

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

А. А. Самойлов, Д. Ф. Ильясов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

Статья поступила в редакцию 30 июля 2019 г.

*Изменения практики обращения с РАО в новых условиях, обусловленных вступлением в силу Федерального закона «Об обращении с РАО» [1], ставят задачу по выявлению основных проблем, а также выбору оптимальных способов их разрешения. К настоящему моменту ее решение осуществлялось по отдельным направлениям деятельности и с целью повышения эффективности отдельных этапов обращения. Вместе с тем технологическая взаимосвязанность различных этапов обращения с РАО приводит к необходимости находить сбалансированные решения по вопросам, оказывающим разнонаправленное влияние на несколько стадий обращения. Для системной деятельности в этом направлении необходимо формирование критерия, характеризующего эффективность деятельности системы в целом, с учетом всех стадий обращения с РАО. Основная цель статьи – выработка решений по осуществлению оценки эффективности ЕГС РАО с учетом технологических взаимосвязей различных стадий обращения с отходами.*

**Ключевые слова:** радиоактивные отходы, этапы обращения с радиоактивными отходами, эффективность Единой государственной системы обращения с РАО.

### Введение

В рамках реализации любой деятельности рано или поздно возникает вопрос о ее эффективности и определении направлений улучшения. Как правило, под эффективностью понимается соотношение затрат на какую-либо деятельность и достигнутого результата. В наиболее простом виде — это отношение результатов к затратам, которое широко применяется при сравнительном анализе различных технологий производства товарной продукции.

Применительно к эффективности сложной системы, такой как Единая государственная система обращения с радиоактивными отходами (далее — ЕГС РАО), находящейся в стадии формирования, подобный подход применить

проблематично в первую очередь вследствие неопределенности в отношении того, что следует понимать под результатом деятельности. Нетривиальность данного вопроса обусловлена прежде всего широким диапазоном характеристик РАО, обращение с которыми осуществляется в рамках ЕГС РАО, а также отличающимися временными масштабами деятельности по обращению с отходами различного типа. Кроме того, помимо экономических аспектов, деятельность по обращению с РАО связана также с аспектами безопасности, включая долговременную.

Учитывая существенные различия между категориями отходов, обращение с которыми осуществляется в рамках ЕГС РАО, процесс оценки

эффективности целесообразно проводить, выделив предварительно однородные потоки РАО. Тогда на первом этапе можно провести оценку эффективности деятельности в отношении потока РАО (величина, обратная затратам на обращение с РАО потока). На втором этапе необходимо будет, используя значения эффективности по однородным потокам РАО, определить итоговую эффективность всей системы, фактически усреднив эти оценки, учитывая различия характеристик РАО в различных потоках.

Задача по усреднению эффективностей может быть решена аналогично задаче определения среднего по результатам измерений, обладающих различной точностью. В рамках статистической обработки результатов измерений в такой ситуации усреднение проводится с использованием весовых коэффициентов для каждого результата, характеризующих «степень доверия» полученным результатам (определяются на основе погрешности результата измерений). В рамках задачи по определению средней эффективности, используемые весовые коэффициенты должны учитывать значимость однородного потока РАО для достижения целей ЕГС РАО.

#### Подход к определению эффективности деятельности однородного потока ЕГС РАО

Как отмечалось ранее, основная проблема заключается в формировании подхода к определению «результата деятельности» функционирования ЕГС РАО. Обратившись к формулировкам закона [1], можно сформировать набор признаков, определяющих эффективность ее деятельности. Основным принципом закона является обязательность захоронения удаляемых РАО (статья 12, ч. 1). В целом этот принцип можно распространить и на особые РАО, так как для них предусмотрена обязательность перевода объектов их размещения в пункты захоронения РАО или пункты консервации (как промежуточное звено между пунктом размещения и пунктом захоронения) (статья 24, ч. 3).

Исходя из этого, в качестве результата деятельности ЕГС РАО в отношении потока РАО можно принять обеспечение их захоронения, что требует выполнение двух следующих условий:

1) поток РАО должен быть охвачен финансовой схемой ЕГС РАО. То есть должен быть предусмотрен механизм формирования финансовых ресурсов, необходимых для обеспечения полного цикла обращения с ними, включая захоронение и ведение мониторинга. При этом предполагается, что для РАО, накопленных до 2011 года,

этот вопрос решен путем их отнесения к федеральной собственности;

2) поток РАО должен быть обеспечен соответствующими технологиями, обладающими должным уровнем безопасности на всех стадиях обращения с ними.

