

Р. Ангелова¹, Г. А. Сандул²,
Т. Я. Сенько²

¹БалБок Инженеринг, г. София, Болгария

²Государственное специализированное предприятие
«Центр переработки и захоронения техногенных отходов
«Техноцентр»», г. Чернобыль, Украина

Проблема определения территории окружающей среды как элемента объекта «хранилище РАО — окружающая среда»

Рассматриваются вопросы гармонизации взаимодействия радиационно-опасного объекта с окружающей средой, в частности необходимости разработки механизмов перехода от понятия «охрана окружающей среды» вблизи радиационно-опасного объекта к понятию «управление состоянием системы «радиационно-опасный объект — окружающая среда»». Обсуждаются также основные постулаты, касающиеся данной темы.

Ключевые слова: мониторинг, хранилище РАО, окружающая среда.

Р. Ангелова, Г. О. Сандул, Т. Я. Сенько

Проблема визначення території навколишнього середовища як елемента об'єкта «сховище РАО — навколишнє середовище»

Розглядаються питання гармонізації взаємодії радіаційно-небезпечного об'єкта з навколишнім середовищем, зокрема необхідності розробки механізмів переходу від поняття «охорона навколишнього середовища» поблизу радіаційно-небезпечного об'єкта до поняття «управління станом системи «радіаційно-небезпечний об'єкт — навколишнє середовище»». Обговорюються також основні постулати, що стосуються даної теми.

Ключові слова: моніторинг, сховище РАО, навколишнє середовище.

© Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько, 2012

Стратегическая проблема из разряда глобальных проблем, которая стоит перед всеми странами, являющимися членами «ядерно-энергетического клуба», состоит в том, чтобы реализовать принципы устойчивого развития (воспроизводящего развития) [1, 2] в гармоничном взаимодействии антропогенных объектов, в частности радиационно-опасных объектов, с окружающей средой.

В общем случае под окружающей средой (ОС) следует понимать *природную окружающую среду и человека со всеми его политическими, экономическими, правовыми, техническими, социальными, моральными и прочими аспектами жизнедеятельности, которые он использует для организации своей жизни в природной среде.*

Одной из тактических проблем, возможно наиболее важной, для каждого исторического этапа развития общества всегда будет являться проблема гармонизации и оптимизации вышеупомянутых взаимодействий. Причем, конструируя механизмы взаимодействия техногенно-опасных объектов с ОС, необходимо переходить от понятия «охрана ОС» к понятию «управление ОС» (организованное влияние на экологическое состояние ОС) [3, 4] или, в акцентированном нами случае, к механизмам управления состоянием системы «радиационно-опасный объект — ОС». Это концептуально важно, поскольку в экологических исследованиях долгое время доминировали работы, ориентированные, прежде всего, на защиту ОС, а не на управление ею. Такая замена понятий, по-видимому, более современна и рациональна, поскольку допускает применение современных методов теории управления, тем более, что метод редуционизма (физикализма) при решении задач в области экологии весьма ограничен.

Однако при такой концепции сразу возникает ряд вопросов, касающихся вероятностных оценок различных сценариев кризисных явлений и механизмов управления ими, а также управления общим состоянием ОС (создание систем управления ОС). При этом чрезвычайно полезно знать «историческую карту» региона (необходимо выявлять периоды резкого увеличения экологической нагрузки на данный регион и их последствий) для асимптотических решений и соответствующего моделирования, рассматривая экосистему как существенно неконсервативную систему с учетом антропогенного влияния на ОС, неравновесности ее экологического состояния и т. д. К сожалению, в настоящее время эти вопросы даже теоретически не проработаны и находятся в стадии вялого обсуждения с акцентом на отсутствие средств.

В настоящее время в оценке влияния радиационного воздействия на человека и природную ОС существуют два подхода:

антропоцентрический — уровень безопасности, необходимый для человека, достаточен для безопасности всех других существ (природных комплексов) [5]; следовательно, необходимо защищать только человека;

экоцентрический — человек может быть защищен только в радиационно защищенной среде [6]; следовательно, необходимо защищать ОС.

