

МЕТОД ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А. Ю. Иванов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 4 июня 2024 г.

Для цитирования

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.

Рассмотрены подходы к определению и оценке социально-экологической эффективности работ на заключительных стадиях жизненного цикла объектов использования атомной энергии, в том числе объектов ядерного наследия в Арктике и на континентальной части России. В качестве релевантного предложен метод, основанный на оценке предотвращенного ущерба, затрат на ликвидацию и социальных показателей — месторасположения объекта относительно районов проживания населения и особо охраняемых природных объектов, наличия и репутации эксплуатирующей организации и полноценного открытого информационного обеспечения. На примере семи ликвидированных объектов разных типов выполнены оценки экономической и социально-экологической эффективности в соответствии с предложенными подходами, позволяющими уточнить оценку выполняемых работ по ликвидации ядерного наследия с точки зрения их социальной значимости и восприятия. Полученные на основе предложенного метода оценки экономической эффективности могут быть использованы при планировании дальнейших работ по приведению объектов ядерного наследия Арктики и континентальной России в экологически безопасное состояние.

Ключевые слова: Арктика, радиационная безопасность, ядерное наследие, ликвидация, социально-экономическая эффективность, проект.

Введение

В отношении объектов ядерного наследия, расположенных в Арктике и на предприятиях атомной промышленности континентальной части России, реализовывались и реализуются масштабные программы и проекты, финансируемые из федерального бюджета и в рамках международной финансовой помощи, направленные на их ликвидацию или приведение в безопасное состояние. Одним из важнейших используемых в настоящее время в России ор-

ганизационных и финансовых механизмов решения государственных задач и достижения национальных целей развития являются разработка и реализация государственных программ, федеральных целевых программ, национальных, федеральных и отраслевых проектов. Для их эффективного выполнения на этапе разработки определяется цель и формируются варианты реализации. В соответствии с применяемым Правительством России проектным подходом реализация программ и проектов, финансируемых государством, регулярно оценивается системой целевых индикаторов и показателей результативности

и эффективности. При этом существуют определенные методологические проблемы при определении конкретных критериев, отражающих различные аспекты реализации проекта (социальные, политические, финансовые, экологические), поскольку использование различных критериев влияет на итоги оценки и может приводить к искажению стимулов к повышению результативности для органов государственной власти [1].

В области обеспечения ядерной и радиационной безопасности в Арктике и в атомной промышленности основным инструментом является государственная программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса» (далее ГП РАЭПК) и входящие в нее мероприятия по обеспечению безопасной ликвидации, промышленной утилизации и вывода из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО) Военно-морского флота, эксплуатация которых по функциональному назначению прекращена, а также мероприятия федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016—2020 годы и на период до 2035 года» (далее ФЦП ЯРБ-2) [2]. Важно отметить глубокую взаимосвязь программ в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности в Арктике и континентальной части страны, поскольку большая часть объектов ядерного наследия расположена вблизи бассейнов крупных рек, а следы радиационного загрязнения, образованного в результате функционирования данных объектов в прошлом, обнаруживаются на расстоянии до тысячи километров [3].

В рамках ГП РАЭПК с преобладающим участием государства реализуются крупномасштабные проекты, направленные на:

- создание инфраструктуры обращения с накопленными радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом;
- захоронение удаляемых радиоактивных отходов;
- ликвидацию ядерно и радиационно опасных объектов, т. е. загрязненных радионуклидами в ходе прошлой деятельности зданий и сооружений в составе производств атомного энергопромышленного комплекса в более чем 30 регионах России;
- ликвидацию атомных подводных лодок, надводных кораблей с ядерными энергетическими установками и судов атомного технологического обслуживания ВМФ в федеральных округах.

Система целевых показателей ГП РАЭПК, определенная постановлением Правительства РФ от 2 июня 2014 г. № 506-12, характеризует количественную оценку хода выполнения мероприятий программ и их результативности по сравнению с планом. При этом она не дает ответа на принципиальный вопрос: какова эффективность расходования средств федерального бюджета на перевод ядерно и радиационно опасных объектов в экологически безопасное состояние? Необходимо принимать во внимание, что социальный фактор всегда

играл важную роль в развитии атомной энергетики. Вопросы устойчивой общественной приемлемости создания и развития объектов использования атомной энергии в последние десятилетия являются предметом изучения и дискуссий [4; 5]. Данная статья преследует цель рассмотрения различных подходов к определению социально-экологической эффективности указанных работ в различных разрезах и выработки наиболее релевантного подхода к содержанию.

