DOI: 10.25283/2587-9707-2026-3-91-105 УДК 004.652.8: 007.3

О СОХРАНЕНИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ ПО РАЙОНАМ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А. М. Скоробогатов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

Статья поступила в редакцию 3 июня 2026 г.

С целью долговременного сохранения информации рассматриваются аспекты локализации первичных сведений – результатов радиоэкологического мониторинга и комплексного инженерно-радиационного обследования объектов размещения, хранения, консервации и захоронения радиоактивных отходов, модель формирования базы данных по районам которых представлена в рамках настоящей статьи. Разработан прототип масштабируемой по иерархии базы данных. Предложена типизация информации и модель учета изменений метаданных, реализованная в базе радиоэкологических сведений по районам расположения пунктов захоронения радиоактивных отходов, а также пунктов размещения и консервации особых радиоактивных отходов.

Ключевые слова: *радиоактивные отходы, пункты захоронения радиоактивных отходов, данные, метаданные, долговременное хранение данных.*

«…Прошедшее лежит перед нами раскрытой книгой. Нехорошо не уметь читать в ней; еще хуже уметь читать, чего в ней не написано…»

Ключевский В. О. [1]

Введение

Действующие федеральные нормы и правила возлагают на организацию, эксплуатирующую объект использования атомной энергии (ОИАЭ), в частности, обязанности по «регистрации, ведению и хранению документации по обращению с РАО» [2]. Для нее устанавливается условие обеспечения поддержки «соответствия информации, содержащейся в отчете по оценке безопасности (ООБ) ОИАЭ, его фактическому состоянию в течение всего срока эксплуатации ОИАЭ и вывода его из эксплуатации (закрытия)».

Оценка долговременной безопасности системы размещения (захоронения) РАО представляется в ООБ, который должен обновляться по результатам периодических проверок эксплуатирующей организацией. Необходимо подчеркнуть, что, например, для процесса перевода пунктов размещения особых РАО (ОРАО) в пункт их консервации или пункт захоронения РАО временные сроки реализации строго не определены и зависят от условий размещения, имеющихся барьеров безопасности и их состояния, объема и характеристик размещенных ОРАО, наличия и состояния инфраструктуры. В результате сроки реализации изменения их статуса могут исчисляться десятилетиями, что, в свою очередь, влечет за собой обеспечение сохранения необходимых сведений в течение этого времени.

Согласно НП-099-17 [3], НП-100-17 [4] и НП-103-17 [5], отчет по обоснованию безопасности должен содержать как минимум:

- сведения о географическом положении, административном местонахождении, границах

площадки размещения ОРАО, санитарно-защитных зон, зон наблюдения (при наличии) и земельного/горного отвода;
- характеристику рельефа площадки и уклонов в сторону водоемов, наличия природных и искусственных водных объектов;
- сведения о климатических условиях (количество атмосферных осадков, их интенсивность и частота выпадения, испарение с поверхности земли, поверхностный сток, экстремальное количество осадков в виде снега и дождя, средние и экстремальные значения температуры воздуха и температуры почвы, глубина промерзания/оттаивания грунтов, наличие многолетней мерзлоты, относительная и абсолютная влажность воздуха, средние, минимальные и максимальные наблюдаемые показатели влажности, атмосферного давления, скорости ветра, повторяемости и продолжительности туманов, гроз, метелей, града, гололеда, пыльных и песчаных бурь, роза ветров, возможность прохождения смерча (торнадо), урагана);
- данные о численности и плотности населения, проживающего в зоне планирования защитных мероприятий в случае аварии на объекте размещения/консервации ОРАО (информация должна основываться на результатах последней переписи населения, учитывать его миграцию и рост в течение срока эксплуатации объекта). Должен быть представлен прогноз изменения указанных демографических показателей на срок его эксплуатации;
- оценку радиационного воздействия объекта размещения/консервации ОРАО на окружающую среду при его нормальной эксплуатации с учетом выбросов и сбросов радионуклидов и нарушении нормальной эксплуатации, включая аварии.

Количество сведений (объем), подлежащих анализу, их разнообразие, а также вариативность позволяют отнести такие сведения к категории «Большие данные» в соответствии с действующими стандартами в области информационных технологий [6]. Отличительной особенностью данных, относящихся к проблеме обращения с РАО, по сравнению с другими информационными ресурсами подобного класса, является отсутствие критичности вычислительных систем к скорости их обработки.

Обзоры типовой функциональной реализации систем информационных технологий «Большие данные» и требований к их применению определены в документах национальной стандартизации в области информационных технологий [6]—[15].

Функционирование таких систем требует существенных материальных затрат и привлечение специально подготовленного в данной области и сфере кибербезопасности персонала, что может стать значительным обременением для эксплуатирующих организаций.

Вопросы снижения нагрузки на эксплуатирующую организацию, осуществляющую обращение с РАО, в части обязательств информационной поддержки работ по актуализации отчетов по обоснованию безопасности ОИАЭ, регистрации, ведения и хранения документации по обращению с РАО, в условиях тотальной цифровизации деятельности являются предметом настоящей статьи.

Подходы к оптимизации потоков данных

В настоящее время действует ряд государственных информационных систем, например таких, как Федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП), Федеральная государственная информационная система лесного комплекса (ФГИС ЛК), Единая система государственного экологического мониторинга, состоящая из более десятка фактически независимых подсистем, включая мониторинг радиационной обстановки (ЕГАСМРО) и Единую систему государственного мониторинга состояния недр (ГМСН), в том числе подземных вод, Государственный водный реестр (ГИС ЦП Вода), Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), Федеральная государственная информационная система учета и контроля за обращением с опасными промышленными отходами I и II классов (ФГИС ОПВК), Система государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов (СГУК РВ и РАО) и т. д. Структура сбора сведений в этих системах представляет собой, как правило, трехуровневую иерархию. Массив первичных сведений, характеризуемых как минимум временем, местоположением, методами проведения исследований и их количеством, получают и сохраняют специализированные службы (филиалы) организаций, эксплуатирующих объект, в рамках текущей (оперативной) деятельности. Кроме того, в него могут входить данные, получаемые от аккредитованных лабораторий сторонних организаций, привлекаемых для выполнения тех или иных работ на договорной/контрактной основе. Эти сведения обрабатываются, результаты поступают в информационную систему по определенному перечню характеристик, соответствующему типовым отчетным формам и заданному отчетному диапазону времени — месяц, квартал, год и т. п. (рис. 1).

