

УДК 330.4; 338.2      DOI: 10.14451/1.238.85

# Инструменты эффективного планирования и оценки результативности мероприятий в области ликвидации ядерного наследия в России

© 2024 **Иванов Артем Юрьевич**

Заведующий отделением информационного обеспечения программ в сфере ядерной и радиационной безопасности. Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва.

E-mail: aivanov@ibrae.ac.ru

**Ключевые слова:** вывод из эксплуатации, объекты ядерного наследия, эффективность, устойчивое развитие, издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия, финансовая модель, результативность, федеральная целевая программа.

Наличие объектов ядерного наследия в России является одной из угроз в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности страны, а их ликвидация напрямую затрагивает достижение национальных целей развития страны. В статье рассмотрены предложения по новым подходам к организации планирования деятельности ликвидации ядерного наследия в России. Проведен анализ составляющих издержек этой деятельности, включающих затраты на поддержание в безопасном остановленном состоянии и приведение в конечное состояние рассматриваемых объектов, связанные с этими процессами риски, а также потери от неиспользования территории размещения объектов. Обоснован критерий ранжирования объектов ядерного наследия для очередности их вывода из эксплуатации, обеспечивающий минимизацию совокупных издержек и повышение эффективности этой деятельности. Предложен метод оценки результативности мероприятий по ликвидации всех компонент ядерного наследия за счет введения обобщенного целевого индикатора, учитывающего показатели опасности объектов, сложность и стоимость соответствующих работ. Рассмотрены долгосрочные сценарии ликвидации ядерного наследия в России с учетом существующей практики и возможных изменений в планировании. Выполнены и проанализированы численные оценки совокупных издержек рассмотренных сценариев, их показателей результативности и эффективности. Продемонстрирован дефицит финансовых ресурсов текущей модели управления ликвидацией ядерного наследия и выявлен существенный потенциал повышения ее эффективности за счет рациональной очередности приведения объектов в конечное состояние и справедливого распределения финансовых обязательств.

## Введение

Создание и применение ядерных технологий в середине XX века в СССР и других странах с развитой ядерной энергетикой породило сооружение нескольких сотен производственных объектов, представляющих потенциальную экологическую (прежде всего, радиационную) опасность для населения и окружающей среды. Кроме того, функционирование этих объектов особенно в первые десятилетия эксплуатации порождало радиационное загрязнение территорий, образование отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО). В международной практике совокупность таких объектов, территорий и веществ обобщенно принято называть ядерным наследием. К настоящему времени многие объекты ядерного наследия (далее – Объекты) завершили свою производственную деятельность по проектному назначению либо находятся на исходе этой стадии жизненного цикла. Объекты, радиационно загрязнённые территории, а также накопленные РАО и ОЯТ требуют специальных, как правило, дорогостоящих мер и схем обращения для их перевода в обоснованное экологически безопасное конечное состояние. Для организации и управления этой деятельностью государства разрабатывают национальные законодательства, обеспечивающие формирование инструментов оценки, планирования и финансирования, гарантирующих решение накопленных проблем ядерного наследия [10; 11].

В Российской Федерации существует более 2 тысяч объектов ядерного наследия, которые расположены в более 40 регионах. Становление и развитие инструментов, направленных на приведение Объектов в безопасное состояние началось относительно недавно – только в начале 2000-х годов. Были приняты основополагающие федеральные законы (от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения», от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии», от 4 ноября 2005 г. № 139-ФЗ «О ратификации Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоак-

тивными отходами», от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами...» (далее – ФЗ-190) и ряд других). Также были разработаны подзаконные акты, регулирующие эту сферу. Первоочередные практические работы проводились на отдельных объектах НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва), ПО «Маяк» (Челябинская область), а также на объектах ВМФ России в Северо-Западном и Дальневосточном регионах [3]. Полученный опыт показал, что приведение Объектов в безопасное состояние – это очень ресурсоемкий, технологически сложный и продолжительный во времени процесс. Для его эффективного планирования и реализации необходимо учитывать множество факторов, включая наличие доступного финансирования и необходимой инфраструктуры, приоритетность объектов по набору критериев и социальную значимость реализуемых проектов [4].

