radiation in the regulatory documents of the Republic of Belarus. The theoretical foundations of these concepts, international experience of application are considered.

Ключевые слова: концепции исключения, изъятия, освобождения от контроля; источники ионизирующего излучения; радиационная безопасность; принцип обоснования; принцип оптимизации.

Keywords: concepts of exclusion, exemption, clearance; source of ionizing radiation; radiation protection; principle of justification; principle of optimization.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-240-244>

Рассмотрим теоретические основы данных концепций.

В своих Рекомендациях 2007 года МКРЗ заявила, что система радиологической защиты применяется ко всем видам воздействия ионизирующего излучения из любого источника, независимо от его размера и происхождения. Вместе с тем она уточнила, что Рекомендации МКРЗ могут применяться только в полном объеме, включая регулирующий контроль, к ситуациям, в которых либо источник воздействия, либо пути, приводящие к накоплению дозы, получаемые отдельными лицами, могут контролироваться некоторыми разумными средствами. Исходя из этого понимания, некоторые ситуации воздействия могут быть исключены из законодательства о контроле за радиационной защитой, как правило, на том основании, что они не могут контролироваться разумными средствами, т. е. они не контролируемые или не поддаются контролю с помощью регулирующих инструментов. Аналогичным образом, некоторые контролируемые ситуации облучения могут быть изъятые от некоторых или всех требований нормативного контроля в области радиационной защиты, поскольку такие меры контроля могут разумно рассматриваться как необоснованные.

Тот факт, что Рекомендации МКРЗ предназначены для любого уровня и типа облучения, не означает, что все виды облучения, источников и деятельности человека могут быть рассмотрены или нуждаются в рассмотрении при создании применимых к ним правовых и регулирующих систем. Вместо этого, согласно принадлежности конкретного источника или ситуации облучения к подлежащей регулированию категории и уровню облучения/риска, связанного с этим источником или ситуацией, следует установить определенный уровень обязательств по их регулированию [1].

Те виды облучения, которые могут быть исключены из-под действия законодательства о радиационной защите, включают в себя неконтролируемое облучение и то облучение, которое по своей сути не подлежит контролю вне зависимости от его величины. Неконтролируемое облучение – это облучение, которое в любых вообразимых обстоятельствах не может быть ограничено регулируемыми действиями, такое, как воздействие радионуклида калий-40, инкорпорированного в организме человека [1].

Ключевыми компонентами системы радиологической защиты являются принципы обоснования и оптимизации защиты. Эти принципы определены МКРЗ следующим образом:

– Обоснование: любое решение, изменяющее ситуацию с радиационным воздействием, должно приносить больше пользы, чем вреда.

– Оптимизация защиты: вероятность подвергнуться облучению, число людей, подвергшихся облучению, и величина их индивидуальных доз должны быть настолько низкими, насколько это разумно достижимо, с учетом экономических и социальных факторов. [1–2]

Применение концепций, лежащих в основе определений принципов обоснования и оптимизации защиты, имеет важное значение для определения мер регулирующего контроля. Применение обоснования требует, чтобы введение мер регулирующего контроля приносило достаточную индивидуальную или общественную выгоду, чтобы компенсировать ущерб, который они могут причинить. А именно, выяснение ситуаций воздействия, которые могут быть обоснованно урегулированы с помощью средств контроля или, наоборот, которые не поддаются контролю или не поддаются регулируемому контролю и поэтому должны быть исключены из правил контроля. [1-2].

Основные концепции, связанные со сферой действия правил радиологической защиты, называются «исключение» и «изъятие». Исключение относится к преднамеренному исключению ситуаций облучения из области нормативных требований, а изъятие относится к отказу от нормативных требований, если их применение не обосновано. Особый случай изъятия, называемый «освобождение» означает отказ от регулирующего контроля, если такой контроль становится необоснованным [1].

Хотя концепция изъятия широко использовалась для определения априори, следует ли регулировать конкретную ситуацию облучения, возможно, эту концепцию можно было бы также использовать апостериори, т.е. изъятие можно было бы также рассмотреть для уже существующих ситуаций, которые подчиняются нормативным требованиям и не требуют дальнейшего регулирования. Термин «освобождение» использовался на международном уровне для описания такого процесса апостериорного освобождения. Таким образом, освобождение было определено в международных стандартах как «удаление радиоактивных материалов или радиоактивных объектов в рамках разрешенной практики из-под любого дальнейшего контроля со стороны национального органа» [2]

Таким образом, освобождение – это частный случай изъятия, а не совсем другая концепция; это, по сути, подкатегория изъятия.