В такой ситуации показатель эффективность ЕГС РАО в отношении конкретного потока РАО будет определяться следующим выражением:

$$E = \sum_i \frac{K_{\text{орг-фин}}^i \cdot K_{\text{техн}}^i}{S_{\Sigma}^i}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{орг-фин}}^i$  — коэффициент включения  $i$ -го потока РАО в финансовую модель;

$K_{\text{техн}}^i$  — коэффициент охвата РАО  $i$ -го потока технологическими решениями (технологии, инфраструктура) по обращению с ними, включая их хранение и захоронение;

$S_{\Sigma}^i$  — общие затраты на реализацию полного цикла обращения с РАО  $i$ -го потока, включая хранение и захоронение.

Очевидно, что для достижения максимальной эффективности в отношении конкретного потока требуется финансовое и технологическое обеспечение полного цикла обращения с РАО и при этом суммарные затраты на реализацию всех стадий обращения с ними, включая захоронение, должны быть минимальны.

Отметим, что помимо радиоактивных отходов, непосредственно являющихся объектом ЕГС РАО, на ее эффективность оказывает влияние также и деятельность по обращению с загрязненными материалами, которая находится вне рамок ЕГС РАО. Согласно определению к РАО относятся материалы, не подлежащие дальнейшему использованию [2]. Следовательно, если радиоактивно загрязненные материалы исключаются из категории РАО за счет их вовлечения в хозяйственную деятельность, то с учетом снижения затрат на обращение с ними эффективность ЕГС РАО растет. В связи с этим в данной статье в ряде случаев наряду с термином РАО будет использоваться и термин «загрязненные материалы».

#### Подход к определению эффективности ЕГС РАО

Для целостной оценки эффективности ЕГС РАО необходимо определить весовые коэффициенты, в соответствии с которыми будет осуществляться усреднение (или свертка) эффективностей обращения с отдельными потоками РАО. В качестве таких весовых коэффициентов можно рассматривать различные величины:

объем/массу РАО или их активность. Однако использование любой из этих величин сталкивается с рядом противоречий. Очевидно, что РАО различной активности при одном и том же объеме или массе будут иметь различную степень опасности для персонала и населения. Аналогично и для РАО одинаковой активности, но характеризующихся различной стойкостью к внешним воздействиям или к процессам естественной деградации материалов упаковки РАО. В рамках работ по инвентаризации ядерного наследия [3] были предложены подходы к ранжированию объектов по степени их потенциальной опасности для персонала, населения и окружающей среды. Один из предложенных инструментов ранжирования (комплексный показатель (КП) потенциальной опасности ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО)) был в дальнейшем развит в работах [4, 5]. Особенностью данного показателя является то, что, помимо собственно активности объекта, он учитывает стабильность и степень достоверности характеристик загрязненных материалов, а также наличие инженерных барьеров безопасности ЯРОО и степень их надежности.

При оценке эффективности деятельности по обращению с РАО в качестве весового коэффициента предлагается использовать аналогичный показатель, который определяется характеристиками РАО соответствующего потока. Различие с КП будет заключаться в исключении параметров, определяющих характеристики пунктов хранения, а не радиоактивных отходов. Выражение для весового коэффициента эффективности по отдельному потоку РАО в таком случае будет определяться следующим выражением:

$$K_{\text{вес}}^i = \frac{ИНО_i AC_i \cdot \sum_k A_k^i \cdot P_k}{СП_i}, \quad (2)$$

где  $ИНО_i$  — параметр «Идентификатор неопределенности отходов», который характеризует состояние материалов, содержащих радионуклиды, включая наличие организационных и технических мер по мониторингу их состояния для  $i$ -го потока РАО.

$AC_i$  — параметр, учитывающий агрегатное состояние материалов, содержащих радионуклиды,  $i$ -го потока РАО;

$A_k^i$  — активность  $k$ -го радионуклида в  $i$ -м потоке РАО;

$P_k$  — относительный потенциал радиологической опасности для  $k$ -го радионуклида (табличная величина);

$СП_i$  — параметр, характеризующий стабильность состояния материалов, содержащих радионуклиды.