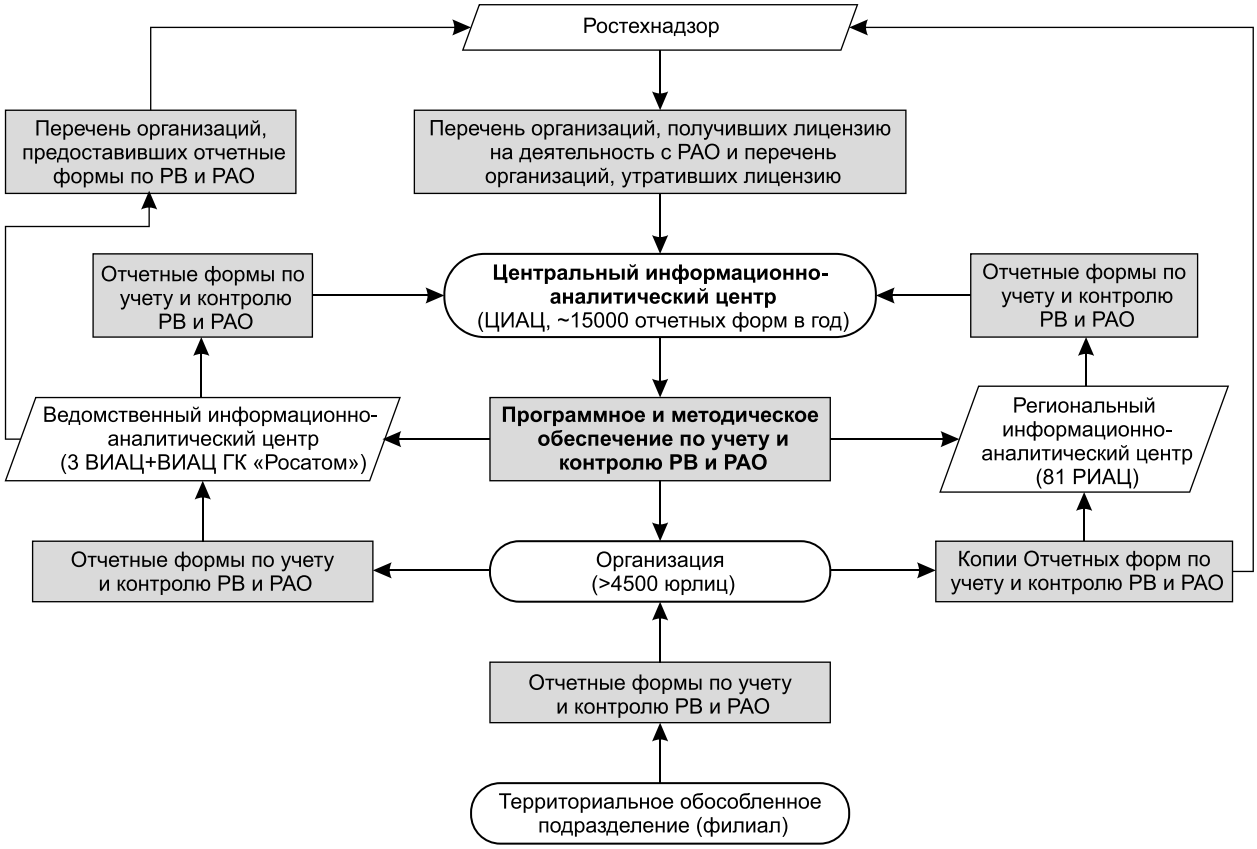

Рис. 1. Структурная схема потока информации СГУК РВ и РАО [14]

Состав данных, направляемых в такого рода информационные системы, практически повторяет ранее используемый бумажный документооборот. Информацию из рабочих журналов, актов обследования/измерений на определенный момент или за период времени обобщают на уровне организации или филиала в отчетную форму утвержденного образца, которую направляют в вышестоящую организацию (ведомство или орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации), которая вторично агрегированные (по ведомству или территории) данные направляет в орган, уполномоченный на федеральном (государственном) уровне осуществлять их анализ, обработку и хранение информации (Центральный информационно-аналитический центр). В этом случае собираются сведения в структурированном либо полуструктурированном виде, а неструктурированные (файлы аудио-, фото-, видеоматериалов, космических снимков, результатов лазерного сканирования объекта и т. п.), относящиеся к ОИАЭ, подпадают под требования федеральных норм и правил лишь косвенным образом, без учета особенностей их описания и способов хранения/воспроизведения. В процессе каждого этапа обработки и подготовки информации неизбежно сокращается детализация ее характеристик. В результате операций агрегирования данные, как правило, утрачивают некоторые свойства (местоположение, оценку неопределенности, методы исследования/измерения, условия проведения наблюдений и т. д.), которые могут быть востребованы при анализе долговременной безопасности ОИАЭ. Другими словами, сведения отчетных форм по радиоактивным веществам (РВ) и РАО могут быть применены только для определения текущих эксплуатационных характеристик, например, объекта размещения, консервации или захоронения РАО.

Следует отметить, что на каждом уровне информационной иерархии осуществляется независимое хранение информации. При этом на нижней ступени (например, в организации, осуществляющей обращение с РАО) неминуемо возникают процедуры двойного накопления данных: первичных учетных документов (электронных журналов и т. п.), содержащих результаты контроля состояния объекта или характеристики РАО, и отчетных форм, предоставляемых в вышестоящие организации. Согласно требованиям пунктов 102, 106, 119 и 122 НП-67-24 [16], данные материалы на предприятии, осуществляющем обращение с РАО, должны храниться не менее 10 лет, а ряд документов — бессрочно, что в условиях довольно частых изменений их

организационно-правовых форм реализовать сложно.

В предварительном национальном стандарте ПНСТ 849-2023 «Сеть, управляемая большими данными. Функциональная архитектура» [15] рекомендуется типовое решение, по которому поток информации включает четыре уровня:

- сбор данных;
- репозиторий данных;
- обработка данных (уровень вычислений и анализа);
- интеллектуальный анализ и сервис больших данных.

В то же время ПНСТ 848-2023 «Искусственный интеллект. Большие данные. Обзор и требования по обеспечению сохранности данных» [14] расширяет концепцию наличия или обладания сведениями или их резервными копиями понятием «сохранность данных», которую обеспечивают «постоянным доступом к ним посредством планирования стратегий резервного копирования и восстановления, предшествующих аварийным ситуациям или технологическим изменениям». Таким образом, информацию недостаточно собрать и где-то каким-либо образом аккумулировать, необходимо постоянно обеспечивать доступ к ней и ее обращение. При этом декларируется, что система хранения данных должна легко масштабироваться и иметь иерархическую структуру.

С учетом совершенствования возможностей информационных технологий, расширения потребностей в разнообразных данных при одновременном использовании их в различных расчетно-программных комплексах (вариативность) и в горизонте ближайшего будущего использование процедур «Искусственного интеллекта» и создания «Цифровых двойников» для обоснования долговременной безопасности ОИАЭ необходимо изменение парадигмы потоков информации с соблюдением нормативных требований по их долговременному сохранению. В условиях рутинного (режимного) контроля и мониторинга радиационной обстановки районов расположения ПЗРО и пунктов размещения ОРАО объем данных и документов, относящихся к ним, оценивается в десятки тысяч учетных единиц данных (результатов измерений/наблюдений) по каждому объекту в течение года. Соответственно, по Российской Федерации объем радиоэкологических сведений в разрезе предприятий ежегодно составляет порядка 10^7 учетных единиц данных, которые могут быть отображены в 10^8—10^9 байтами электронного хранения на накопителях постоянной (энергонезависимой) памяти. Такие объемы хранения и обработки материалов посильны в вычислительных сетях с серверными системами среднего уровня с применением технологий граничных вычислений с множественным доступом [17].

Исходя из вышеприведенного анализа, предлагаются следующие принципы организации сбора и обработки информации с использованием иерархического уровня «предприятие/организация — вышестоящие органы управления или контроля/надзора»:

- долговременному хранению подлежат верифицированные документы, структурированные и неструктурированные данные, являющиеся результатами наблюдений, контроля и мониторинга ландшафтных, метеорологических, геологических, радиационных и физических условий района и мест размещения объектов, содержащих РАО, включая результаты их комплексного инженерно-радиационного обследования;
- долговременное хранение первичных сведений (документов) обеспечивается на верхнем иерархическом уровне в полном объеме;
- на уровне предприятия, осуществляющего обращение с РАО, первичные данные (сведения электронных журналов измерений, наблюдений и прочих материалов) сохраняются во времени и объеме, достаточном для осуществления текущей оперативной деятельности;
- сокращение иерархических уровней сбора сведений и хранения данных до минимума (2 уровня).

Участниками системы сбора данных по районам расположения объектов размещения РАО являются:

- на иерархическом уровне 1:
  - организации, осуществляющие контроль, мониторинг и наблюдения в промзоне, санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения объекта РАО/ОРАО (пунктов размещения, консервации, хранения, захоронения РАО);
  - аккредитованные лаборатории, осуществляющие анализ проб и проводящих измерения;
- на иерархическом уровне 2 — Центры хранения, обработки, данных и документов (ЦХОД) и резервный (РЦХОД):
  - ЦХОД — базовый центр, который должен обеспечивать организационную, техническую интероперабельность (по ГОСТ Р 59796-2021, ГОСТ Р 55062-2021) информационной системы, валидацию входящих данных, их синхронизацию с РЦХОД, защиту и долговременное хранение информации (масштабирование, миграция) в аутентичном первоисточнику состоянии, авторизованный доступ к сведениям,

сервисы их обработки и анализа для органов управления и надзора.