На Рис. 1.1 показано, как система исключения, изъятия и освобождения должна работать на практике.

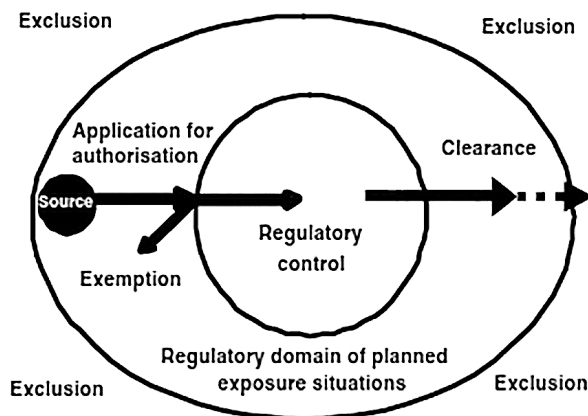


Рисунок 1 – Практическая реализация системы исключения, изъятия и освобождения [1]

Из рисунка 1 регулирование ситуаций облучения: исключенные облучения регулируются в том смысле, что нормативные акты определяют условия, при которых облучение должно быть исключено (с указанием того, какие виды облучения невозможно контролировать). Риски изъятия уже находятся под регулирующим контролем, даже если они изъятые от некоторых процедур регулирующего контроля.

В отличие от изъятия, освобождение конкретно определяется как относящееся к радиоактивным материалам. Освобожденные радиоактивные материалы удаляются от какой-либо предшествующей формы регулирующего контроля, или, точнее, регулирующей контроль больше не применяется к лицу, ранее отвечавшему за них. Таким образом, освобождение от ответственности можно рассматривать как процесс отказа от регулирующего контроля. В целом, использовался термин «освобожденные источники», поднимающий вопросы о взаимосвязи между «освобожденным источником» и «изъятый источник», поскольку эти два термина имеют некоторые общие черты, но не являются точно синонимичными. Одно различие между этими двумя терминами по существу состоит в том, что освобожденный источник все еще находится в сфере действия регулирующей системы, в то время как освобожденный радиоактивный материал обычно находится вне любого возможного контроля [1].

В отношении источника, изъятый из-под контроля, остается юридическое лицо, которое теоретически может быть определено законом как ответственное за источник и любые последствия, возникающие в результате его использования, даже в том случае, если не применяются особые требования регулирующего контроля, и освобождение остается в силе только до тех пор, пока критерии изъятия продолжают соблюдаться. С другой стороны, для очищенного материала любое будущее воздействие, которое оно вызывает, де-факто исключается из нормативной базы, и ранее ответственное лицо освобождается от ответственности.

Таким образом, в принципе, регулирующие требования могут быть применены к лицу, ответственному за источник, изъятый из-под контроля, в то время как освобожденный материал находится за пределами досягаемости регулирующих инструментов, если он не станет частью новой практики, требующей регулирующего контроля. Однако считается, что иногда в регулирующей практике легче идентифицировать и отслеживать тех, кто несет ответственность за освобожденный материал, чем тех, кто все еще несет ответственность за изъятый источник [1].

Следует отметить, что обе концепции являются неотъемлемой частью последовательного применения системы радиологической защиты МКРЗ. Их не следует рассматривать как «побег» из системы, а, скорее, как естественное последствие применения рекомендаций МКРЗ [1].

Законодательная система радиологической защиты должна сначала установить, что должно быть в рамках системы правового контроля, а что – вне ее и, следовательно, исключаться из закона и его нормативных актов, определяющих регулирующей контроль. Во-вторых, система должна также установить, что может быть освобождено от некоторых или всех требований регулирующего контроля, поскольку действие регулирующего контроля неоправданно [1].

Рассмотрим применение данных концепций в соответствии с ситуативным подходом.

Под ситуацией планируемого облучения понимается, повседневные ситуации, включающие в себя запланированную работу с источниками излучения, в том числе снятие с эксплуатации, захоронение радиоактивных отходов и реабилитация ранее занятых под производственную деятельность земель [1].