Согласно рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), страны, развивающие ядерную энергетику, в том числе и Украина, приняли радиационно-гигиенический принцип защиты от радиационных воздействий (радиационно-гигиенические регламенты), адресованный только человеку (антропоцентрический подход). При этом, в соответствии с вышеназванным подходом, предполагается, что уровень безопасности, необходимый для человека, достаточен для безопасности всех других живых существ (природных комплексов), хотя и не обязательно

для отдельных особей, а нормативы, обеспечивающие радиационную безопасность человеческой популяции, обеспечивают радиационную безопасность как отдельных биосфер, так и биосферы в целом [3, 5]. Таким образом, говоря об охране (радиационной защите) ОС (управлении ОС) при эксплуатации радиационно-опасных объектов, мы, по существу, говорим о радиационной защите человека, а «окружающая среда при этом охраняется (от радиоактивного загрязнения — прим. авторов) как некоторое промежуточное звено, способное при его радиоактивном загрязнении воздействовать на человека» [3].

Поскольку в настоящее время вопрос о том, какому из вышеуказанных подходов отдать предпочтение, остается открытым, будем придерживаться существующей нормативной базы — рекомендаций МКРЗ.

Для понимания общей проблематики по данному вопросу (макроуровень) сформулируем основные постулаты:

1. Любой радиационно-опасный объект (реально или потенциально), даже в условиях штатной эксплуатации, несет в себе угрозу для ОС, включая человека (100 %-й безопасности в принципе не существует: технологические выбросы, сбросы и т. д.).

2. Радиационно-опасный объект несет в себе лишь «радиационную компоненту» опасности для ОС (первичное воздействие), следовательно, данную проблему необходимо решать в рамках системы радиационной безопасности (РБ) данного объекта и соответствующих программ органов местной власти.

3. Любая радиационная авария является радиэкологической аварией, поскольку она несет в себе угрозу для ОС, включая человека как элемента этой среды [7].

4. Радиэкологическая авария является «существенно динамическим процессом» [7], который ведет к радионуклидному загрязнению различных звеньев экосистемы и формированию дозовых нагрузок на природную ОС и человека.

Когда мы говорим, в данном случае, о постулатах, необходимо отдавать себе отчет об условности такой классификации. Например, не исключено, что п. 2 относится не столько к постулатам, сколько к теоремам, и ее необходимо доказывать.

Обеспечение безопасности при эксплуатации радиационно-опасного объекта в значительной степени определяется наличием объективной достоверной необходимой и достаточной информации как о самих РАО, так и о состоянии объекта «хранилище РАО — ОС». Основным механизмом получения такой информации является радиационный мониторинг и (или) контроль [8]. Поэтому четкое определение территории ОС как элемента данного объекта (территории взаимного влияния), подлежащего мониторингу, является чрезвычайно важной задачей.

В данной работе с целью обратить внимание на проблему обсуждаются вопросы определения территории ОС (территории влияния радиационно-опасного объекта) как элемента объекта (системы) «хранилище РАО — ОС».

При решении задачи определения окружающей хранилище РАО среды, прежде всего, необходимо четко определить, какой смысл мы вкладываем в понятие «окружающая хранилище РАО среда», как определить ее размеры и границы на географической карте и на местности в реальном масштабе времени (площадь, км²; характеристики данной территории, дата)*.

* Размер данной территории и, следовательно, ее характеристики со временем могут изменяться.

Исходя из вышеприведенной общей формулировки ОС понятно, что может представлять собой окружающая хранилище РАО среда. В общем случае это ограниченная территория (именуемая как ОС), которая находится в поле влияния хранилища РАО и, следовательно, может подвергнуться реальному (потенциальному) радиационному воздействию со стороны хранилища РАО как источника радиоактивного загрязнения. Эта же территория (процессы, происходящие на данной территории*) при определенных обстоятельствах сама может негативно влиять на хранилище (землетрясения, ураганы, наводнения, подтопления и пр.), результатом чего могут быть радиационные аварии (инциденты). Именно эта территория и подлежит многоцелевому мониторингу и (или) контролю.