Приведем краткое описание параметров, используемых для определения весовых коэффициентов эффективности для отдельных потоков РАО. Более подробно порядок определения соответствующих параметров приведен в [5].

Параметр ИНО характеризует состояние материалов, численное значение изменяется в диапазоне от 2 до 100, при этом более опасное состояние материалов, содержащих радионуклиды, характеризуется большим значением параметра. К критериям, которые используются при определении данного параметра, относятся следующие:

- подверженность физической деградации материалов, содержащих радионуклиды;
- наличие упаковки, локализирующей материалы, содержащие радионуклиды;
- наличие информации о характеристиках материалов;
- наличие мониторинга за протекающими процессами.

Параметр АС характеризует агрегатное состояние материалов и изменяется в широком диапазоне в зависимости от способности материалов к распространению в окружающую среду. Очевидно, что наиболее мобильными являются материалы, находящиеся в жидком и газообразном состоянии, которые могут выйти за пределы упаковки полностью, наименее мобильными — монолитные твердые вещества.

Параметр СП учитывает частоту необходимого контроля над состоянием материалов и возрастает по мере увеличения длительности периода, в рамках которого считается, что безопасность обеспечивается. Значение параметра СП варьируется в широком диапазоне от 1 (отходы которые требуют непрерывного охлаждения, вентиляции и т. д.) до  $10^4$  (отходы, которые омоноличены и размещены в контейнеры или законсервированы в пунктах консервации особых РАО с подтверждением их долговременной безопасности).

Итоговое выражение для показателя эффективности ЕГС РАО может быть представлено следующим образом:

$$E = \frac{\sum_i E^i \cdot K_{\text{вес}}^i}{\sum_i K_{\text{вес}}^i} = \frac{\sum_i \frac{K_{\text{орг-фин}}^i \cdot K_{\text{техн}}^i}{S_{\Sigma}^i} \cdot \frac{ИНО_i AC_i \cdot \sum_k A_k^i \cdot P_k}{СП_i}}{\sum_i \frac{ИНО_i AC_i \cdot \sum_k A_k^i \cdot P_k}{СП_i}}. \quad (3)$$

Отметим, что определенный таким образом функционал эффективности лежит в области неотрицательных значений.

## Апробация методологии оценки эффективности на примере отдельных потоков РАО и мероприятий по совершенствованию ЕГС РАО

Рассмотрим примеры мероприятий по оптимизации обращения с РАО в контексте их влияния на эффективность деятельности по обращению с РАО с применением вышеизложенного подхода. Перечень проблемных моментов в области обращения с РАО изложен в [6], как и основные способы их разрешения. Проанализируем потенциальный эффект от реализации ряда ситуаций с использованием предложенного подхода к оценке показателя эффективности. В качестве таких мероприятий, направленных на повышение эффективности ЕГС РАО, рассмотрим:

1. Создание механизма финансирования работ по переводу пунктов размещения особых РАО в пункты консервации или пункты захоронения РАО в части вновь размещаемых РАО (на примере объекта 651/1 ФГУП «ГХК»);

2. Проведение сортировки при извлечении накопленных РАО для снижения затрат на их переработку и захоронение (на примере хранилища среднеактивных отходов Белоярской АЭС);

3. Использование загрязненных материалов для создания ИББ при консервации водоемов-хранилищ ЖРО (на примере консервации водоема В-17 ФГУП «ПО «Маяк»);

4. Снижение стоимости захоронения графитовых отходов за счет создания специализированного ПЗРО на глубине до 100 м.

Для проведения расчетов влияния указанных мероприятий на эффективность ЕГС РАО необходимо сделать ряд предположений о стоимости полной цепочки обращения с РАО и ее изменении при реализации соответствующих мероприятий.

При рассмотрении влияния мероприятия 1 на эффективность деятельности по обращению с РАО будем исходить из общей стоимости затрат на консервацию объекта в размере ~ 1 млрд рублей (оценено в соответствии с [7]). При этом будем считать, что стоимость работ по консервации пункта размещения особых РАО распределяется пропорционально объему РАО между вновь размещаемыми и накопленными, а объем дополнительно размещаемых РАО составляет 1% от объема накопленных РАО.