Ритмичная и планомерная ликвидация Объектов способствует достижению национальных целей развития страны, определенных Указами Президента РФ от 07.05.2018 № 204, от 21.07.2020 № 474 и от 07.05.2024 № 309, в части решения экологических проблем и развития комфортной среды для жизни, а также соответствует принципам устойчивого развития. Базовым государственным инструментом финансирования этой деятельности являются федеральные целевые программы в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности («Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» – ФЦП ЯРБ-1 и «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2035 года» – ФЦП ЯРБ-2). Действующая программа рассчитана до 2035 года, но покрывает не более 10% всех Объектов [14]. В условиях ограниченного финансирования, учитывая масштаб ядерного наследия и невозможность одновременной ликвидации всех его компонентов, а также установленные правила применения программно-целевого и проектного финансирования из федерального бюджета наиболее актуальной задачей является эффективное долгосрочное планирование этого процесса. Ее решение основано на определении

Объектов для приоритетного приведения в конечное состояние, а также комплексной оценки результативности этой деятельности. Это позволит осуществлять оперативное управление и своевременно реагировать на отклонения или новые обстоятельства. Российская и зарубежная практика показывает, что решения могут корректироваться и работы приостанавливаться уже в процессе реализации проектов. Эти ситуации возникают из-за того, что на момент планирования и разработки документации по ликвидации объектов не было достаточно информации об их текущем состоянии и характеристиках. Это связано с тем, что большая часть данных о сооружении и эксплуатации объектов в первые десятилетия их использования была утрачена. Такая проблема характерна для всего ядерного наследия. [6].

#### **Критерий ранжирования объектов ядерного наследия по срокам их приведения в конечное состояние**

Формирование состава Объектов, включенных в реализованную (ФЦП ЯРБ-1) и действующую (ФЦП ЯРБ-2) программы, для приведения в безопасное состояние основывалось на:

- предложениях организаций, эксплуатирующих рассматриваемые Объекты, включающих наиболее острые проблемы и не вызывающие сомнений в необходимости решения [9];
- технической инвентаризации Объектов [1] и оценке их комплексного показателя опасности [2].

Однако при отборе первоочередных объектов ядерного наследия никак не были учтены значимые для долгосрочного планирования экономические характеристики, а именно:

- размер годовых затрат, связанных с поддержанием рассматриваемых объектов в безопасном остановленном состоянии, в том числе направленных на снижение рисков, растущих со временем ввиду естественного износа конструкций и барьеров безопасности, обеспечивающих нераспространение радиоактивности за пределы границ объекта;

- социально-экономический потенциал территорий размещения Объектов и возможных выгод от их последующего использования после снятия ограничений по радиационному фактору [5].

В этой связи представим совокупные издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия как сумму затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов и приведение их в обоснованное конечное состояние, связанных с этой деятельностью радиационных рисков и затрат, предпринятых с целью их снижения (рискоснижающих затрат), а также потерь от неиспользования территории размещения объекта до момента снятия ограничений. Кратко рассмотрим каждую из составляющих издержек.

*Общие затраты на поддержание в безопасном остановленном состоянии Объектов определяются нормативными требованиями и распространяются на весь период от прекращения эксплуатации объекта до начала его ликвидации, который длится от нескольких лет до нескольких десятков лет, в зависимости от установленных планов, приоритетов и имеющихся ограничений. Они включают:*

- прямые затраты: техническое обслуживание и ремонт зданий, сооружений и оборудования, радиационный контроль и мониторинг, природоохранные мероприятия, физическая защита, охрана труда, коммунальные и ресурсные услуги;
- косвенные затраты, возникновение которых не имеет непосредственной связи с каким-либо объектом, но, тем не менее, их реализация объективно необходима (охрана периметра предприятия, обслуживание аварийно-спасательного отряда, пожарная охрана, содержание территории предприятия, общехозяйственные расходы).