– РЦХОД — резервный центр, который обеспечивает семантическую интероперабельность (по ГОСТ Р 59796-2021, ГОСТ Р 55062-2021) информационной системы, актуализацию метаданных, синхронизацию метаданных с ЦХОД, защиту информации и долговременное хранение данных (масштабирование, миграция) в аутентичном первоисточнику состоянии, авторизованный доступ к данным, сервисы обработки и анализа данных для организаций, проводящих оценку долговременной безопасности объектов содержащих РАО/ОРАО.

ЦХОД и РЦХОД разделены территориально и подчиняются разным органам исполнительной власти или государственным корпорациям.

На иерархическом уровне 1 организации и аккредитованные лаборатории, которые планируют осуществлять контроль, мониторинг и наблюдения в промзоне, санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения объекта РАО/ОРАО (пункты размещения, консервации, хранения, захоронения РАО), авторизуются в информационной системе:

- предоставляют сведения в ЦХОД по мере их получения и верификации в любой момент времени;
- отказываются от форм отчетности и их хранения;

Органы управления и надзора переходят к способам получения нужной информации по формализованным запросам (по мере необходимости) в ЦХОД в любой момент времени и заданном объеме.

На рис. 2 представлен пример организации двухуровневой информационной системы с обозначением задач, решаемых участниками (ролей).

На уровне организации/предприятия реализуется функция BDCP (в терминах ГОСТ Р ИСО/МЭК 20547-3-2024: сервис-провайдер сбора коллекций больших данных, Big Data Collection Provider), которая осуществляет обеспечение электронного хранения первичных сведений и различных документов, относящихся к обращению с РВ и РАО, на период существования эксплуатирующей ОИАЭ организации, подтверждение качества информации, актуализацию метаданных посредством своевременного исполнения процедур их валидации/верификации и семантического кодирования с предоставлением прав доступа вышестоящему по информационной иерархии ресурсу. На уровне территориальных обособленных подразделений (филиалов) с точки зрения информационных технологий задействовать какую-либо роль нерационально. Сбор и накопление сведений на этом уровне возможны за счет информационных ресурсов организации/предприятия с помощью удаленного доступа к централизованным электронным журналам проведения измерений и наблюдений, физически размещенных, например, на сетевом накопителе (NAS, Network Attached Storage).

На следующем информационном горизонте (федеральном) организуется центр электронного хранения и обработки данных (ЦХОД, рис. 2), относящихся к обращению с РВ/РАО и районам (площадкам) размещения объектов консервации, хранения, захоронения РАО, на уровне которого реализуются роли BDP (сервис-провайдер больших данных, Big Data Provider), BDPreP (сервис-провайдер предобработки больших данных, Big Data Preparation Provider) и BDVP (сервис-провайдер визуализации больших данных, Big Data Visualization Provider). Роль BDP обеспечивает долговременное сохранение данных (своевременную миграцию и/или ее конверсию с метаданными), актуализацию метаданных и их хронологическое сопровождение. Роль BDPreP обеспечивает семантическое декодирование актуальных данных и их агрегацию за заданный интервал времени. BDVP обеспечивает авторизованным информационным ресурсам федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) доступность к сведениям, относящимся к обращению с РВ и РАО, через систему формализованных запросов и форматированных ответов. ЦХОД должен функционировать в Системе межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ) на базе какого-либо уполномоченного ведомства федерального уровня, например на базе Центрального информационно-аналитического центра Национального оператора по обращению с РАО (рис. 1). Авторизованным информационным ресурсам федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) отводится роль BDC (потребитель больших данных) для принятия управленческих решений (рис. 2).

Для повышения надежности долговременного сохранения сведений необходимо создать независимый, например, в виде федерального казенного учреждения под совместным управлением Государственного архива России и Российской академии наук, Резервный центр хранения и обработки данных (РЦХОД, рис. 2) — динамическую копию ЦХОД, который наделяется ролями BDP (сервис-провайдер больших данных, Big Data Provider), BDSP (партнер сервиса больших данных, Big Data Service Partner), BDAcP (сервис-провайдер доступа к большим данным, Big Data

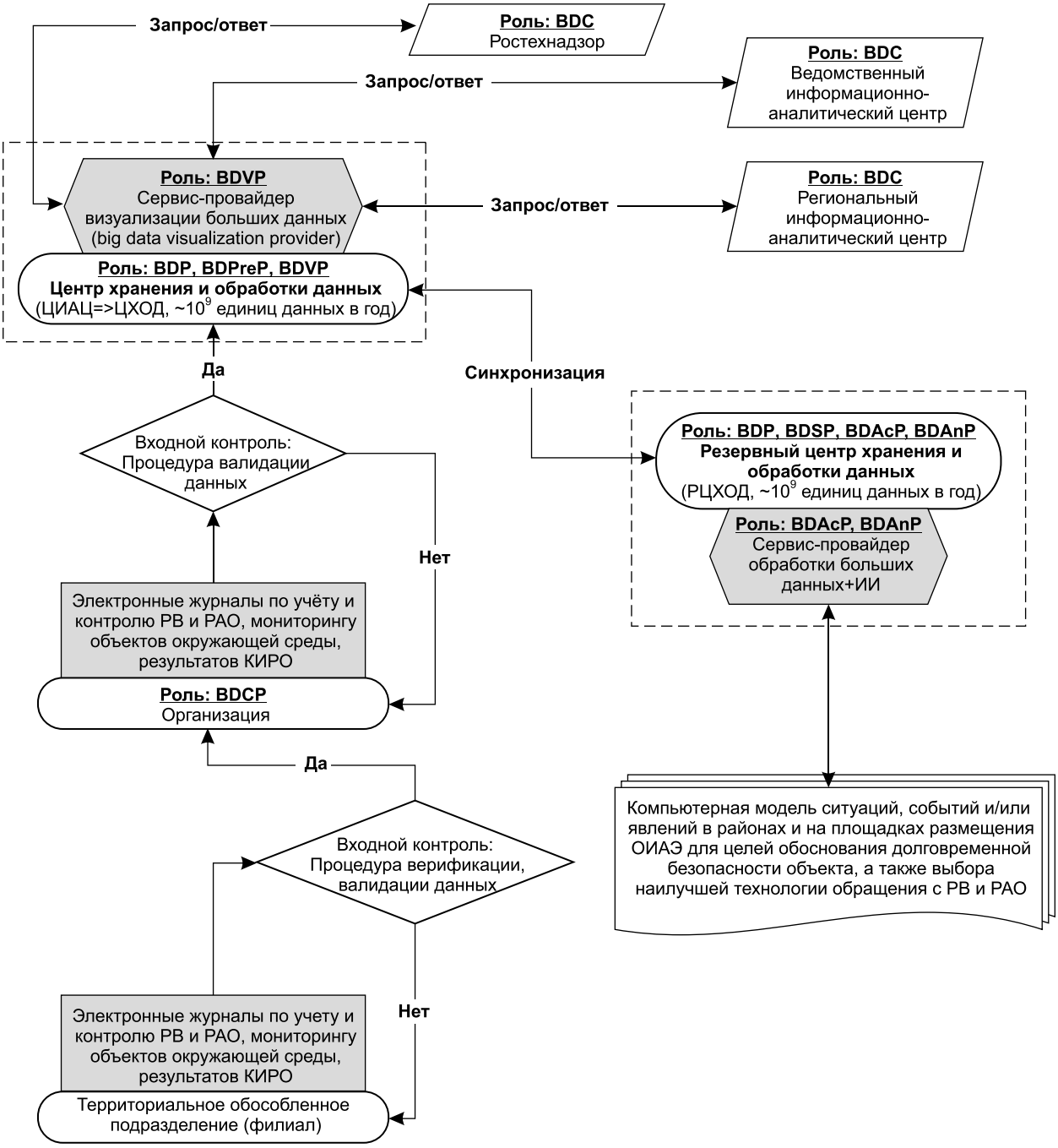

Рис. 2. Пример структурной схемы двухуровневой информационной системы

Access Provider) и BDAnP (сервис-провайдер аналитики больших данных, Big Data Analytics Provider). BDSP обеспечивает разработку сервисов больших данных, их синхронизацию и аудит между ЦХОД и РЦХОД. BDAcP реализует функции авторизованного доступа к информации для организаций, выполняющих оценку долговременной безопасности пунктов размещения, консервации, хранения и захоронения РАО. BDAnP выполняет анализ данных, формирование их массивов, предназначенных для обучения систем «искусственного интеллекта» или проведения верификации компьютерных моделей в рамках виртуальных экспериментов. ЦХОД и РЦХОД сохраняют данные без ограничения по времени, имеют свои собственные уникальные списки авторизованных пользователей и обеспечивают доступ к данным независимо друг от друга.