При рассмотрении мероприятия 2 будем исходить из ранее выполненных оценок объемов накопленных РАО, которые по результатам радиационного контроля могут быть исключены из этой категории [8]. Затраты на обращение с

РАО до их захоронения примем равной ~ 0,4 от всей суммы затрат на их обращение (согласно усредненным данным локальных стратегий обращения с РАО на АЭС).

При рассмотрении мероприятия 3 будем исходить из применения ~ 50 000 м<sup>3</sup> загрязненных измельченных бетонных конструкций, образовавшихся в ходе проведения работ по ВЭ объектов ядерного наследия, в качестве буферной засыпки акватории водоема-хранилища ЖРО. Оценку мероприятия проведем на примере работ по консервации водоема В-17 ФГУП «ПО «Маяк», для которого показана безопасность использования соответствующего объема загрязненных материалов [9]. При проведении оценок затраты на транспортировку РАО до ПЗРО и загрязненных материалов до водоема В-17 были консервативно приняты одинаковыми и равными 0,05 от суммарной стоимости обращения с РАО. Затраты на контейнеризацию и переработку РАО были приняты равными нулю, так как в рамках [9] рассматривались материалы, удельная активность которых соответствует категории ОНРАО. Захоронение РАО соответствующей активности допускается без кондиционирования согласно положениям закона [1] и федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [10].

При рассмотрении мероприятия 4 будем исходить из экономических оценок, приведенных в статье [11], показывающих, что применение концепции приповерхностного захоронения графитовых РАО позволит достичь ощутимого экономического эффекта (сокращение затрат до 2 раз).

В рамках оценки рассмотрим соответствующее изменение показателя эффективности для каждого из представленных потоков РАО, а также относительное изменение показателя эффективности для совокупности этих потоков РАО ( $\delta E$ , %), вызванное реализацией данного мероприятия. Результаты оценки рассмотренных мероприятий по повышению эффективности обращения с РАО приведены в таблице 1.

В рамках сделанных приближений наибольший прирост эффективности наблюдается у мероприятия 1. Это объясняется двумя причинами:

- нулевым значением эффективности ЕГС РАО по данному потоку (отсутствие механизмов сбора средств для проведения работ по консервации в части вновь размещаемых РАО);
- высокой эффективностью работ по консервации ПХ особых РАО (по отношению к процедурам удаления и захоронения в централизованном ПЗРО затраты могут быть снижены в десятки раз [12]).

Таблица 1. Результаты оценки влияния отдельных мероприятий на эффективность ЕГС РАО

Мероприятие	$\frac{ИНО_i A C_i \cdot \sum_k A_k^i \cdot P_k}{СП_i}$	$S_i^{до}$ , млн руб	$E_i^{до}$ , млн руб <sup>-1</sup>	$S_i^{после}$ , млн руб	$E_i^{после}$ , млн руб <sup>-1</sup>	$\delta E$ , %
1. Включение РАО, размещаемых в пункты размещения особых РАО, в финансовую модель	8,7E+02	1,0E+01	0	1,0E+01	1,0E-01	1,4E+02
2. Применение сортировки накопленных РАО при их излечении для переработки и передачи на захоронение	5,1E+03	1,5E+02	6,7E-03	1,3E+02	7,7E-03	8,5E+00
3. Использование загрязненных материалов при консервации водоемов-хранилищ	4,1E+02	2,8E+03	3,6E-04	2,5E+02	4,0E-03	2,4E+00
4. Создание специализированного ПЗРО для захоронения графитовых РАО	6,0E+05	2,2E+04	4,6E-05	1,2E+04	8,3E-05	8,1E+01

Из работ, связанных с удаляемыми РАО, наибольший вклад дает создание специализированного ПЗРО для размещения графитовых РАО.

Отметим, что относительный вклад в повышение показателя эффективности ЕГС РАО различных мероприятий будет зависеть от состава потоков РАО, включенных в анализ. Так, например, вклад сортировки накопленных РАО в эффективность ЕГС РАО (мероприятие 2) будет увеличиваться в случае его распространения на другие объекты, помимо хранилища средне-активных отходов Белоярской АЭС. В первом приближении его влияние будет увеличиваться пропорционально объему накопленных РАО АЭС, подлежащих сортировке.