*Затраты, связанные с приведением объекта в конечное состояние, определяются непосредственно вариантом этого состояния. Его выбор должен быть обоснован набором критериев, учи-*

тывающих радиационно-техническое состояние объекта, связанные риски, инфраструктурные ограничения, планы по использованию площадки в будущем, социальное восприятие. Стоимость приведения объекта в безопасное конечное состояние представляет декомпозицию затрат, направленных на подготовительные мероприятия, создание необходимой инфраструктуры, удаление отходов, дезактивацию и демонтаж оборудования и инженерных сетей, дезактивацию помещений и строительных конструкций, создание барьеров безопасности для локализации радиоактивных загрязнений, демонтаж здания, реабилитацию территории. В зависимости от типа и размера объекта продолжительность его перевода в конечное состояние может достигать десяти и более лет. Основная часть затрат, как правило, относятся к обращению с образующимися радиоактивными отходами.

Структура рисков заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия зависит от типа объекта и выбранного варианта его конечного состояния. Эти риски включают в себя риски потенциального облучения персонала и населения и загрязнения окружающей среды, они обусловлены нахождением объекта в режиме останова или деятельностью по приведению в конечное состояние, в том числе риски аварийного облучения, вследствие нарушения установленных режимов проведения работ. Величина этих рисков обычно принимается пропорциональной активности радиационных веществ, находящихся на объекте. Сумма рисков потерь (ухудшение результатов деятельности предприятия или территории его размещения, утрата ресурсов, имущества и другие убытки, выражаемые стоимостными показателями) и затрат, понесенных для снижения рисков, включая затраты на ликвидацию последствий аварий с учётом вероятности возникновения таких событий, рассматривается как издержки управления рисками [12]. Для одних типов объектов, например, для законсервированных пунктов хранения радиоактивных отходов, характерны тенденции к снижению рисков. Это связано с высокой надёжностью инженерных ба-

рьеров безопасности и процессом радиоактивного распада. В то же время, открытые водоемы-хранилища, емкости для хранения жидких отходов или другие неликвидированные объекты, которые не были должным образом законсервированы, со временем могут представлять всё большую радиационную опасность. Такие же тенденции наблюдаются и в отношении рискоснижающих затрат этих объектов.

На протяжении всей заключительной стадии жизненного цикла Объектов территории их расположения не могут быть использованы для иных видов деятельности. Такие площадки часто снабжены разветвленной инфраструктурой (электро- и водоснабжение, водоотведение, дорожная сеть), а некоторые из них расположены на территории или в непосредственной близости к границам крупных населенных пунктов, имеют значимый социально-экономический потенциал и могут быть интересны девелоперам для реализации масштабных проектов реновации или редевелопмента [5]. Потери, связанные с недополученным доходом с территорий размещения остановленных Объектов включены в состав совокупных издержек.

С учетом изложенного предлагается в качестве базового критерия ранжирования объектов ядерного наследия по срокам их приведения в безопасное конечное состояние определить минимум совокупных издержек в соответствии с выражением:

$$\min_{T_{\text{KC}}} \left\{ \sum_{t=t_*}^{T_{\text{KC}}} I_{\text{ПБС}}^t + \sum_{T_{\text{KC}}}^{T_*} I_{\text{KC}}^t + \sum_{t=t_*}^{T_*} p^t \right\} \Rightarrow \Rightarrow T_{\text{KC}} = T_{\text{ОПТ}}, \quad (1)$$

где:

$I_{\text{ПБС}}^t$  – значение издержек, связанных с поддержанием объекта в остановленном безопасном состоянии в год  $t$  (для  $t_* \leq t \leq T_{\text{KC}}$ ,  $t_*$  – год останова объекта,

$T_{\text{KC}}$  – год начала работ по приведению объекта в конечное состояние), руб.;

$I_{KC}^t$  – значение издержек, связанных с приведением объекта в конечное состояние в год  $t$  (для  $T_{KC} \leq t \leq T_*$ ,  $T_*$  – год окончания работ по приведению в конечное состояние,

$T_* = T_{KC} + T$ ,  $T$  – продолжительность в годах приведения в конечное состояние),

$p^t$  – потери от неиспользования территории размещения объекта в год  $t$  (для  $t_* \leq t \leq T_*$ ), руб.