Методы исследования

Рассмотрим возможные принципы и подходы к оценке эффективности мероприятий в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности и их ограничения.

1. Принципы устойчивого развития. Основным международным документом, регулирующим обращение с отработавшим ядерным топливом, радиоактивными отходами и вывод из эксплуатации объектов, является «Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами». В преамбуле Объединенной конвенции содержится указание на главу 22 «Повестки дня на XXI век» Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, принятой в 1992 г. [6], в которой подтверждается первостепенное значение безопасного и экологически обоснованного удаления радиоактивных отходов как основного вида отходов при переработке отработавшего ядерного топлива и вывода из эксплуатации.

Существующие международные обязательства по обращению с отработавшим ядерным топливом, радиоактивными отходами и выводу из эксплуатации объектов, зафиксированные в Объединенной конвенции, практически исключают бездеятельность в отношении остановленных объектов и захоронения радиоактивных отходов. Более того, все современные компании, в том числе работающие в сфере атомной генерации и ядерного топливного цикла, декларируют приверженность устойчивому развитию. Ущерб, связанный с невыполнением обязательств в отношении последующих поколений, может быть сопоставим с долей на мировом рынке этих компаний и превышать десятки и сотни миллиардов долларов. Ярким примером подобного подхода стала реализация Глобального партнерства Группы 8 в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, в рамках которого более 20 млрд долл. были направлены на снижение рисков, связанных с ядерным наследием в арктическом регионе [7]. Основным побудительным мотивом для стран-доноров было глубокое понимание значимости арктического региона для глобального экологического благополучия и устойчивого развития. Современные концепции и программы России по развитию Арктики также демонстрируют повышенное внимание к экологической составляющей

развития и использования Северного морского пути [8].

2. Радиологический подход, т. е. оценка затрат на снижение возможных доз облучения населения. Принцип соотношения затрат на радиологическую защиту и получаемых выгод много десятилетий назад сформулирован в международной системе радиационной защиты в форме принципа обоснования. В актуальной публикации № 103 Международной комиссии по радиологической защите [9], послужившей основой современных стандартов безопасности МАГАТЭ [10—12], он приведен в таком виде: «Любое решение, изменяющее ситуацию облучения, должно приносить больше пользы, чем вреда».

На первый взгляд практика радиационной защиты, в том числе при радиационных авариях, должна давать ориентир верхней границы оптимальной стоимости защитных мероприятий в пересчете на единицу предотвращенной дозы. Однако это не так. В [13] приведено большое количество примеров, демонстрирующих, что удельные затраты на предотвращение облучения практически не имели верхней границы. Выходя из рационального диапазона в 100—1000 долл. на предотвращение 1 чел.-Зв коллективной дозы, они во многих случаях тратили 400—500 тыс. долл., а иногда, в том числе при водоохранных мероприятиях, еще большие суммы, поскольку предотвращенная доза (польза) отсутствовала, а затраты были велики. Причины реализации неэффективных мер кроются во влиянии социальных факторов и прежде всего в восприятии радиационных рисков обществом, которое наряду с неопределенностью данных в острый период и недостаточным учетом мнений специалистов вынуждало органы власти принимать практически все известные и неоптимальные меры радиационной защиты.

В системе радиологической защиты эти обстоятельства в полной мере учтены. В упомянутой публикации [9] подчеркивается, что при рассмотрении деятельности, сопровождающейся увеличением или снижением уровней облучения или риска потенциального облучения, ожидаемое изменение радиационного вреда безусловно учитывалось в процессе принятия решений. Но рассматриваемые при этом последствия должны включать в себя прочие риски, социально-экономические факторы и пользу такой деятельности, а радиационный вред будет лишь малой частью суммарного ущерба. По этим причинам МКРЗ только рекомендует, чтобы в процессе обоснования «чистая польза» была положительной. Поиск возможной наилучшей приемлемой для общества альтернативы лежит за пределами ответственности органов, занимающихся обеспечением радиационной защиты.