**Перспективы развития подхода к оценке эффективности на другие сферы деятельности по ликвидации ядерного наследия**

Различные модификации подобного подхода к оценке эффективности могут иметь достаточно широкий спектр применения. Описанная выше методика имеет потенциал при расчетах эффективности мероприятий, связанных с ликвидацией неиспользующихся объектов, сооружением барьеров безопасности или реконструкцией ЯРОО. По своей сути основным эффектом, достигаемым за счет реализации подобных мероприятий, является выполнение требований безопасности, установленных законодательством Российской Федерации, в частности предотвращение радиационных аварий и попадание радиоактивных веществ в окружающую среду.

Актуальность оценок эффективности мероприятий по обращению с ЯРОО чрезвычайно высока ввиду масштабности деятельности и

ограниченности финансовых и технологических ресурсов. В этой связи необходимо решать задачи оптимизации распределения средств между мероприятиями и приоритизации направленной деятельности. Разработка обоснованного подхода к их решению позволит значительно ускорить процесс достижения конечного безопасного состояния ЯРОО. Поэтому своевременный анализ накопленного опыта реализации мероприятий и акцентирование внимания на наиболее эффективных направлениях (с максимальной отдачей в виде снижения показателя опасности на единицу вложенных средств) позволит в дальнейшем формировать оптимальные стратегии вывода из эксплуатации (ВЭ) на различных уровнях:

- при разработке концепции ВЭ ЯРОО;
- при формировании комплексной локальной стратегии ВЭ для промышленной площадки в целом;
- при планировании мероприятий в рамках федеральных программ.

Оценки эффективности также позволяют выявить динамику изменения качества выполнения мероприятий. Представляется, что имеющиеся наработки и опыт, комплексный подход к проектному управлению, современные методы обработки данных, информатизации и цифровизации проектов, оценки рисков и неопределенностей на основе имитационного моделирования процессов в будущем позволят значительно повысить эффективность расходования и распределения ресурсов.

Предлагаемые оценки эффективности могут также использоваться при проработке задач по финансово-экономическому обоснованию решений в вопросах обращения с ЯРОО, в частности выбора приоритетных работ для повышения эффективности мероприятий.

## Заключение

Развитие ЕГС РАО в условиях частичной противоречивости интересов ее участников (национальный оператор, производители РАО, специализированные организации) требует формирования подхода к оценке степени влияния различных мер на общую эффективность системы. Подобные оценки могут быть реализованы с использованием методики расчета комплексного показателя опасности, ранее успешно применявшегося в рамках планирования деятельности в области ядерного наследия для приоритизации объектов и мониторинга за ходом реализации работ.

Предложенная методика была опробована на отдельных мероприятиях по повышению эффективности деятельности в области обращения с РАО. В качестве таких мероприятий были выбраны следующие:

- включение РАО, размещаемых в пунктах хранения особых РАО, в финансовую модель ЕГС РАО;
- реализация мероприятий по снижению объемов накопленных РАО за счет организации сортировки при их извлечении;
- использование загрязненных материалов для создания ИББ при консервации водоемов-хранилищ ЖРО;
- оптимизация системы захоронения РАО на примере создания приповерхностного ПЗРО для захоронения графитовых отходов.

Сравнение эффективности рассматриваемых мероприятий (при условии их реализации на отдельных объектах) показывает, что наиболее перспективным является включение РАО, размещаемых в пункты размещения особых РАО, в финансовую модель ЕГС РАО. Реализация других предложений также существенно образом повышает эффективность деятельности по обращению с РАО, особенно учитывая возможность их масштабирования на другие объекты, аналогичные рассмотренным.

В целом предложенный подход может быть развит и на другие виды деятельности при ликвидации ядерного наследия, требующих проведения численных оценок эффективности работ или выбора приоритетных мер по повышению эффективности.

## Литература

1. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».

3. *Большов Л. А., Линге И. И., Абалкина И. Л. и др.* К вопросу оценки объема ядерного наследия в атомной промышленности и на иных объектах мирного использования атомной энергии в России // *Ядерная и радиационная безопасность*. 2014. № 3 (73). С. 3–13.

4. *Бакин Р. И., Бирюков Д. В., Илюшкин А. И. и др.* Ранжирование источников радиационного риска: Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2014-07, 2014.

5. *Бирюков Д. В., Ведерникова М. В., Савкин М.Н. и др.* Практические потребности развития методологии анализ риска для заключительных стадий жизненного цикла // *Радиация и риск*. 2015. № 2. С. 116–130.