Сложнее обстоит дело с определением размеров и границ этой ОС. В общем случае размеры рассматриваемой нами территории (ОС) существенно зависят от категории радиационно-опасного объекта [9] и его масштаба (параметры формы и масштаба). Хранилища РАО относятся к I категории и около них в обязательном порядке устанавливаются санитарно-защитная зона (СЗЗ) и зона наблюдения (ЗН) [9], в пределах которых осуществляется радиационный контроль (мониторинг) [9].

Таким образом, основополагающие документы [9–12] устанавливают канонические структурные элементы ОС (территории) вокруг радиационно-опасных объектов и регламентируют жизнедеятельность на них. При этом необходимо отметить, что определения вышеупомянутых зон, приведенные в цитируемых документах, неоднозначны и требуют дополнительного анализа.

1. *Санитарно-защитная зона (СЗЗ)* — территория вокруг радиационно-ядерного объекта, непосредственно примыкающая к нему, где уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного объекта может превысить предел дозы (эффективной и эквивалентной доз облучения) для населения (лиц категории В).

Поскольку определение СЗЗ в ряде документов, например в [9] и [11], несколько отличаются друг от друга, авторы приводят данное определение с некоторыми уточнениями. Требования и критерии, предъявляемые к СЗЗ, подробно описаны в [13].

2. *Зона наблюдения (ЗН)* — «территория, на которой возможно влияние радиоактивных сбросов и выбросов радиационно-ядерного объекта и где осуществляется мониторинг технологических процессов с целью обеспечения радиационной безопасности радиационно-ядерного объекта» [11].

В документе [9] определение ЗН** несколько отличается: в нем отсутствует фраза «...с целью обеспечения радиационной безопасности радиационно-ядерного объекта», которая устанавливает приоритет обеспечения радиационной безопасности именно радиационно-ядерного объекта, а не населения, проживающего на соответствующей территории. Несмотря на очевидный факт, что степень безопасности радиационно-опасного объекта определяет безопасность людей, проживающих на территории ЗН, все же представляется, что радиационный мониторинг в ЗН следует проводить, прежде всего, для обеспечения безопасности населения, проживающего на данной территории. С целью обеспечения безопасности радиационно-опас-

* За исключением таких глобальных процессов как, например, землетрясения, которые могут распространяться на многие тысячи километров от их эпицентра.

** Это определение является более правильным.

ного объекта (получения объективной, достоверной, необходимой и достаточной информации о его радиационном состоянии) достаточно проводить мониторинг территории его непосредственного размещения, например площадки хранилища для захоронения РАО (гидрогеологическая среда, воздушное пространство и др.), отдельных технологических систем и т. д., а также СЗЗ. При этом необходимо отметить, что внутренняя граница ЗН всегда совпадает с внешней границей СЗЗ.

3. *Зона контролируемая (ЗК)* — территория, на которой предусмотрен усиленный дозиметрический контроль [9, 11].

Следуя логике данного определения (какие-либо комментарии по этому поводу в документах отсутствуют), ЗК может находиться как на территории самого радиационно-опасного объекта, например хранилища РАО (контрольно-пропускные пункты транспортных средств, перевозящих РАО; пункты дезактивации транспортных средств, цеха по переработке РАО, зона строгого режима, например так называемая грязная зона, имеющая свой отдельный санпропускник), так и на территории СЗЗ (территории по направлениям преимущественных выбросов и сбросов), а также на других территориях, удаленных от радиационно-опасного объекта (дороги, по которым перевозят РАО, и т. д.).

При определении размеров и границ обсуждаемых зон наиболее ответственным является определение размеров и границ СЗЗ. Устанавливая размеры и границы СЗЗ необходимо учитывать сейсмические, гидрологические, метеорологические и другие факторы и особенности данной территории, размеры самих хранилищ (суммарное количество источников радиоактивного излучения, сосредоточенных на одной территории [9, 11]), и меру (количество и качество) тех РАО, которые в них захоронены или предполагаются быть захороненными*.