Отказ от форм отчетности, представляющей собой агрегацию (суммирование) части данных за календарный период, на уровне предприятия и переход к сохранению первичной информации, результатов контроля и мониторинга на федеральном уровне позволяет расширить спектр возможностей по их анализу в целях принятия

управленческих решений, снизить нагрузку на персонал организаций, эксплуатирующих ОИАЭ, связанный с подготовкой и хранением отчетной документации.

Реализация предлагаемой системы хранения сведений — результатов наблюдений, контроля и мониторинга — возможна при унифицированной структуре их описания и хранения в виде базы данных, которая должна достаточно просто масштабироваться на иерархических уровнях, а также без сложных программных процедур подвергаться конверсии (переводу в другие форматы) и миграции (переносу на иные, как правило, более современные аппаратные и программные информационные ресурсы) — это является одним из основных требований по долговременному хранению информации [18].

Унифицированная схема (модель) базы данных

Проблема сохранения разнообразных представлений результатов наблюдений, контроля и мониторинга ландшафтных, геологических, радиационных и физических состояний районов и площадок размещения, консервации, хранения и захоронения РАО в настоящее время разрешается посредством создания некоторого множества тематических баз данных. Такой подход реализуется как в международной практике, например база данных нуклидов, способов их распада и энергиях излучения — NUDAT-3 [19], так и в отечественной: в системе Росгидромета с помощью множества (около 20 единиц) специализированных массивов метеорологических сведений сохраняются основные климатические параметры. Они размещены на официальном сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в открытом доступе, зарегистрированы в Роспатенте и имеют статус официальных электронных справочных изданий [20]. Такие специализированные БД, как правило, сопровождаются независимо, отдельной группой специалистов, по своим алгоритмам актуализации данных и в ряде случаев отличной от других системе обозначений характеристик. В результате существует вероятность рассогласования информации в различных массивах одной и той же базы. В качестве демонстрации таких ситуаций приведем пример из NUDAT-3 [19], являющейся информационным ресурсом Международного агентства по атомной энергии и содержащим сведения об основных характеристиках нуклидов в различных массивах (основные нуклиды и их изомерные состояния, обобщенная характеристика путей распада ядра или изменения его состояния, энергии излучения). В NUDAT-3 имеются для выгрузки три массива сведений:

1) нуклиды с указанием индекса/обозначения изомерного состояния (Z, A, Element, Izomer-index) и их периоды полураспада (4 115 записей-нуклидов плюс одна — для описания характеристик свободного нейтрона) [21];

2) нуклиды (Z, N, Nuclid), режим распада их ядра и выделяемой энергии на распад (6 344 записи) [22];

3) нуклиды (A, Z, N, Element) и испускаемые их ядром энергии излучения (более 195 тысяч записей-энергий по видам излучения) [23].

Анализ всех трех массивов БД NUDAT-3 показывает, что массив 3 содержит 4 499 записи, соотнесенных с 124 нуклидами, которых нет в массивах 1 и 2. В каждом из них имеются указания на период полураспада нуклида, которые приведены различным способом или с разной точностью, в своих единицах измерения либо отличающихся значением его величины. Например, для изотопа ^{10}Be в массиве 1 приводится значение периода полураспада, равное 1 385 587 лет, в массиве 2 — $1{,}39 \cdot 10^6$ лет, а в массиве 3 — $1{,}51 \cdot 10^6$ лет.

Во избежание рассогласования сведений возникает необходимость их хранения в едином виде, без дублирования по различным информационным массивам. Кроме того, при анализе данных за продолжительный период, исчисляемый, например, десятилетиями, необходимо учитывать характер изменений во времени понятий-метрик.

В базе радиоэкологических данных по районам расположения пунктов консервации ОРАО, ПЗРО и территорий объектов ядерного наследия после проведения их реабилитации оценка изменений состояния в ретроспективном, текущем и будущем (прогноз) времени требует долговременной прослеживаемости и их сопоставления, что обеспечивается хронологическим учетом изменений метаданных.

По этой причине для решения указанной проблемы в объеме радиоэкологического паспорта [24] необходимо не только применять специализированные системы хранения информации, но и на уровне структуры БД иметь возможность осуществлять учет изменений состояний терминологических систем (метрик, метаданных).

Существуют, как минимум, следующие затруднения, возникающие при создании базы данных по радиоэкологическому направлению:

- отсутствие четкого по полноте перечня величин, относимых к классу радиоэкологических сведений;

- изменчивость во времени и пространстве природных комплексов (ландшафтов), фауны и флоры, находящихся в зоне потенциального влияния ПЗРО, пунктов размещения и пунктов консервации ОРАО. Отсюда следует, что изучаемый референтный перечень видов флоры и фауны при актуальных оценках их долговременной безопасности подлежит уточнению и пересмотру;
- обозначение мест измерений (точек) и их назначение строго не формализовано и производится службами радиационного и химического контроля предприятий, которые их проводят и осуществляют отбор проб, исходя из собственных представлений, в результате в различных документах они промаркированы по-разному;
- данные могут описываться с различной степенью детализации. Например, для определения величины уровня грунтовых вод достаточно указать место и единицу измерения, для оценки качества скважинной воды в ряде случаев нужно знать, на какой глубине производился отбор пробы, то есть добавляется мера «глубина».

Следовательно, размерность метрического пространства «данные» варьирует динамически в зависимости от типа радиоэкологических величин и способов измерений.

При разработке унифицированной модели БД применимы два стандартизованных понятия: структурированные и неструктурированные данные [25]. Под неструктурированными данными типа NoN будем подразумевать любые сведения, сохраняемые в виде отдельных файлов, содержащих, как правило, информацию качественного характера (видео-, фото-, аудиоматериалы, карты или схемы, описание горных пород и т. п.), соотносимую с объектом ОИАЭ и/или районом/площадкой его размещения.

Под структурированными данными понимаем численные значения величин:

- D — результат измерений или испытаний/наблюдений или расчета (прогноза);
- U — оценки неопределенности (или разброса) и численные показатели величин;
- C — значения, характеризующие условия проведения измерений/наблюдений или расчета (прогноза).

Очевидно, что оценка неопределенности (U) есть неотъемлемая характеристика результата измерений (D) и, казалось бы, их можно объединить, не создавая дополнительное множество (категорию) данных. Однако ситуация такова, что имеется ряд численных данных, представляемых без учета неопределенностей, например меры количества, массы, площадей или объема и т. п., поэтому, чтобы не создавать «пустые» подмножества и не «раздувать» БД неинформативными полями, введена отдельная категория — «оценка неопределенности».

Также необходимо принять во внимание тот факт, что существуют такие результаты измерений, которые невозможно представить в виде значения, например, если результат не превышает минимальную детектируемую активность (< МДА) или порога/предела чувствительности и т. п. Показатель такого рода относят к категории данных типа U.

Необходимо учитывать, что результаты измерений могут быть также совместными. Например, в аликвотах пробы почвы независимо измеряют удельные активности альфа-, бета- и гамма-излучающих радионуклидов и/или ряд показателей качества почв, включая содержание химических веществ.