Решение данной задачи схематично проиллюстрировано на рисунке 1. Между величинами издержек  $I_{ПБС}(t_*, T_{KC})$  и  $I_{KC}(T_{KC}, T_*)$  для многих Объектов существуют определенные взаимосвязи. Можно получить некоторый выигрыш в сокращении объема радиоактивных отходов от приведения в конечное состояние и, следовательно, снижение  $I_{KC}(T_{KC}, T_*)$  за счет радиоактивного распада основных радионуклидов за период длительной выдержки (как правило, около 30 и более лет), в течение которой необходимо постоянно поддерживать объект в безопасном состоянии, что приводит к накоплению значения  $I_{ПБС}(t_*, T_{KC})$ . Таким образом, при составлении очередности Объектов для ликвидации необходимо определить оптимальный период времени, когда конструкции еще сохраняют свою целостность и есть положительный эффект, связанный с радиоактивным распадом, превалирующий над совокупными издержками поддержания в безопасном состоянии и потерями от неиспользования территорий.

#### Финансовая модель оценки издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия

Размер издержек  $I_{ПБС}(t_*, T_{KC})$  может быть определен с помощью стандартизации (нормирования) удельных затрат, базирующейся на данных о затратах эталонных Объектов различных типов в соответствии с нормативами, описанными в [12]. Размер издержек  $I_{KC}(T_{KC}, T_*)$  может быть оценен аналогичным образом на основе нормативов удельных расценок для типовых видов работ с применением Программы для финансово-экономического планирования работ

по выводу из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов (Decommissioning smart manager) [8].

Потери от неиспользования территорий размещения Объектов можно оценивать на основе значений валового регионального продукта региона размещения объекта, приняв общее предположение, что он не изменяется во времени:

$$P(t_*, T_*) = \sum_{t=t_*}^{T_*} p^t = \sum_{t=t_*}^{T_*} \frac{ВРП_t}{S_{\text{пер}}} \cdot S, \quad (2)$$

где

$P(t_*, T_*)$  – совокупные потери от неиспользования территории размещения объекта за период  $[t_*; T_*]$ , руб.;

$p^t$  – потери от неиспользования территории размещения объекта в год  $t$  (для  $t_* \leq t \leq T_*$ ), руб.;

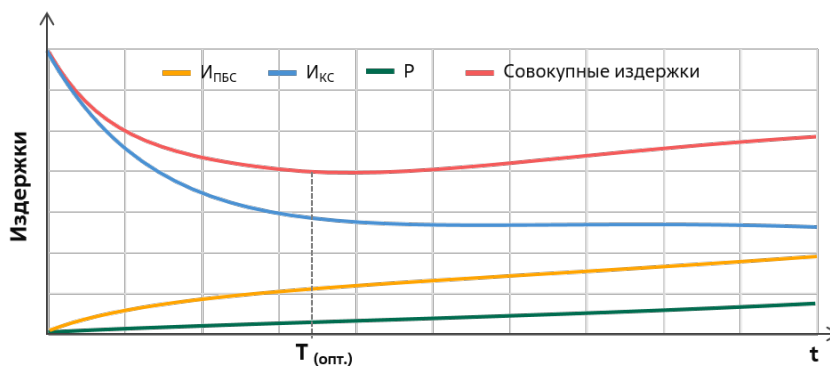
$ВРП_t$  – размер годового валового регионального продукта региона размещения объекта в год  $t$  (для  $t_* \leq t \leq T_*$ ), руб.;

$S_{\text{пер}}$  – площадь региона размещения объекта,  $\text{м}^2$ ;

$S$  – площадь реабилитируемой территории площадки или общая площадь территории под объектом ядерного наследия (площадь застройки),  $\text{м}^2$ .