Размер ЗН, как правило, является производной от размера СЗЗ. Например, размер ЗН при нормальной работе объекта в три-четыре раза больше размера СЗЗ. Размеры и границы ЗК, по-видимому, должны определяться эксплуатирующей организацией, а в случае дорог, по которым перевозят РАО, — проектантом хранилища и организацией-перевозчиком.

Размеры и границы вышеупомянутых зон устанавливают на стадии проектирования радиационно-опасных объектов и определяют на основе расчета реальных (потенциальных) доз внешнего и внутреннего облучения людей за счет распространения радиоактивных выбросов в атмосферу и сбросов в водоемы от всех источников радиоактивного загрязнения объектов. При этом необходимо принимать во внимание используемую систему очистки выбросов и сбросов, а также перспективы увеличения мощности самих производств в соответствии с нормами, правилами и стандартами в сфере использования ядерной энергии. Границы распространения радиоактивных выбросов и сбросов в ОС при нормальной эксплуатации данных объектов и в случае аварий на них определяют с помощью расчетов на основании математического моделирования или более упрощенно (одномерная модель), например как в [15].

Размеры и границы рассмотренных зон также должны быть обязательно согласованы с органами государственного регулирования (Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины, Государственной санитарно-эпидемиологической службой Министерства охраны

здоровья Украины) и утверждены местными советами народных депутатов [9, 11, 12].

Кроме того, в соответствии с [9, 12], характеристика природной ОС в районе размещения хранилища для захоронения РАО, оценка влияния хранилища РАО на ОС (на этапах строительства, эксплуатации и снятия с эксплуатации), а также меры, предусмотренные для предотвращения негативного влияния хранилища на ОС и дополнительные мероприятия, направленные на социально-экономическое развитие района (территории), должны быть подробно изложены в документах и согласованы в соответствующих инстанциях, определенных законодательством.

В соответствии с [12], в местах расположения объектов, предназначенных для обращения с РАО, может быть установлен даже особый режим территории. Порядок определения особого режима территории устанавливается Кабинетом Министров Украины.

С точки зрения управления деятельностью, в том числе безопасностью в ЗН, по-видимому, было бы целесообразно (если этому нет каких-либо принципиальных «противопоказаний») определять ее в рамках одной административно-территориальной единицы.

Таким образом, можно однозначно утверждать: ОС в качестве основных (наиболее ответственных) элементов включает в себя территории СЗЗ, ЗН и ЗК (в случае, если последняя находится вне территории самого объекта, СЗЗ и ЗН). При этом необходимо отметить, что данные территории являются лишь некоторыми каноническими, обязательными (номенклатурными) элементами обсуждаемой ОС, но, в общем случае, они не тождественны ей (необходимые, но не достаточные). Серьезным аргументом в пользу такого тезиса могут служить исследования ученых из Medical University Carolina, США (серия статей в European Journal of Cancer Care, 2007), которые изучили медицинские карты о состоянии здоровья населения, проживающего вблизи (20—50 км) 136 ядерных объектов в США, Канаде, Великобритании, Испании и Германии. Статистические данные позволяют сделать вывод о том, что у детей и молодых людей, проживающих вблизи АЭС, уровень заболевания лейкемией (предполагается, что это заболевание возникает из-за сбоя в работе хромосом) выше, чем у среднестатистической акцентированной категории лиц. Например, считают, что у детей до 9 лет риск заболевания лейкемией повышается на 14—21 %, а у молодых людей до 25 лет — на 7—10 %*.

Поскольку в СЗЗ проживание населения запрещено, то ЗН и ЗК (в ситуации, рассмотренной выше) являются объектами нашего внимания лишь как часть ОС, на которой мы акцентируем внимание.

Не исключено, что при обсуждении границ данной ОС необходимо учитывать масштаб максимальной радиационной проектной и даже запроектной аварии [9].

В определении размеров и границ обсуждаемой ОС не все однозначно. Например, они должны зависеть также от характера и масштаба человеческой деятельности на прилегающих к хранилищу РАО территориях, плотности населения, показателей развития данных территорий и т. д. С одной стороны, можно предположить, что в густо населенных районах общая территория (ОС), испытывающая

* Такие сложные исследования необходимо проводить с учетом соответствующих распределений: расстояния до радиационно-опасного объекта, климата, традиций и условий жизни населения и др. (должна быть программа исследований для каждого радиационно-опасного объекта и его ОС).