Подход на основе принципов радиационной защиты может быть использован и для оценки эффективности проектов в смежных отраслях промышленности, в частности, по добыче полезных ископаемых

в Арктике, связанных с образованием отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов (например, месторождение Томтор в Арктической зоне Якутии [14]).

3. Оценка потенциальной опасности объектов. В [14; 15] показано, что для планирования работ по ликвидации ядерного наследия была применена методика оценки комплексного показателя потенциальной опасности объекта, изначально предложенная специалистами NDA, национального оператора Великобритании по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов наследия [17]. В ее основе — учет активности и радионуклидного состава радиоактивных материалов в объекте, их агрегатного состояния, надежности барьеров безопасности, систем мониторинга и ряда других параметров. При этом методика была разработана при ранжировании и приоритизации объектов для вывода из эксплуатации в рамках ФЦП ЯРБ-2 в части дополнительного учета таких обстоятельств, как наличие решений по приведению объекта в безопасное состояние, проектной документации, а также ряд иных позиций, позволяющих ускорить ликвидацию наиболее опасных объектов с наибольшей степенью готовности к практическим работам [15]. Подобный подход был реализован и при разработке «Стратегического Мастер-плана утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обеспечивающей инфраструктуры в Северо-Западном регионе России» и «Программы комплексной утилизации атомных подводных лодок» [7]. Тем не менее, будучи релевантным для определения наиболее опасных объектов и приоритетности работ по ним, данный подход имеет ряд серьезных недостатков: за его рамками оказываются все аспекты, связанные с социально-экологической обстановкой в районе расположения объекта.

4. Социальные аспекты. В истории развития атомной энергетики и промышленности есть много примеров, когда социальная неприемлемость являлась причиной отказа от ввода в эксплуатацию законченных строительством или останова находящихся в эксплуатации объектов стоимостью во многие миллиарды долларов при отсутствии заключений авторитетных органов регулирования безопасности и консенсуса с проживающим в районе размещения объекта населением (например, сооружение Татарской АЭС [18], Горьковской АТЭЦ [19] в СССР или пункта глубинного захоронения Юкка-Маунтин в США [20]). Существуют примеры отказа или приостановки на неопределенный срок реализации экономически привлекательных и эффективных проектов сооружения пунктов финальной изоляции радиоактивных отходов при наличии научного обоснования безопасности, но при отсутствии общественного консенсуса [21].

В настоящее время в России любые работы, проводимые на действующем или остановленном ЯРОО

Таблица 1. Итоги работ по инвентаризации ЯРОО [22]

Table 1. Inventory results of nuclear and hazardous waste [22]

Уровень инвентаризации	Количество объектов	В том числе ПХ РАО
Уровень 0 (предварительная)	2210	850
Уровень 1 (основная)	289	184
Уровень 2 (углубленная)	275	165

и влияющие на его безопасность, выполняются в рамках специальных лицензий, выдаваемых органом регулирования, а материалы обоснования таких лицензий и оценки воздействия на окружающую среду в соответствии с нормами федерального закона «Об экологической экспертизе» от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ проходят процедуру общественных слушаний.

Таким образом, при комплексной оценке социально-экологической эффективности мероприятий в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности и ликвидации накопленного экологического вреда целесообразно учитывать:

- реальное снижение потенциальной опасности объекта для нынешнего и будущих поколений;
- значимость наличия остановленного, но не выводимого из эксплуатации объекта для репутации эксплуатирующей организации в случае ее весомого присутствия на национальном и международных рынках;
- социальную приемлемость сохранения на длительные сроки ЯРОО, не эксплуатируемого по проектному назначению;
- стоимость безопасного содержания подобного объекта в год до его полной ликвидации.

На основе изложенных принципов рассмотрим комплексный подход к определению социально-экологической эффективности мероприятий по ликвидации ядерного наследия.