Модули оценки рассмотренных составляющих издержек в соответствии с предложенными методами и с учетом ранжирования объектов по срокам приведения в конечное состояние реализованы в составе финансовой модели заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия (далее – Модель). В рамках Модели рассмотрено три сценария ликвидации Объектов:

1. базовый: Объекты планомерно переводятся в конечное состояние в соответствии ФЦП ЯРБ-2 и намерениями организаций без ограничения доступного годового финансирования;
2. консервативный: введено ограничение по



**Рис. 1.** Определение оптимального срока начала приведения объекта в конечное состояние, исходя из минимума совокупных издержек (составлено автором).

размеру финансирования работ по приведению Объектов в конечное состояние в размере 5 млрд руб. в год на весь период планирования (сопоставимо с текущим уровнем финансирования в рамках ФЦП ЯРБ-2), объекты ранжируются по размеру совокупных издержек (чем выше размер издержек, тем выше приоритет срока приведения объекта в конечное состояние);

3. сбалансированный: введено увеличенное ограничение по размеру финансирования работ по приведению в Объектов в конечное состояние в размере 20 млрд руб. в год, объекты ранжируются аналогично консервативному сценарию.

Динамика полученных значений совокупных издержек всей совокупности рассматриваемых объектов представлена на рисунке 2. «Пилообразная» картина, соответствующая базовому сценарию (синяя линия), трудновыполнима на практике, поскольку требует неравномерного (с кратным изменением годовых издержек) привлечения финансовых и иных материальных ресурсов. Это демонстрирует несбалансированность параметров существующей системы управления ликвидацией Объектов и актуальность внедрения инструментов оптимизации.

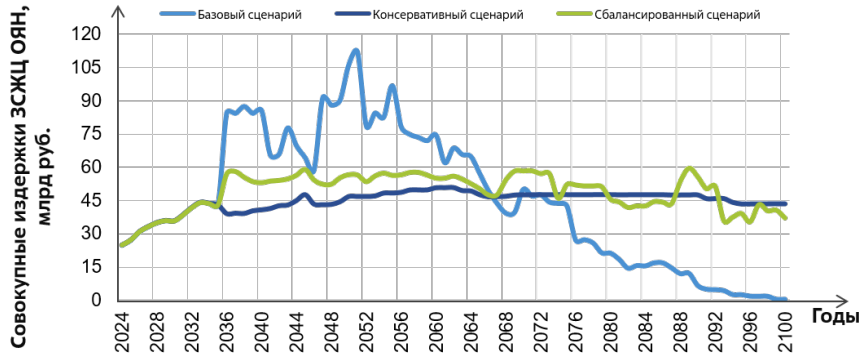
Сравнение полученных показателей совокупных издержек для рассмотренных сценариев еще раз подтверждает, что решение накопленных проблем ядерного наследия — долгий и ресурсоемкий процесс: потребуется порядка 100 лет

при условии увеличения финансирования в 3–4 раза относительно текущих значений.