* Речь идет о хранилищах поверхностного и приповерхностного типа для долгосуществующих РАО [14].

действительную (потенциальную) угрозу со стороны хранилища РАО как источника опасности (радиоактивное загрязнение), а следовательно, и подлежащая контролю (мониторингу), должна быть существенно больше, чем в мало населенных, например пустынных, районах. С другой стороны, политический и экономический аспекты определения размеров и границ обсуждаемой ОС могут существенно их сократить и изменить (принцип оптимизации [11]). По-видимому, этот довольно сложный (даже конфликтный) и многофакторный вопрос в каждом конкретном случае должен рассматриваться отдельно, но на основе определенных правил (нормативно-правовые документы, анализ мирового опыта и т. п.), которые и должны определять соответствующие границы рассматриваемой ОС. При этом следует учитывать, что кризисные экологические явления наиболее сильно проявляются вблизи крупных индустриальных центров, а влияние радиационно-опасных объектов, если не принимать соответствующих специальных мер, может только усугубить эти явления. Поскольку данный вопрос в специальной литературе практически не обсуждается, его необходимо рассматривать лишь в плане постановки.

В настоящее время основой для определения обсуждаемой ОС (размеры, границы) является гигиеническая регламентация опасных факторов [16] — «разработка на основе современных данных научно обоснованных гигиенических нормативов (регламентов), которые гарантируют безопасность и (или) безвредность для человека опасных факторов окружающей (в том числе и производственной) среды (безопасные факторы) и соблюдение которых обеспечивает оптимальные или допустимые условия жизнедеятельности». При этом чрезвычайно важно, что радиационные факторы как факторы воздействия на человека и природную окружающую среду (радиологический аспект опасности) также подлежат регламентации и государственной регистрации [16].

Таким образом, главным является вопрос об определении (в строгом соответствии с нормативно-правовыми документами и другими процедурными вопросами, например стандартизированными методиками) дополнительного (действительного и потенциального) облучения населения за счет проживания его на территориях, которые находятся в сфере влияния радиационно-опасного объекта. Полученные данные как раз и определяют меру самых различных компенсаций для населения.

Предполагается [11, 17–19], что условием проживания и трудовой деятельности населения без каких-либо ограничений по радиационному фактору является получение им дополнительной за счет загрязнения территории радиоактивными изотопами дозы, которая не превышает уровня облучения человека $1,0 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ ($0,1 \text{ бэр}\cdot\text{год}^{-1}$). Эти положения полностью соответствуют и международным нормам [8, 20]. Такая же норма применяется и к территориям, которые пострадали от радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы [17, 18].

По-видимому, данную норму можно считать универсальной*, распространив ее в качестве нулевого уровня отсчета на все случаи жизни и для любых территорий, тем более территорий ОС, находящихся в сфере влияния радиационно-опасных объектов.

В 1995 г. МАГАТЭ были сформулированы девять фундаментальных принципов безопасного обращения с РАО

[21], которые должны лечь в основу любой деятельности в области обращения с РАО, в том числе охраны ОС (управления состоянием ОС), находящейся в сфере влияния радиационно-опасного объекта, а точнее управления системой «радиационно-опасный объект — ОС». Один из данных принципов: «С радиоактивными отходами следует обращаться так, чтобы обеспечить приемлемый уровень охраны окружающей среды» — имеет к этому прямое отношение, хотя совсем не ясно, что следует понимать под «приемлемым уровнем».

Выводы

В результате предварительного изучения вопроса об определении окружающей хранилища РАО среды, т. е. ОС взаимного влияния, из-за многофакторности данного вопроса очевидно, что установить какое-либо единое правило, по которому можно было бы указать территорию влияния радиационно-опасного объекта, не представляется возможным. Не исключено, что решение данного вопроса следует искать в рамках таких документов, как, например, «Санитарный паспорт» предприятия на выполнение определенных работ с радиоактивными источниками, ряда документов санитарно-эпидемиологической службы МОЗ Украины, санитарно-гигиенической экспертизы проектов строительства, после соответствующей модернизации этих документов.