Важно отметить, что при измерениях, испытаниях/наблюдениях и расчетах время может быть представлено как на конкретный момент (например, определенный час при метеоданных) или приведено к нему (например, суммарная активность радионуклида на 01 января года), так и в виде его интервала. Следовательно, время, которое соответствует результату измерений/наблюдений, относится к метаданным и формируется отдельной справочной таблицей, к которой данные адресуются.

Опишем информацию с использованием приемов семантического кодирования и математической модели метаданных [26]:

$$\begin{cases} D \in \{id_D, id_t, id_q, id_{unit}, id_s, id_{stat}, x \in R, \{id_m\}, \{id_c\} \in C, \{id_{jD}\}\}; \\ U \in \{id_U, id_t, id_q, id_{unit}, id_{stat}, y \in R, \inf x, \sup x\}; \\ C \in \{id_C, id_t, id_q, id_{unit}, id_s, id_{stat}, z \in R\} \\ NoN \in \{id_{NoN}, id_t, id_q, id_s, String, Hash_code\}, \end{cases}$$

где: id_U, id_U, id_C, id_{NoN} — собственные идентификаторы структурированных и неструктурированных данных соответственно;

id_t, id_q, id_{unit}, id_s, id_{stat} — идентификаторы-указатели на записи справочников времени, величин, единиц измерения, источников информации, статистического представления данных соответственно;

x, y, z — численные значения (размер величины) результата измерений, его неопределенности и условий их проведения соответственно;

$\{id_m\}$ — множество идентификаторов-указателей на записи прочих справочников (метаданные), характеризующих данные;

$\{id_C\}$ — множество идентификаторов-указателей на численные значения данных C, условий проведения измерений, контроля, мониторинга, наблюдения;

$\{id_{jD}\}$ — множество идентификаторов-указателей на совместные данные (на структурированные и неструктурированные);

inf x, sup x — нижняя и верхняя грани (пределы) диапазона неопределенности значения x из множества данных D. Для случаев непревышения минимальной детектируемой активности (< МДА)/порога чувствительности и т. п. заполняют sup x;

String — символьная строка неопределенного размера, содержащая неструктурированные данные (обозначение проб, текстовое описание места измерений и прочее) либо указатель (путь имен в операционной системе) на файлы такой информации (документы);

Hash_code — результат действия (вычисления) хэш-функции над неструктурированными данными, используется для поиска и аудита.

Вышеприведенный подход к описанию данных с учетом методологии проектирования и создания БД [27] реализован в «Базе радиоэкологических данных по районам расположения пунктов размещения и консервации особых радиоактивных отходов, пунктов захоронения радиоактивных отходов. Версия 1.2» (БаРДОРАО) (рис. 3) [28]), который позволяет на длительную перспективу сохранять их структуру без утраты смыслового значения и имеет следующие свойства:

а) накопление данных аутентично источнику сведений с максимально возможным приближением по точности, форме представления и приведенным единицам измерения (одновременно в символьном и численном виде);

б) учитываются изменения (события) метаданных во времени, то есть обеспечивается своевременное (актуальное) осмысление ретро-данных (семантическая связь: прошлое-настоящее);

в) метрики данных содержат не только определенные понятия, характеризующие их, но и синонимы, коллизия между которыми разрешается посредством отдельной соединительной таблицы БД. Это следует из свойств а) и б).

БаРДОРАО состоит из примитивных по структуре таблиц с минимумом атрибутов, связи между которыми обеспечиваются посредством набора соединительных таблиц. Это упрощает процедуры миграции и конверсии БД.

В базе допускается дублирование информации (для сверки) в форме сохранения электронной версии источника сведений в объектном хранилище данных (например, S3 MinIO).

Недостатком представленной структуры БД является сложность ввода, обусловленная необходимостью предварительной экспертизы документов и данных с целью установления множества связей с метаданными.

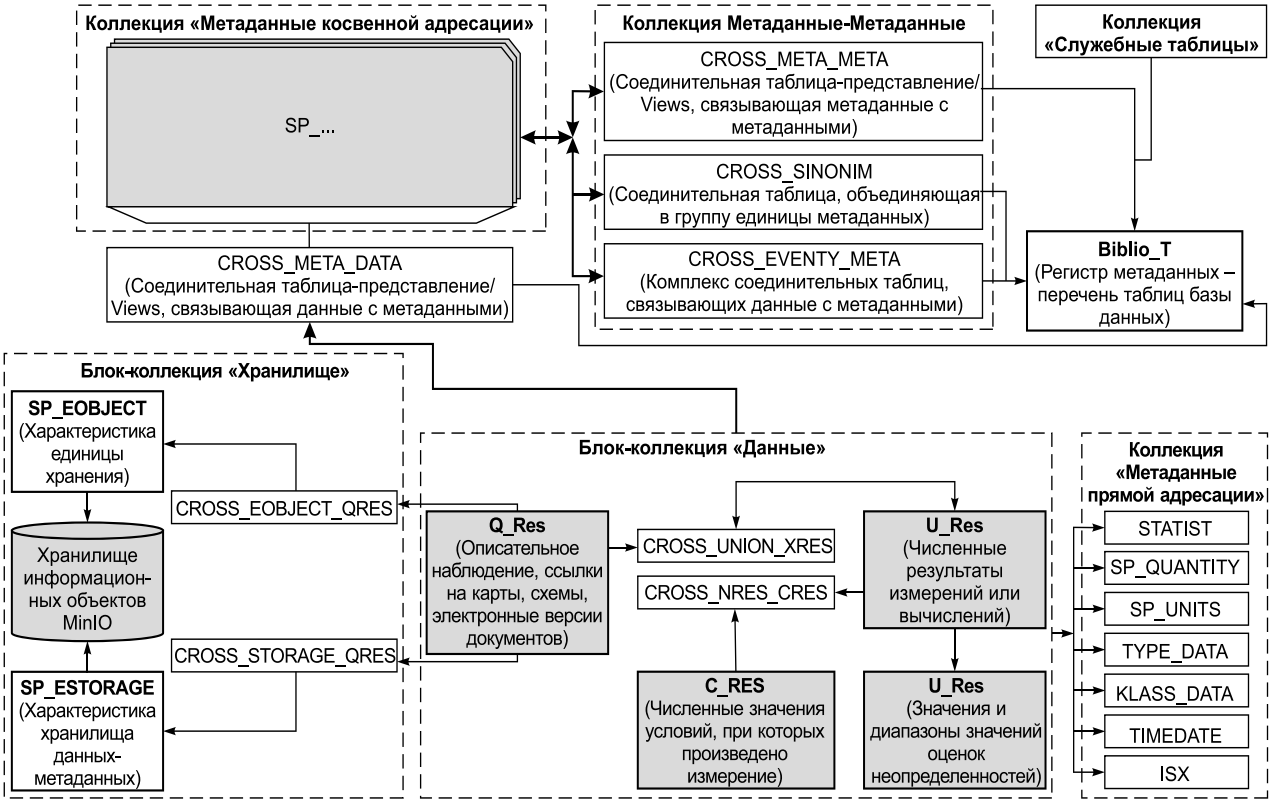

Рис. 3. Блок-схема базы данных «База радиоэкологических данных по районам расположения пунктов размещения и консервации особых радиоактивных отходов, пунктов захоронения радиоактивных отходов. Версия 1.2» (БаРДОРАО)

БаРДОРАО состоит из коллекции таблиц «Данные», состоящей из таблиц структурированных (численных) данных N_Res (аналог множества D), U_Res (аналог множества U), C_Res (аналог множества C) и неструктурированных данных Q_Res — аналог множества NoN (рис. 3). В свою очередь, таблица неструктурированных данных Q_Res адресуется к коллекции таблиц «Хранилище», которые обеспечивают семантику и хеш-коды разнообразных информационных объектов, сохраняемых в репозитории «Хранилище информационных объектов», на основе технологии с открытым кодом MinIO (рис. 3). Собственный идентификатор таблицы N_Res (результаты измерений) nres_id эквивалентен собственному идентификатору U_Res (оценка неопределенности) ures_id, то есть nres_id=ures_id, и можно параллельно извлекать данные и их оценки неопределенностей. Результат измерений nres_id совмещается с множеством численных значений таблицы C_Res, определяющих условия проведения измерений, посредством соединительной таблицы CROSS_NRES_CRES (рис. 4), реализуя отношение «один ко многим» (1 : N).