Для определения масштабов и состава ядерного наследия в рамках разработки «Стратегического Мастер-плана утилизации и экологической реабилитации...» и реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» проводилась инвентаризация ядерно и радиационно опасных объектов. В части объектов ядерного топливного цикла с учетом результатов инвентаризации (табл. 1) [18] и ранжирования объектов по значениям комплексного показателя [14] в реализуемую в настоящее время федеральную целевую программу «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016—2020 годы и на период до 2035 года» включены мероприятия по более чем 130 (из более чем 2200) объектам. В их состав входят:

- ядерные установки (это приведенные в ядерно безопасное состояние ядерные установки ядерного топливного цикла, исследовательские и промышленные реакторы, энергоблоки АЭС);
- радиационные источники (загрязненные радиоактивными веществами комплексы зданий и сооружений);
- пункты хранения радиоактивных веществ (РВ) и РАО.

При разработке «Стратегического Мастер-плана утилизации и экологической реабилитации...» и «Программы комплексной утилизации атомных подводных лодок» были систематизированы исходные данные по более чем 150 ядерно и радиационно опасным объектам атомного флота и обеспечивающей береговой инфраструктуры на территории Северо-Западного региона России [7].

Основываясь на расширенном принципе обоснования, целесообразно сравнивать затраты на реализацию мероприятия по ликвидации ЯРОО или их комплекса с выгодой, выражающейся в сумме:

- рисков потерь (ущерба для населения, компании, эксплуатирующей объект или находящейся с ней в кооперационных связях), связанных с возникновением аварии с радиационным фактором на неликвидированном объекте;
- предотвращенных расходов будущего периода на поддержание неликвидированного объекта в безопасном состоянии (ПБС).

В таком случае экономическую эффективность мероприятия по ликвидации ЯРОО, определяемую как пользу от мероприятия, отнесенную к стоимости мероприятия, можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{Up + C_{\text{ПБС}}}{C_{\text{л}}}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} — оценка экономической эффективности работ по ликвидации ядерно и радиационно опасного объекта; U — размер предотвращенного ущерба в результате ликвидации ядерно и радиационно опасного объекта; p — вероятность события с радиационным фактором на объекте в период планирования; $C_{\text{ПБС}}$ — совокупный размер расходов на поддержание объекта в безопасном состоянии, сокращенный за счет ликвидации объекта на рассматриваемый период планирования; $C_{\text{л}}$ — стоимость ликвидации ядерно и радиационно опасного объекта.

Для оценки предотвращенного ущерба в качестве стартовой точки целесообразно использовать значение комплексного показателя опасности [15] с учетом типа объекта. Объекты с уровнем значения комплексного показателя опасности порядка 10^{14} и выше характеризуются специалистами как опас-

ные, т. е. высокоприоритетные, а с уровнем порядка 10^5 — как низкоприоритетные.

Сложнее определиться с содержанием предотвращенного ущерба, поскольку предположение о полном бездействии в отношении объекта на длительные сроки, например, на более чем 100 лет, плохо ассоциируется с устойчивым развитием. Поэтому в качестве базовой может быть принята гипотеза о 100-летнем бездействии (сохранении под наблюдением) в отношении технического состояния объекта. При пропуске такого периода на большей части объектов (ядерные установки, радиационные источники и пункты хранения твердых радиоактивных отходов) произойдет деградация строительных конструкций, но основной объем радиоактивности не покинет пределов зданий и сооружений объекта. Поскольку на остановленных объектах многие системы поддержки эксплуатации не в полной мере пригодны для обеспечения работ по выводу из эксплуатации, их утратой также можно пренебречь. Положительное влияние радиоактивного распада можно грубо учесть: поскольку вклад очень короткоживущих радионуклидов в потенциальную опасность объектов на начало паузы составляет около 1—2%, а тридцатилетние периоды полураспада радионуклидов цезия и стронция дадут за 100 лет примерно 10-кратное снижение их активности, можно предположить, что стоимость работ по выводу из эксплуатации таких объектов вырастет незначительно в сравнении с реализацией в ближайшие десятилетия (на 10—20%) и этим ростом для целей оценок эффективности можно пренебречь.