Существует два основания для изъятия источника или экологической ситуации от регулирующего контроля. Один из них заключается в том, что источник вызывает небольшие индивидуальные дозы и небольшие коллективные дозы. Другая заключается в том, что никакие разумные процедуры контроля не могут привести к значительному снижению индивидуальных и коллективных доз.

Ситуации аварийного облучения – это неожиданные ситуации, которые могут потребовать осуществления срочных защитных действий, а иногда и долгосрочных защитных действий. В таких ситуациях может произойти облучение населения и персонала, а также загрязнение окружающей среды [1].

Для обстоятельств, возникающих в ситуациях аварийного облучения, таких как несчастный случай или злонамеренное событие, использование концепций, аналогичных исключению и изъятию иногда обсуждалось

в связи с критериями принятия защитных мер. Однако МКРЗ подчеркивает, что в этих ситуациях ключевыми вопросами, подлежащими рассмотрению, являются планирование и подготовка к принятию надлежащих защитных мер, которые оправданы с учетом сложившихся обстоятельств и которые были выбраны для достижения наиболее приемлемых результатов [1].

В контексте защитных мер, принимаемых в краткосрочной или среднесрочной перспективе после чрезвычайной ситуации, МКРЗ считает, что количественные уровни исключения или освобождения от регулирующего контроля не играют существенной роли [1].

В отличие от непосредственной аварийной ситуации, управление долгосрочными последствиями события, которое привело к выбросу радиоактивных материалов в окружающую среду, требует иного подхода. МКРЗ признала, что управление загрязнением, оставшимся после ситуации аварийного облучения, следует рассматривать как ситуацию существующего облучения [1].

Ситуации существующего облучения – это те, которые существуют, т. е. они уже существуют и существовали в течение длительного времени, когда необходимо принять решение о контроле. К ним относятся и те, которые возникают в результате долгосрочных последствий аварийной ситуации [2].

Ситуации существующего облучения могут быть сложными в том смысле, что они могут включать несколько путей облучения, которые, как правило, могут приводить к широкому распределению годовых индивидуальных доз в диапазоне от очень низких до, в редких случаях, нескольких десятков мЗв. Множественность путей воздействия и важность индивидуального поведения могут привести к возникновению ситуаций облучения, которые трудно контролировать. Существуют ситуации облучения, в которых может стать очевидным, что действия по снижению облучения не оправданы. Решение о том, какие компоненты существующего облучения не поддаются контролю (и, следовательно, могут быть исключены), требует решения национального органа, которое будет зависеть от контролируемости источника или облучения. Решение о том, какие компоненты существующего облучения не требуют регулирующего контроля (и, следовательно, могут быть изъяты), также имеет значение, требуя суждения национального органа об уровне воздействия и преобладающих экономических, социальных и культурных обстоятельствах. [1–2]

Рассмотрим международный опыт использования данных концепций.

В международных стандартах радиационной безопасности используются концепции исключения, изъятия и освобождения, как и во многих национальных системах регулирования. В этих нормативных системах исключение связано с определением полного объема, а изъятие связано с освобождением от демонстрации соблюдения определенных нормативных обязательств.

В дальнейшем будут рассмотрены концепции, а для радионуклидов обозначены их концентрации активностей, которые будут определять пороговые значения для действий регулирующего контроля, подробное изложение изложено в ОНБ [3].

Значения концентрации активности, указанные в руководстве по безопасности [3], не применяются к:

– пищевым продуктам, питьевой воде, животным кормам и любому веществу, предназначенному для использования в пищевых продуктах или кормах;

– радону в воздухе, так как уровни действий для концентрации радона в воздухе указаны в ОНБ [3];

– калию-40 в теле человека, который исключен из ОНБ [3];

– материалу в процессе перевозки в соответствии с Правилами перевозки МАГАТЭ [3,4].

Радионуклиды искусственного происхождения производятся и используются в процессе практической деятельности. Как к таковым, к ним могут применяться положения, для изъятия умеренных количеств материала и касающиеся освобождения от контроля.

Исключение, как следует из ОНБ [3,4], связано с тем, насколько облучение поддается регулирующему контролю, а не с фактической величиной облучения. Степень, в которой облучение поддается контролю, представляет собой относительную концепцию; данный вопрос сводится к практической возможности и подразумевает признание стоимости осуществления регулирующего контроля и чистой пользы, которая будет получена в случае его осуществления.