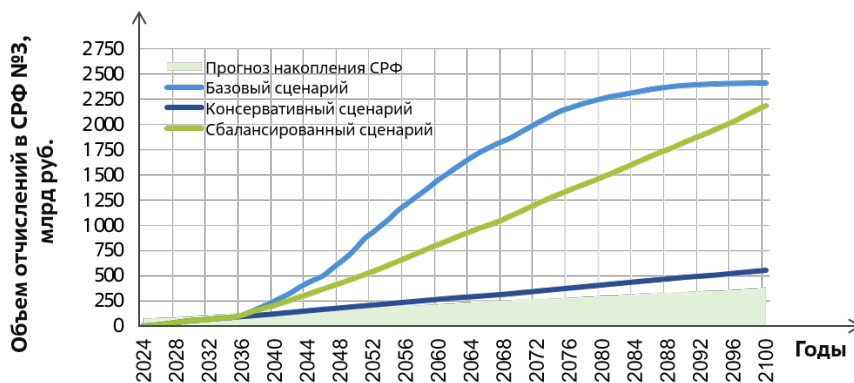
В целях оценки потенциального дефицита средств, направленных на обеспечение достижения конечного состояния всех Объектов, выполнен прогноз формирования специальных резервных фондов (СРФ) Госкорпорации «Росатом» и АО «Концерн Росэнергоатом», владеющих более 90% всех Объектов, с учетом имеющейся информации о выручке этих организаций, нормативах предельного размера отчислений и размерах ежегодных отчислений в эти резервы (создания резервов) [6].

Накопленные за рассматриваемый период моделирования средства резервных фондов не покроют все потребности, связанные обеспечением заключительной стадии жизненного цикла Объектов ни в одном из рассматриваемых сценариев, даже при самом консервативном (рис. 3).

Устранение выявленного дефицита денежных средств может быть реализовано в рамках специального нормативного правового акта (федерального закона) за счет разделения и фиксации обязательств по заключительной стадии жизненного цикла Объектов между государством, как заказчиком их создания, и текущими собственниками, что соответствует мировому опыту. В российской практике аналогичное разграничение было проведено в части радиоактивных отходов: принятие ФЗ-190 разделило отходы на накопленные — ядерное наследие



**Рис. 2.** Расчеты совокупных издержек вывода из эксплуатации ОЯН в рассмотренных сценариях за период 2024–2100 гг. в ценах 2023 года, млрд руб. (составлено автором).



**Рис. 3.** Прогноз формирования специального резервного фонда для обеспечения приведения Объектов в конечное состояние в сопоставлении с совокупными издержками для трех сценариев (накопленным итогом, млрд руб., в ценах 2023 года) (составлено автором).

(собственность и обязательства государства) и образованные после вступления закона в силу (собственность и обязательства эксплуатирующих организаций).

#### Метод комплексной оценки и прогнозирования результативности деятельности по приведению в безопасное конечное состояние всех компонент ядерного наследия

Целевые индикаторы и показатели результативности являются неотъемлемым атрибутом программ и проектов, в которых принимает участие государство. Мероприятия в рамках заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия реализуются в рамках ФЦП ЯРБ-2 и государственной программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»

(далее – РАЭПК) по следующим направлениям, каждое из которых оценивается своим целевым показателем:

1. приведение в конечное состояние Объектов;
2. приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных РАО;
3. поддержание в безопасном остановленном состоянии Объектов;
4. обеспечение безопасного хранения накопленных РАО;
5. реабилитация радиационно -загрязненных территорий;
6. транспортировка на централизованное хранение сборок ОЯТ;
7. переработка ОЯТ.

Соответствующие целевые показатели отражают количественную оценку результативности



в ограниченном временном интервале (не далее 2035 г.), но не демонстрируют прогресс в решении всех накопленных проблем ядерного наследия. Это ограничение не позволяет осуществлять долгосрочное планирование приведения в безопасное конечное состояние всех Объектов, радиационно загрязненных территорий, а также накопленных РАО и ОЯТ.

Для решения данной задачи целесообразно ввести сводный индикатор, агрегирующий целевые показатели по направлениям, который бы определял долю выполненных работ по решению проблем ядерного наследия в рамках каждого направления работ с учетом весовых коэффициентов (далее – Индикатор).