Совместные данные определяются с помощью CROSS_UNION_XRES (рис. 4).

Таблицы коллекции «Данные» в своей структуре содержат идентификаторы-указатели на справочники коллекции «Метаданные прямой адресации»: на справочник времени (TIMEDATE), величин (SP_QUANTITY), единиц измерения (SP_UNITS), источника информации (ISX), статистических терминов (STATIST) и дополнительно, для повышения эффективности запросов, на справочник категорий данных (KLASS_DATA).

Наиболее полно семантика информации может быть охарактеризована и сохранена неограниченным множеством таблиц коллекции «Метаданные косвенной адресации», в состав которой по состоянию на 01.01.2026 входит 41 таблица, включая справочники предприятий/организаций, административно-территориальных образований, географических объектов, мест измерений, функциональное назначения объекта с РАО и т. п., их создание осуществлялось по мере появления необходимости нового описания величин и объектов наблюдения. Соединительная таблица CROSS_META_DATA обеспечивает связь между данными и метаданными коллекции таблиц «Метаданные косвенной адресации» (рис. 3).

По возможности таблицы метаданных формировались с учетом требований серии национальных стандартов ГОСТ Р ИСО/МЭК 11179 «Информационные технологии. Регистры метаданных (РМД)» и наполнялись по максимуму приближенным генерализованным перечнем терминов и понятий: например, справочник нуклидов SP_NUCLIDES включает в себя список

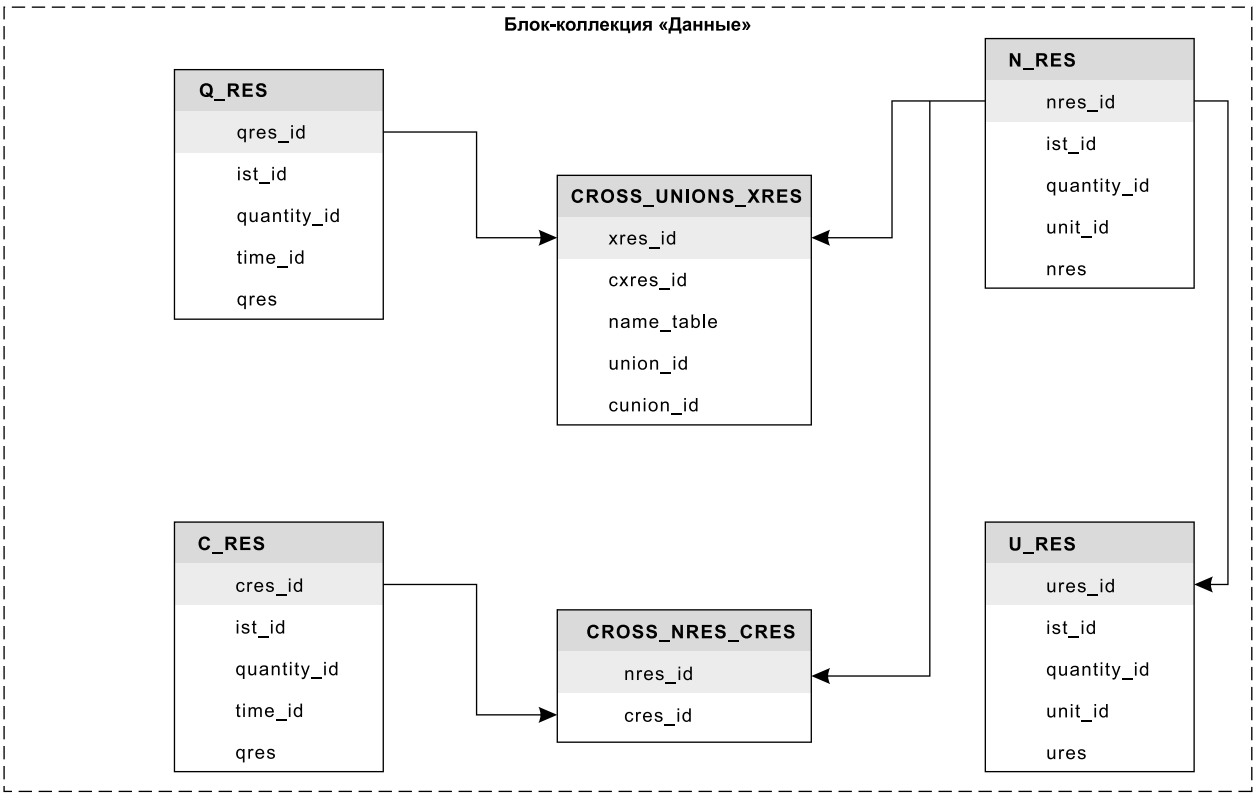

Рис. 4. Блок-коллекция «Данные»

около 4 тысяч нуклидов и их метастабильных состояний.

В БаРДОРАО реализована модель учета изменений метаданных [28] на основе коллекции таблиц «Метаданные-метаданные», состоящей из трех таблиц CROSS_META_META, CROSS_SINONIM и CROSS_EVENTY_META (рис. 3), позволяющей осуществлять ввод сведений с использованием синонимов, учитывать хронологические изменения в определении терминов/понятий, а также обеспечивающей связь между таблицами коллекции «Метаданные косвенной адресации»: например, можно сопоставить организацию с производственными объектами и площадками, точками измерений и т. д.

В целом БаРДОРАО построена из простых примитивных таблиц, с помощью которых можно охватить широкий класс данных, в том числе результаты контроля и мониторинга, осуществляемых на предприятиях в районах размещения объектов консервации, хранения/захоронения РАО.

По этой причине «Базу радиоэкологических данных по районам расположения пунктов размещения и консервации особых радиоактивных отходов, пунктов захоронения радиоактивных отходов» можно взять за прототип при организации двухуровнего хранения первичных сведений результатов контроля и мониторинга объектов окружающей среды в районе расположения ОИАЭ и их комплексного инженерно-радиационного обследования.

Для осуществления этой цели необходимо обеспечить эквивалентность коллекций таблиц «Метаданные прямой адресации», «Метаданные косвенной адресации» и «Метаданные-метаданные» как на уровне организации/предприятия, так и на федеральном уровне (ЦХОД, РЦХОД). В этом случае передаче подлежит часть текущих первичных данных и документов, например за сутки, из коллекции таблиц «Данные» и «Хранилище», с проверкой хэш-кодов информационных объектов (рис. 3 и 4). Учитывая тот момент, что территория Российской Федерации располагается в 11 часовых поясах, нагрузка на серверы федерального уровня, через которые должен осуществляться прием первичных сведений, будет достаточно сбалансирована.

Заключение

Современные информационные технологии способны сохранять продолжительное время значительные объемы информации, поэтому имеет смысл осуществить обновление подхода к накоплению и анализу сведений, относящихся к районам и/или площадкам размещения объектов с продолжительным периодом опасности для персонала и населения. Предлагается парадигма отказа от сбора форм отчетности и переход к накоплению на федеральном уровне первичной информации, являющейся результатом измерений, мониторинга и наблюдений ландшафтных, геологических, радиационных и физических условий в районах и на площадках размещения ОИАЭ, содержащих РАО, с передачей ответственности за длительное сохранение данных и их архивизацию на общегосударственный уровень.

Эксплуатирующая организация несет ответственность за накопление информации в электронном виде только тех сведений, которые необходимы для оперативной деятельности, а также подтверждает качество передаваемых первичных данных — результатов измерений, мониторинга и наблюдений, комплексного инженерно-радиационного обследования района/площадки размещения и объекта, содержащего РАО. Она имеет неограниченный доступ к ней.