6. *Дорофеев А. Н., Линге И. И., Самойлов А. А., Шарфутдинов Р. Б.* К вопросу финансово-экономического обоснования повышения эффективности нормативной базы ЕГС РАО // *Радиоактивные отходы*. 2017. № 1. С. 22–31.

7. *Абалкина И. Л., Барчуков В. Г., Бочкарев В. В., Ведерникова М. В., Дорогов В. И., Кочетков О. А., Крышев И. И., Линге И. И., Панченко С. В., Савкин М. Н., Уткин С. С.* Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0. ИБРАЭ РАН, 2014. 157 с.

8. *Иванов В. К., Горский А. И., Корело А. М., Максюттов М. А., Туманов К. А., Самойлов А. А., Бирюков Д. В., Ильясов Д. Ф.* Минимизация радиационных рисков персонала в ситуациях планируемого облучения на примере выполнения работ по ликвидации объектов ядерного наследия // *Радиация и риск* (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2017. Т. 26. № 4. С. 7–21.

9. *Самойлов А. А., Болдырев К. А.* Подходы к оптимизации консервации водоема-хранилища В-17 // *Вопросы радиационной безопасности*. 2019. № 1 (93). С. 25–35.

10. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения (НП-93-14)» / Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2014 г. № 572.

11. *Дорофеев А. Н., Комаров Е. А., Захарова Е. В., Волкова А. Г., Линге И. И., Иванов А. Ю., Уткин С. С., Павлюк А. О., Котляревский С. Г.* К вопросу захоронения реакторного графита // *Радиоактивные отходы*. 2019. № 2 (7). С. 18–30. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-2-18-30.

12. *Особые радиоактивные отходы* / Под общей редакцией И. И. Линге. М.: ООО «САМ полиграфист», 2015. 240 с.

Информация об авторах

Самойлов Андрей Анатольевич, старший научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: samoylov@ibrae.ac.ru.

Ильясов Дамир Фатович, кандидат экономических наук, научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: idf@ibrae.ac.ru.

Библиографическое описание статьи

Самойлов А. А., Ильясов Д. Ф. К вопросу оценки эффективности деятельности по обращению с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. 2019. № 3 (8). С. 36–43. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-36-43

---

ON THE ISSUE OF RW MANAGEMENT EFFICIENCY

Samoylov A. A., Ilyasov D. F.

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

Article received on July 30, 2019

*Changes in RW management practice that occurred under new conditions established following the enactment of the Federal Law “On RW Management” [1] have prompted the efforts on finding the main issues, as well as choosing the best ways to solve them. So far this task has been addressed in particular practical areas to improve the efficiency of particular RW management stages. At the same time, due to technological interrelation at different RW management stages balanced decisions on issues having conflicting effects on several RW management stages at once are to be made. Under holistic approach, it seems essential to form a criterion indicating the efficiency of the system in general taking into account all RW management stages. The article is focused on the development of solutions enabling to evaluate the efficiency of the Unified State System (USS) for RW management with due account of the technological interrelations at different RW management stages..*

**Keywords:** radioactive waste (RW), stages of RW management, the USS RW efficiency.

References:

1. Federal'ny zakon ot 11 iyulya 2011 g. № 190-FZ “Ob obrashhenii s radioaktivnymi othodami i o vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatел'nye акты Rossijskoj Federacii”. [Federal Law of 11 July 2011 No. 190-FZ “On the management of radioactive waste and amending separate legal acts of the Russian Federation”].
2. Federal'ny zakon ot 21 noyabrya 1995 g. № 170-FZ “Ob ispol'zovanii atomnoj energii” [Federal Law of 21 November 1995 № 170 – FZ “On the Use of Atomic Energy”].
3. Bolshov L. A., Linge I. I., Abalkina I. L. i dr. K voprosu ocenki ob'ema yadernogo naslediya v atomnoj promyshlennosti i na inyh ob'ektah mirnogo ispol'zovaniya atomnoj energii v Rossii. [On the issue of assessment of the volume of nuclear legacy in nuclear industry and at other facilities of peaceful use of atomic energy in Russia]. *Yadernaya i radiacionnaya bezopasnost – Nuclear and Radiation Safety*, no. 3 (73), 2014, pp. 3–13. (In Russian).
4. Bakin R. I., Biryukov D. V., Ilyushkin A. I. i dr. Ranzhирование istochnikov radiacionnogo riska. [Ranking of radiation risk sources] Preprint IBRAE № IBRAE-2014-07, 2014. (In Russian).
5. Biryukov D. V., Vedernikova M. V., Savkin M. N. i dr. Prakticheskie potrebnosti razvitiya metodologii

analiz riska dlya zaklyuchitel'nyh stadij zhiznennogo cikla [Practical needs for development of risk analysis methodology for the final stage of lifecycle]. *Radiaciya i risk — Radiation and risk*, 2015, no. 2, pp. 116–130. (In Russian).