В качестве точки отсчета измерения Индикатора целесообразно определить начало реализации действующей масштабной программы – ФЦП ЯРБ-2 – 01.01.2016. Оценка процента (доли) выполненных работ или «решения проблемы» по каждому направлению – это отношение «объема» выполненных работ к конкретному году (начиная с 2016 года) на суммарный масштаб проблемы на начало 2016 года. Общий масштаб проблемы ядерного наследия по направлению оценивается на основании установленной меры, определенной в зависимости от особенностей рассматриваемых объектов и имеющихся о них данных. Вклад каждого направления в сводный индикатор необходимо оценивать с учетом суммарной величины опасности объектов ядерного наследия в рамках направления и сложности выполнения работ по их приведению в экологически безопасное конечное состояние.

Предлагаемый расчет Индикатора определяется следующим выражением:

$$I_t = \sum_{n=1}^7 K_n \cdot P_n^t \cdot 100\%, \quad (3)$$

где:

$I_t$  – значение Индикатора в год  $t$  (%);

$K_n$  – весовой коэффициент, характеризующий вклад направления  $n$  в достижение значения

Индикатора ( $n$  – номер направления в области решения проблем ядерного наследия, указанного выше) (безразм.);

$P_n^t$  – значение показателя результативности по  $n$ -му направлению в год  $t$  (безразм.).

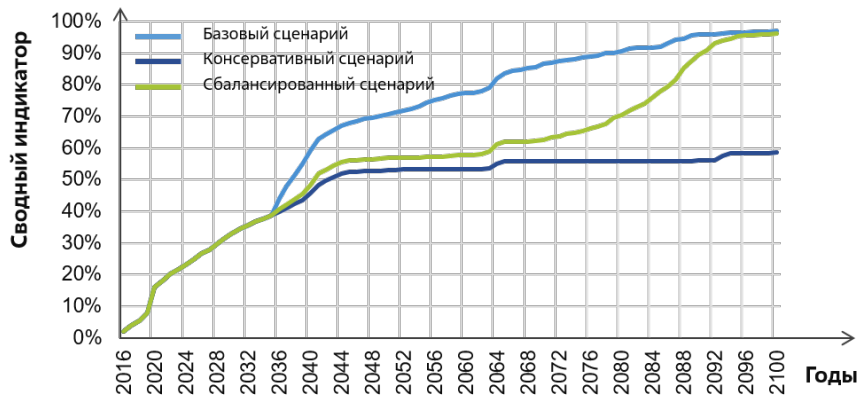
Весовые коэффициенты  $K_n$ , характеризующие вклад результатов по соответствующим направлениям в достижение значения Индикатора, определяются с учетом типов и опасности объектов, рассматриваемых в рамках каждого направления, сложности и стоимости выполняемых работ по приведению Объектов, ядерных материалов, радиоактивных веществ и отходов в экологически безопасное конечное состояние.

В соответствии с предложенным подходом выполнен расчет значений Индикатора для трех рассмотренных сценариев на период планирования до 2100 года (рис. 4). С учетом рассчитанных в Модели значений совокупных издержек может быть определена усредненная «стоимость решения» 1% проблем ядерного наследия для каждой стратегии. Базовый и сбалансированный сценарий демонстрируют практически полное решение проблемы ядерного наследия до 2100 года. При этом динамика финансирования в сбалансированном сценарии имеет более сглаженный характер. «Медленное» финансирование (консервативный сценарий) в долгосрочной перспективе соответствует наименее эффективной стратегии и существенно затягивает решение накопленных проблем, что наряду с ростом операционных затрат ведет к существенному росту радиационных рисков и утрате знаний об объектах.

### Выводы

В статье описаны инструменты, внедрение которых направлено на эффективное долгосрочное планирование деятельности по приведению ядерного наследия в безопасное состояние. Ввиду большого количества объектов, их географического распределения и размера требуемых ресурсов, эта деятельность имеет высокое государственное, социальное и практическое значение.