Мы рассматривали данную проблему лишь с точки зрения антропоцентрического подхода, хотя, естественно, территория влияния радиационно-опасного объекта представляет собой совокупность различных экосистем с уникальными закономерностями воздействия на них радиации.

Остается надеяться, что эти важные вопросы привлекут к себе внимание широкого круга исследователей.

Список использованной литературы

1. Степанов В. Н. Ресурсно-экологическая безопасность и устойчивое развитие / В. Н. Степанов, Л. Л. Круглякова. — Одесса: УМАОИ «Консалтинг», 1998. — 98 с.
2. Ангелова Р. Устойчивое развитие системы «Хранилище РАО — окружающая среда» / Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. «Объект «Укрытие», 15 лет: прошлое, настоящее, будущее», 27–30 ноября 2001 г., Славутич // Проблемы Чернобыля. — Чернобыль: Межотр. науч.-техн. центр «Укрытие» НАНУ, «Объект Укрытие», ГСП ЧАЭС. — 2002. — Т. 1, вып. 10. — С. 321–335.
3. Бадяев В. В. Орана окружающей среды при эксплуатации АЭС / В. В. Бадяев, Ю. А. Егоров, С. В. Казаков. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 224 с.
4. Егоров Ю. А. Контроль радиационной обстановки в окружающей АЭС среде, управление радиационным состоянием системы АЭС — окружающая среда / Ю. А. Егоров // Радиационная безопасность и защита АЭС. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — Вып. 12. — С. 76.
5. Радиационная безопасность. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 г. Пределы годового поступления радионуклидов в организм работающих, основные на рекомендациях 1990 г. Публикация 60 МКРЗ, ч. 1. — М.: Энергоатомиздат, 1994.
6. Алексахин Р. М. Радиационная защита: смена приоритетов / Р. М. Алексахин // Безопасность окружающей среды. — 2006. — № 3. — С. 70–72.
7. Георгиевский В. Б. Экологические и дозовые модели при радиационных авариях / В. Б. Георгиевский. — К.: Наук. думка, 1994. — 235 с.

* Это постулат, его необходимо изучать и доказывать.

8. Сандул Г. А. Мониторинг системы «хранилище радиоактивных отходов — окружающая среда». — I. Общие представления. Понятийно-категориальный аппарат / Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько // Ядерная и радиационная безопасность. — К., 2006. — Т. 9, вып. 2. — С. 20—33.
9. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005). — Затвердж. наказом МОЗ України 02.02.05, № 54; зареєстр. в Мін'юсті України 20.05.05, № 552/10832.
10. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» (із змінами) № 256/95-ВР від 30.06.95.
11. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1—6.5.001—98. — К., 2003. — 135 с.
12. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» (із змінами) № 39/95-ВР від 08.02.95.
13. Ангелова Р. Основные требования и критерии к выбору площадки для строительства хранилищ радиоактивных отходов / Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько // Ядерная и радиационная безопасность. — К., 2002. — Т. 5, вып. 3. — С. 69—76.
14. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: радіаційний захист від джерел потенційного опромінення: (НРБУ-97/Д-2000) — К., 2000. — 80 с.
15. Ангелова Р. Принцип мультибарьерной защиты в системе обеспечения безопасности хранилищ РАО / Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько // Ядерная и радиационная безопасность. — К., 2003. — Т. 6, вып. 3. — С. 49—61.
16. Положення про гігієнічну регламентацію та державну реєстрацію небезпечних факторів. — Затвердж. Постановою КМ України № 420 від 13.06.95.
17. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» № 791а-ХІІ від 27.02.91.
18. Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» № 796-ХІІ від 28.02.1991.
19. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» № 15/98-ВР від 14.01.98.
20. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения. Серия изданий по безопасности № 115. — Вена: МАГАТЭ, 1997. — 382 с.
21. Safety Series № 111-F. The Principles of Radioactive Waste Management. — Vienna: IAEA, 1995. — 24 p.

Получено 24.05.2011.