Значения концентрации активности для радионуклидов природного происхождения, указанные в таблице 1, были выбраны на основе верхнего конца кривой глобального распределения концентраций активности в грунте, опубликованной НКДАР ООН [5]. Дозы, получаемые отдельными лицами вследствие этих концентраций активности, вряд ли могут превысить примерно 1 мЗв в год, если исключить вклад от эманации радона, который в ОНБ [3] рассматривается отдельно [4].

Таблица 1 – Значения концентраций активности для радионуклидов природного происхождения [4]

Радионуклид	Концентрация активности, Бк/г
К-40	10
Все другие радионуклиды природного происхождения	1

Значения были определены на основе рассмотрения глобального распределения концентраций активности этих радионуклидов. Следовательно, они действительны для цепочек естественных распадов в вековом равновесии; т.е. цепочек распадов, возглавляемых U-238, U-235 или Th-232, с указанным значением, которое должно

применяться к исходному изотопу цепочки распадов. Приведенные значения могут также использоваться индивидуально к каждому продукту распада в цепочках или к главному изотопу подгрупп цепочек, таких, как подгруппа с Ra-226 в качестве ее основного изотопа [3].

Первичная радиологическая основа для определения значений концентрации активности, используемых для изъятия и для освобождения от контроля, сводится к тому, что эффективные дозы, получаемые отдельными лицами, должны быть порядка 10 мкЗв или менее в год. Для учета возникновения маловероятных событий, приводящих к повышению радиационного облучения, использовался дополнительный критерий, а именно, эффективные дозы в результате таких маловероятных событий не должны превышать 1 мЗв в год. В этом случае учитывались также дозы на кожу; для данной цели использовался критерий эквивалентной дозы 50 мЗв в год на кожу [3, 4].

Второй радиологический критерий для изъятия, изложенный в приложении А ОНБ [3], касается коллективных эффективных доз, связанных с практической деятельностью. Коллективные эффективные дозы, которые могут быть связаны с изъятием и освобождением материалов от контроля, оценивались в ряде исследований [3, 4]. В целом был сделан вывод, что критерий индивидуальной дозы будет почти всегда ограниченным и что ожидаемые коллективные эффективные дозы за один год практической деятельности обычно будут значительно ниже 1 человеко-зиверта [4].

Таким образом, применение данных концепций позволит избежать необоснованных затрат на ситуации облучения, контроль которых не обоснован или затруднен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Annals of the ICRP, PUBLICATION 104 Scope of Radiological Protection Control Measures. Published for Elsevier, 2007. – 105 p.
2. Публикация № 103 МКРЗ: Рекомендации 2007 года Международной Комиссии по Радиологической защите. – МКРЗ, 2007. – 344 с.
3. СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ, № GSR Part 3 «Радиационная защита и безопасность источников излучения: международные основные нормы безопасности», МАГАТЭ, Вена, 2015 год.
4. Серия норм по безопасности, № RS-G-1.7 ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ИСКЛЮЧЕНИЯ, ИЗЪЯТИЯ И ОСВОБОЖДЕНИЯ ОТ КОНТРОЛЯ. Руководство по безопасности. МАГАТЭ, Вена 2006г.
5. Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 2000.

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ В РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ ПЕРСОНАЛА НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА ЗАРУБЕЖНЫХ АЭС

IMPLEMENTATION OF OPTIMIZATION APPROACHES IN RADIATION PROTECTION OF THE WORKERS BASED ON EXPERIENCE OF FOREIGN NUCLEAR POWER PLANTS

V. V. Kutas^{1,2}, N. N. Tushin^{1,2}

V. V. Kutas^{1,2}, N. N. Tushin^{1,2}

*¹Белорусский государственный университет, БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,

*г. Минск, Республика Беларусь
nrs@iseu.by, vladislavkutas@mail.ru*

¹Belarusian State University, BSU

*²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Оптимизация радиационной защиты является одним из трех фундаментальных принципов радиационной безопасности. Применение оптимизационных подходов на атомных электростанциях Чехии и Румынии способствовало снижению индивидуальных и коллективных доз персонала.

Optimization of radiation protection is one of the three fundamental principles of radiation safety. The use of optimization approaches at nuclear power plants in the Czech Republic and Romania contributed to the reduction of individual and collective doses of workers.

Ключевые слова: атомная электростанция, оптимизация радиационной защиты, методология ALARA.

Keywords: nuclear power plant, optimization of radiation protection, ALARA methodology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-244-247>