**Рис. 4.** Динамика значений сводного индикатора ликвидации ядерного наследия по трем рассмотренным сценариям (составлено автором)

В условиях ограниченности доступных средств организаций и государства, выделяемых на обеспечение заключительной стадии жизненного цикла Объектов, и необходимости исключения любых инцидентов с радиационным фактором на Объектах, задача поиска оптимального баланса затрат, рисков и выгод является наиболее актуальной. Предложенный критерий ранжирования Объектов по уровню совокупных издержек совместно с расчетными данными Модели и значениями Индикатора позволяют выстроить и обосновать оптимальную последовательность приведения Объектов в конечное состояние

с учетом ресурсных и инфраструктурных ограничений, а также определить необходимые на эти цели финансовые ресурсы.

Прогнозирование значений Индикатора в долгосрочном горизонте планирования позволяет обосновать оптимальную стратегию ликвидации ядерного наследия, а сравнение его фактических значений за предыдущие периоды с установленным планом обеспечивает прозрачность результатов и дополнительный контроль со стороны государства над эффективным использованием бюджетных средств.

### Библиографический список

1. Абалкина И. Л., Абрамов А. А., Бирюков Д. В. Инвентаризация ядерно и радиационно опасных объектов: ожидаемые результаты и перспективы их использования : Препринт ИБРАЭ РАН № ИБРАЭ-2014-05. — М. : ИБРАЭ РАН, 2014.
2. Абрамов А. А., Дорофеев А. Н., Комаров Е. А. // Ядерная и радиационная безопасность. — 2014. — 3 (73). — С. 1–11.
3. Агалов А. М., Абрамов А. А., Дьяков С. В. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Т. 1. — М. : Энергопромналитика, 2012. — 356 с.
4. Иванов А. Ю. Метод оценки социально-экономической эффективности мероприятий целевых программ в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности // Арктика: экология и экономика. — 2024. — Т. 14, № 3. — С. 417–426. — DOI: [10.25283/2223-4594-2024-3-417-426](https://doi.org/10.25283/2223-4594-2024-3-417-426).
5. Иванов А. Ю., Ильясов Д. Ф., Мамчиц Е. Г. Развитие подходов к приоритизации вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. — 2023. — Т. 20, 4(130). — С. 31–43. — DOI: [10.21686/2413-2829-2023-4-31-43](https://doi.org/10.21686/2413-2829-2023-4-31-43).
6. Ильясов Д. Ф., Иванов А. Ю. Экономика и цифровизация вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия : монография. — М. : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2024. — 219 с. — ISBN 978-5-7307-2149-4.
7. Ильясов Д. Ф., Иванов А. Ю., Агафонов Н. П. Разработка программного обеспечения для оценки стоимости проектов по ликвидации ядерно и радиационно опасных объектов с применением цифрового моделирования // Теоретическая и прикладная экономика. — 2022. — № 4. — С. 67–79. — DOI: [10.25136/2409-8647.2022.4.38996](https://doi.org/10.25136/2409-8647.2022.4.38996).
8. Ильясов Д. Ф., Иванов А. Ю., Кузнецова Е. О. Методы прогнозирования затрат на поддержание в безопасном состоянии объектов ядерного

- наследия // Статистика и Экономика. – 2023. – Т. 20, № 6. – С. 70–80. – DOI: [10.21686/2500-3925-2023-6-70-80](https://doi.org/10.21686/2500-3925-2023-6-70-80).
9. Ликвидация ядерного наследия: 2008–2015 годы / под ред. А. А. Абрамова, О. В. Крюкова, И. И. Линге. – М., 2015. – 182 с.
  10. Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий. Т. 1. – М. : ИБРАЭ РАН, 2017. – 366 с.
  11. Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий. Т. 2. – М. : ИБРАЭ РАН, 2017. – 187 с.
  12. Тихомиров Н. П., Потравный И. М., Тихомирова Т. М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками : учебное пособие. – 2012.
  13. Указ Президента РФ от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».
  14. Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2035 года». – URL: <https://фцп-яроб.рф/about/overview> (дата обр. 22.03.2024).