6. Dorofeev A. N., Linge I. I., Samoylov A. A., Sharafutdinov R. B. K voprosu finansovo-ekonomicheskogo obosnovaniya povysheniya effektivnosti normativnoj bazy EGS RAO [Feasibility study on enhancing the efficiency of uss rw regulatory framework]. *Radioaktivnye othody — Radioactive Waste*, 2017, no 1, pp. 22–31. (In Russian).

7. Abalkina I. L., Barchukov V. G., Bochkarev V. V., Vedernikova M. V., Dorogov V. I., Kochetkov O. A., Kryshev I. I., Linge I. I., Panchenko S. V., Savkin M. N., Utkin S. S. Nauchno-tehnicheskoe posobie po podgotovke obosnovyvyayushchih materialov dlya printiyatiya resheniya ob otnesenii radioaktivnyh othodov k osobym radioaktivnym othodam. [Scientific and technical guide on preparation of justification materials for decision-making on regarding radioactive waste as special radioactive waste]. Version 2.0 IBRAE RAN, 2014, 157 p. (In Russian).

8. Ivanov V. K., Gorsky A. I., Korelo A. M., Maksyutov M. A., Tumanov K. A., Samojlov A. A., Biryukov D. V., Il'yasov D. F. Minimizaciya radiacionnyh riskov personala v situacijah planiruemogo oblucheniya na primere vypolneniya rabot po likvidacii ob'ektov yadernogo naslediya [Minimization of radiation risks for personnel in planned exposure

situations for examples of projects on nuclear legacy facilities decommissioning]. *Radiaciya i risk — Radiation and risk*. (Bulletin of the National radiation and epidemiologic register), 2017, Vol. 26, no. 4, 2 pp. 7–21. (In Russian).

9. Samojlov A. A., Boldyrev K. A. Podhody k optimizacii konservacii vodoema-hranilishcha V-17 [Approaches to optimization of conservation of V-17 storage pond]. *Voprosy radiacionnoj bezopasnosti — Radiation safety issues*. 2019, no. 1 (93), pp. 25–35. (In Russian).

10. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii "Kriterii priemlemosti radioaktivnyh othodov dlya zahoroneniya (NP-093-14)" [Federal codes and standards in the field of use of atomic energy "Criteria for acceptance of radioactive waste for disposal (NP-093-14)"]. Utv. prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 15 dekabrya 2014 g. № 572.

11. Dorofeev A. N., Komarov E. A., Zaharova E. V., Volkova A. G., Linge I. I., Ivanov A. Yu., Utkin S. S., Pavlyuk A. O., Kotlyarevskij S. G. K voprosu zahoroneniya reaktornogo grafita [On Reactor Graphite Disposal]. *Radioaktivnye othody — Radioactive Waste*, 2019, no. 2 (7), pp. 18–30. (In Russian). DOI: 10.25283/2587-9707-2019-2-18-30

12. Special radioactive waste / Edited by I. I. Linge. Moscow, LLC "SAM poligrafist" Publ., 2015. 240 p. (In Russian).

---

### Information about the authors

*Samoylov Andrey Anatolevich*, Senior Researcher, Nuclear Safety Institute of RAS (52, Bolshaya Tulska-ya St., Moscow, 115191, Russia), e-mail: samoylov@ibrae.ac.ru.

*Ilyasov Damir Fatovich*, Scientific Researcher, Nuclear Safety Institute of RAS (52, Bolshaya Tulska-ya St., Moscow, 115191, Russia), e-mail: idf@ibrae.ac.ru.

### Bibliographic description

Samoylov A. A., Ilyasov D. F. On the Issue of RW Management Efficiency. *Radioactive Waste*, 2019, no. 3 (8), pp. 36–43. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-36-43. (In Russian).