Исключения составляют пункты хранения жидких радиоактивных отходов. В этом случае высоковероятны радиоактивное загрязнение подземных и по-

Таблица 2. Соотнесение значений комплексного показателя опасности объекта, уровня аварии по шкале INES и величины прямого ущерба [22]

Table 2. Correlation of complex hazard indicator values of the object, accident level on the INES scale and the amount of direct damage [22]

Значение комплексного показателя опасности	Максимальный уровень шкалы ИНЕС	Оценка ущерба, руб.
Более 10^{17}	5—6	10^8 — 10^9
10^{14} — 10^{17}	4—5	10^7 — 10^8
10^{11} — 10^{14}	3—4	10^4 — 10^7
10^{11} — 10^7	2—3	10^4 — 10^6

верхностных вод и радиационное воздействие на население. Для оценки высоковероятного ущерба воспользуемся соотношением ущерба и уровня аварии по шкале ИНЕС из [22] и значениями комплексного показателя опасности (табл. 2).

Для оценки ущерба в результате столетней паузы необходимы предположения о его реализации. Вероятность каких-либо внешних событий, инициирующих развитие аварии, близка к единице для диапазона времени 1000 лет. Поэтому для 100-летней паузы допустимо определение вероятности события величиной 0,1.

Учет факторов, характеризующих социальную приемлемость сохранения на длительные сроки ЯРОО, не эксплуатируемого по проектному назначению или выводимого из эксплуатации, может выражаться в системе социальных показателей — коэффициентов, учитывающих географическое расположение объекта, репутацию эксплуатирующей или управляющей организации, наличие полноценной информации об объекте в свободном доступе (табл. 3). Учет факторов месторасположения ЯРОО в контексте эффективной приоритизации для вывода из эксплуатации в [23] рассмотрен с позиции социально-экономического потенциала территории расположения

Таблица 3. Значения коэффициентов, характеризующих социальную приемлемость

Table 3. Values of coefficients characterizing social acceptability

Социальный коэффициент	Значение коэффициента	Описание применения
Месторасположение относительно населенных пунктов (k_m)	100	В черте густонаселенного района / крупного населенного пункта
	10	На окраине населенного пункта
	1	За городской чертой, на значительном удалении от жилой застройки
Месторасположение относительно охраняемых природных объектов (k_n)	10	Вблизи (в зоне влияния) особо охраняемых природных объектов (например, арктического региона, озера Байкал)
	1	На существенном удалении (вне зоны влияния) от особо охраняемых природных объектов

Социальный коэффициент	Значение коэффициента	Описание применения
Репутация эксплуатирующей организации (k_p)	100	Бесхозный объект, нет эксплуатирующей организации
	10	Эксплуатирующая организация с низкой и средней репутацией безопасности (есть аварии в прошлом)
	1	Эксплуатирующая организация с высокой репутацией безопасности (нет аварий в прошлом)
Информационное обеспечение ($k_{ин}$)	10	Отсутствие информации об опасности объекта, отсутствие ограждающих барьеров и информационных знаков
	1	Наличие информации о составе объекта, его границах, опасности, принимаемых мерах

Примечание: составлено автором.

объекта. В данной работе дополнительно учитывается коэффициент общественной значимости работ на объектах, расположенных в зоне воздействия на особо охраняемые природные объекты, такие, например, как арктический регион или озеро Байкал. В [24] предложена система составляющих показателей для оценки эффективности проектов, основывающихся на федеральных методиках и дополненных специальными показателями, характеризующими регионы Арктической зоны, что позволяет охарактеризовать экономическую, социальную, экологическую составляющие эффективности, обеспечение дохода государства, развитие региона и вклад в национальный показатель.

Предлагаемые значения коэффициентов носят порядковые значения и отражают качественную оценку восприятия населением радиационных факторов.

Таким образом, оценка социально-экономической эффективности может быть получена на основании оценки предотвращенного ущерба с учетом матрицы показателей социальной значимости ликвидации объекта:

$$\mathcal{E}_{сэ} = \frac{(Up + C_{пбс})k_m k_p k_{ин}}{C_{л}}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{сэ}$ — оценка социально-экономической эффективности работ по ликвидации ядерно и радиационно опасного объекта с учетом социальных факторов (социально-экономическая эффективность); U — размер ущерба в ближайшие 100 лет, предотвращенного в результате ликвидации ядерно и радиационно опасного объекта; p — вероятность события с радиационным фактором на объекте за 100 лет; $C_{пбс}$ — совокупный размер расходов на поддержание объекта в безопасном состоянии в течение 100 лет, сокращенный за счет ликвидации объекта; $k_m, k_p, k_{ин}, k_{ин}$ — коэффициенты, характеризующие социальную приемлемость (см. табл. 3); $C_{л}$ — стоимость ликвидации ЯРОО.