На федеральном уровне предлагается накапливать первичные данные в существующей организационной структуре в виде Центра хранения и обработки данных и создать Резервный центр хранения и обработки данных, которые будут синхронизованы по содержимому БД между собой, но функции предоставления услуг будут исполнять асинхронно.

Федеральные органы исполнительной власти, Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, Органы управления или технического надзора получают необходимые, агрегированные за определенный период, сведения непосредственно при обращении к данным федерального уровня такой информационной системы посредством формализованных запросов и форматированных, по согласованию, ответов.

Предложена информационная модель потока информации: организация/предприятие — Федеральный уровень (ЦХОД).

За прототип Унифицированной схемы БД предлагается структура «Базы радиоэкологических данных по районам расположения пунктов размещения и консервации особых радиоактивных отходов, пунктов захоронения радиоактивных отходов» [29], которая может без существенных изменений масштабироваться с уровня организации/предприятия на федеральный.

В дальнейшем для обеспечения функционирования двухуровневой информационной системы необходимо разработать следующие стандарты в серии «Информационные технологии»:

- Система обозначений и идентификации мест (точек) проведения отбора проб;

- Система обозначений и идентификации мест (точек) измерений;
- Система обозначений и маркировки проб объектов окружающей среды;
- Система обозначений и идентификации средств измерительной техники и измерительных систем;
- Система обозначений и идентификации методов выполнения измерений;
- Система обозначений и идентификации структурированных данных;
- Система обозначений и идентификации неструктурированных данных.

Накопление на федеральном уровне первичной информации, являющейся результатом измерений, мониторинга и наблюдений различных организаций, позволит проводить комплексное обучение системы «Искусственного интеллекта» на основе «Больших данных» и использовать ее при принятии управленческих решений.

Литература

1. *Ключевский В. О.* Лекции по русской истории в 3 ч. Часть 1. Вступительные беседы. История Древней Руси: учебник для вузов. — М. : Юрайт, 2025. 210 с. — URL: https://urait.ru/bcode/562233 (дата обращения: 14.01.2026).
2. НП-058-14. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения. Утв. приказом Ростехнадзора от 05.08.2014 № 347. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/70801700/paragraph/1/doclist/1161/1/0/0:6/ (дата обращения: 16.01.2026).
3. НП-099-17. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности пунктов хранения радиоактивных отходов. Утв. приказом Ростехнадзора от 23.06.2017 № 219. — URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71627584/ (дата обращения: 11.03.2025).
4. НП-100-17. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов. Утв. приказом Ростехнадзора от 23.06.2017 № 218. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/71727588/paragraph/1/doclist/108/30/0/0:3 (дата обращения: 07.05.2026).
5. НП-103-17. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к обеспечению безопасности пунктов размещения особых радиоактивных отходов и пунктов консервации особых радиоактивных отходов. Утв. приказом Ростехнадзора от 10.10.2017 № 418. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/7184576/paragraph/1/doclist/234/1/0/0/НП-103-17:6 (дата обращения: 07.05.2026).
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021. Информационные технологии. Большие данные. Обзор и словарь.
7. ГОСТ Р 59925-2021. Информационные технологии. Большие данные. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 24668-2022. Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура управления процессами аналитики больших данных.
9. ГОСТ Р 70466-2022. Информационные технологии. Эталонная архитектура больших данных. Часть 1. Структура и процесс применения.
10. ГОСТ Р 59926-2021. Информационные технологии. Эталонная архитектура больших данных. Часть 2. Варианты использования и производные требования.
11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20547-3-2024. Информационные технологии. Эталонная архитектура больших данных. Часть 3. Эталонная архитектура.
12. ПНСТ 919-2024. Информационные технологии. Эталонная архитектура больших данных. Часть 5. Направления стандартизации.
13. ПНСТ 847-2023. Искусственный интеллект. Большие данные. Функциональные требования в отношении происхождения данных.
14. ПНСТ 848-2023. Искусственный интеллект. Большие данные. Обзор и требования по обеспечению сохранности данных.
15. ПНСТ 849-2023. Сеть, управляемая большими данными. Функциональная архитектура.
16. НП-067-24. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила учета и контроля радиоактивных веществ, отдельных ядерных материалов и радиоактивных отходов в организации. Утв. приказом Ростехнадзора от 30.01.2025 № 31 — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/412491128/paragraph/1/doclist/108/2/0/0:2/ (дата обращения: 07.05.2026).
17. ГОСТ Р 71851.1-2025. Граничные вычисления с множественным доступом. Часть 1. Термины и определения.
18. ГОСТ Р ИСО 13008-2025. Информация и документация. Процессы конверсии и миграции электронных документов.
19. База данных NUDAT-3 National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov/ (дата обращения: 15.04.2026).
20. Специализированные массивы для климатических исследований — URL: http://aisori-m.

meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=19 (дата обращения: 15.04.2026).
21. База данных NUDAT-3 National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov//walletcards/search.html (дата обращения: 15.04.2026).
22. База данных NUDAT-3 National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov/nudat3 (дата обращения: 15.04.2026).
23. База данных NUDAT-3 National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/indx_dec.jsp (дата обращения: 15.04.2026).
24. ГОСТ Р 50888-96. Радиоэкологический паспорт специализированного предприятия по обращению с радиоактивными отходами. Основные положения.
25. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25046-2021. Информационные технологии. Большие данные. Обзор и словарь.
26. *Соловьев А. В.* Разработка математической модели метаданных электронного документа долговременного хранения // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2022. Т. 72. № 3. С. 105—112. DOI: 10.14357/20790279220311.
27. *Tannenbaum A.* Metadata solutions: using metamodels, repositories, XML, and enterprise portals to generate information on demand. —Boston, Addison Wesley Professional, 2002. 490 p.
28. *Скоробогатов А. М., Апанасюк О. Н., Широков Я. В.* Модель учета изменений состояний метаданных // Информационные технологии и вычислительные системы. 2025. № 2. С. 25—37.
29. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624257 «База радиоэкологических данных по районам расположения пунктов размещения и консервации особых радиоактивных отходов, пунктов захоронения радиоактивных отходов. Версия 1.1» от 30 сентября 2025 г.

Информация об авторе

Скоробогатов Анатолий Михайлович, научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: sam@ibrae.ac.ru.

Библиографическое описание статьи

Скоробогатов А. М. О сохранении радиоэкологических сведений по районам размещения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2026. № 3 (36). С. 91—105. DOI: 10.25283/2587-9707-2026-3-91-105.

ON THE PRESERVATION OF RADIOECOLOGICAL DATA ON AREAS WITH RADIOACTIVE WASTE

Skorobogatov A. M.

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Article received on June 3, 2026

The paper focuses on the long-term data preservation achieved via primary data localization, i. e. radioecological monitoring data on areas with radioactive waste and findings from comprehensive engineering and radiation surveys of sites with RW, as well as RW storage, isolation and disposal facilities. The paper presents a model showing the information flows and the evolution of a database on long-term storage/disposal facilities for radioactive waste. It presents a prototype of a hierarchically scalable database that was developed and proposes a digital data typification and a model designed to account for the changes in metadata implemented in a radioecological database on areas with radioactive waste disposal facilities, sites holding special radioactive waste and isolation facilities for special radioactive waste.

Keywords: *radioactive waste, radioactive waste disposal facilities, data, metadata, long-term data storage.*

References

1. Klyuchevsky V. O. *Lektsii po russkoy istorii v 3 ch. Chast' 1. Vstupitel'nyye besedy. Istoriya Drevney Rusi: uchebnik dlya vuzov* [Lectures on Russian history in 3 parts. Part 1. Introductory talks. History of Ancient Rus': textbook for universities]. Moscow, Yurait Publ., 2025. 210 p. — URL: https://urait.ru/bcode/562233 (accessed on: 14.01.2026).
2. NP-058-14. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Bezopasnost' pri obrashchenii s radioaktivnymi otkhodami. Obshchiye polozheniya* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Safe Management of Radioactive Waste. General Provisions]. Approved by Order of Rostekhnadzor of August 5, 2014 No. 347. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/70801700/paragraph/1/doclist/1161/1/0/0:6/ (accessed on: 16.01.2026).
3. NP-099-17. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Trebovaniya k sostavu i soderzhaniyu otcheta po obosnovaniyu bezopasnosti punktov khraneniya radioaktivnykh otkhodov* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Requirements for the Content and Structure of Safety Analysis Reports for Radioactive Waste Storage Facilities]. Approved by Order of Rostekhnadzor of June 23, 2017, No. 219. — URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71627584/ (accessed on: 11.03.2025).
4. NP-100-17. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Trebovaniya k sostavu i soderzhaniyu otcheta po obosnovaniyu bezopasnosti punktov zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Requirements for the Content and Structure of Safety Analysis Reports for Radioactive Waste Disposal Facilities]. Approved by Order of Rostekhnadzor of June 23, 2017, No. 218. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/71727588/paragraph/1/doclist/108/30/0/0:3 (accessed on: 07.05.2026).
5. NP-103-17. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti punktov razmeshcheniya osobykh radioaktivnykh otkhodov i punktov konservatsii osobykh radioaktivnykh otkhodov* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Safety Requirements for Facilities Holding Special Radioactive Waste and Special Radioactive Waste Isolation Facilities]. Approved by Order of Rostekhnadzor No. 418 of October 10, 2017. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/7184576/paragraph/1/doclist/234/1/0/0/НП-103-17:6 (accessed on: 07.05.2026).
6. GOST R ISO/MEK 20546-2021. *Informatsionnyye tekhnologii. Bol'shiye dannyye. Obzor i slovar'* [GOST ISO/IEC 20546-2021 Information Technology. Big Data. Overview and Vocabulary].
7. GOST R 59925-2021. *Informatsionnyye tekhnologii. Bol'shiye dannyye. Tekhnicheskoye zadaniye. Trebovaniya k soderzhaniyu i oformleniyu* [Information technology. Big data. Technical assignment. Requirements to contents and form of presentation].
8. GOST R ISO/MEK 24668-2022. *Informatsionnyye tekhnologii. Iskusstvennyy intellekt. Struktura upravleniya protsessami analitiki bol'shikh dannykh* [Information technology. Artificial intelligence. Process management framework for big data analytics].
9. GOST R 70466-2022. *Informatsionnyye tekhnologii. Etalonnaya arkhitektura bol'shikh dannykh. Chast' 1. Struktura i protsess primeneniya* [Information technology. Big data reference architecture. Part 1. Framework and application process].
10. GOST R 59926-2021. *Informatsionnyye tekhnologii. Etalonnaya arkhitektura bol'shikh dannykh. Chast' 2. Varianty ispol'zovaniya i proizvodnyye trebovaniya* [Information technology. Big data reference architecture. Part 2. Use cases and derived requirements].
11. GOST R ISO/MEK 20547-3-2024. *Informatsionnyye tekhnologii. Etalonnaya arkhitektura bol'shikh dannykh. Chast' 3. Etalonnaya arkhitektura* [Information technology. Big Data Reference architecture. Part 3. Reference architecture].
12. PNST 919-2024. *Informatsionnyye tekhnologii. Etalonnaya arkhitektura bol'shikh dannykh. Chast' 5. Napravleniya standartizatsii* [IInformation technology. Big data reference architecture. Part 5. Directions of standardization].
13. PNST 847-2023. *Iskusstvennyy intellekt. Bol'shiye dannyye. Funktsional'nyye trebovaniya v otnoshenii proiskhozhdeniya dannykh* [Artificial intelligence. Big data. Functional requirements for data provenance].
14. PNST 848-2023. *Iskusstvennyy intellekt. Bol'shiye dannyye. Obzor i trebovaniya po obespecheniyu sokhrannosti dannykh* [Artificial intelligence. Big data. Overview and requirements for data preservation].
15. PNST 849-2023. *Set', upravlyayemaya bol'shimi dannymi. Funktsional'naya arkhitektura* [Big data-driven networking. Functional architecture].
16. NP-067-24. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Pravila ucheta i kontrolya radioaktivnykh veshchestv, otdel'nykh yadernykh materialov i radioaktivnykh otkhodov v organizatsii* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Rules for Accounting and Control of Radioactive Substances, Certain Nuclear Materials and Radioactive Waste in Organizations]. Approved by Order of Rostekhnadzor of January 30, 2025, No. 31. — URL: https://mobileonline.garant.ru/#/document/412491128/paragraph/1/doclist/108/2/0/0:2/ (accessed on: 07.05.2026).
17. GOST R 71851.1-2025. *Granichnyye vychisleniya s mnozhestvennym dostupom. Chast' 1. Terminy i*

opredeleniya [Multi-access edge computing. Part 1. Terms and definitions].
18. GOST R ISO 13008-2025. *Informatsiya i dokumentatsiya. Protsessy konversii i migratsii elektronnykh dokumentov* [Information and documentation. Digital records conversion and migration process].
19. NUDAT-3 Database, National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov (accessed on: 15.04.2026).
20. *Spetsializirovannyye massivy dlya klimaticheskikh issledovaniy* [Specialized data arrays for climate research]. — URL: http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=19 (accessed on: 15.04.2026).
21. *Baza dannykh NUDAT-3* [Database] National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov//walletcards/search.html (accessed on: 15.04.2026).
22. *Baza dannykh NUDAT-3* [Database] National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/ (accessed on: 15.04.2026).
23. *Baza dannykh NUDAT-3* [Database] National Nuclear Data Center Brookhaven National Laboratory. — URL: https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/indx_dec.jsp (accessed on: 15.04.2026).
24. GOST R 50888-96. *Radioekologicheskiy pasport spetsializirovannogo predpriyatiya po obrashcheniyu s radioaktivnymi otkhodami. Osnovnyye polozheniya* [Radioecolodgical passport of special enterprise on handling with padioactive waste. Basic principles].
25. GOST R ISO/MEK 25046-2021. *Informatsionnyye tekhnologii. Bol'shiye dannyye. Obzor i slovar'* [Information technology. Big data. Overview and vocabulary].
26. Solovyev A. V. Razrabotka matematicheskoy modeli metadannykh elektronnogo dokumenta dolgovremennogo khraneniya [Development of a Mathematical Model of Metadata of an Electronic Document for Long-Term Storage]. *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiyskoy akademii nauk — Proceedings of the Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences,* 2022, vol. 72, no. 3, pp. 105—112. DOI: 10.14357/20790279220311.
27. Tannenbaum A. Metadata solutions: using metamodels, repositories, XML, and enterprise portals to generate information on demand. Boston, Addison Wesley Professional Publ., 2002. 490 p.
28. Skorobogatov A. M., Apanasyuk O. N., Shirokov Ya. V. Model' uchota izmeneniy sostoyaniy metadannykh [A Model for Accounting for Changes in Metadata States]. *Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy — Information technologies and computing systems,* 2025, no. 2, pp. 25—37.
29. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 2025624257 "Baza radioekologicheskikh dannykh po rayonam raspolozheniya punktov razmeshcheniya i konservatsii osobykh radioaktivnykh otkhodov, punktov zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov. Versiya 1.1"* [Certificate of state registration for the database No. 2025624257 Radioecological Database on Sites Holding Special Radioactive Waste, Isolation Facilities for Special Radioactive Waste, Disposal Facilities for Radioactive Waste. Version 1.1] of September 30, 2025.

Information about the author

Skorobogatov Anatoly Mikhailovich, Researcher, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulskaya st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: sam@ibrae.ac.ru.

Bibliographic description

Skorobogatov A. M. On the Preservation of Radioecological Data on Areas with Radioactive Waste. *Radioactive Waste,* 2026, no. 3 (36), pp. 91—105. DOI: 10.25283/2587-9707-2026-3-91-105. (In Russian).