Результаты исследований

Приведем несколько примеров оценки экономической и социально-экономической эффективности работ на основе описанных выше подходов для реально ликвидированных в последнее десятилетие ядерно и радиационно опасных объектов различных типов:

- 1) сильнозагрязненное здание бывшей ядерной установки в границах густонаселенного района мегаполиса;
- 2) крупное здание остановленного диффузионного производства на окраине населенного пункта в зоне воздействия на охраняемый природный объект;
- 3) здание остановленного производства топливных сборок на окраине населенного пункта вне зоны воздействия на охраняемый природный объект;
- 4) водоем-хранилище жидких радиоактивных отходов на существенном удалении от жилого массива;
- 5) территория проведения мирного ядерного взрыва;
- 6) небольшое исследовательское здание со стенами и установками в Северо-Западном регионе недалеко от жилого массива;
- 7) пункт хранения твердых и жидких радиоактивных отходов в арктическом регионе.

В качестве оценки размера предотвращенного ущерба использованы данные табл. 2 для значений комплексного показателя опасности конкретного объекта. Величина вероятности события с радиационным фактором на горизонте планирования 100 лет определена как 0,1. За точку начала отсчета 100-летнего периода планирования определен 2003 г. — начало реализации работ по комплексному решению проблем ядерной и радиационной безопасности в Северо-Западном регионе. Размер годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии неликвидированного объекта определяется на основании соответствующих нормативов затрат, характерных для конкретного типа объекта на основании подходов и значений, описанных в [24]. При

Таблица 4. Значения показателей экономической и социально-экономической эффективности ликвидации для объектов различных типов

Table 4. Indicator values of economic and socio-economic efficiency of disposal for objects of various types

Объект	Значение комплексного показателя опасности	Год ликвидации объекта	k_m	k_n	k_p	k_i	Расчет эффективности по формуле (1)		Расчет эффективности по формуле (2)	
							Э	Ранг	Э _{сэ}	Ранг
1	1,28E+14	2015	100	1	1	1	2,24	3	224,28	2
2	1,75E+13	2019	10	10	1	1	0,44	5	44,08	5
3	2,01E+10	2017	10	1	1	1	5,27	1	52,7	4
4	6,00E+25	2015	1	10	10	1	2,57	2	256,83	1
5	2,52E+13	2015	1	1	100	10	0,00 005	7	0,05	7
6	1,28E+11	2016	10	10	1	1	1,87	4	186,58	3
7	3,27E+10	2019	10	10	1	1	0,32	6	31,73	6

Примечание: составлено автором.

этом для законсервированных пунктов размещения особых РАО необходимо учесть ежегодные затраты на проведение радиационного мониторинга, который оценивается в размере 0,12% стоимости консервации (ликвидации) объекта [25]. Все стоимостные оценки должны быть приведены в цены одного (текущего) года.

Полученные на основании описанных в статье методов и допущений значения показателей экономической и социально-экономической эффективности ликвидации ЯРОО представлены в табл. 4.

Обсуждение

Как отмечено выше, ввиду методологических проблем некорректно определенные целевые показатели программ могут приводить к искаженной оценке результативности и эффективности. Введенная система корректирующих коэффициентов, характеризующих социальную значимость работ, связанных с ликвидацией ядерно и радиационно опасных объектов, устраняет указанные проблемы. Расчет показателя эффективности проектов по выводу из эксплуатации конкретных ядерно и радиационно опасных объектов на основе предложенных в статье подходов показывает (табл. 4), что введение таких коэффициентов приводит к дополнительной приоритизации объектов для задач их ликвидации с акцентом на социальный фактор и «ценность» территории размещения объекта.

Учет обстоятельств местоположения объектов и раньше в некоторой степени проводился и декларировался в отношении крупных населенных пунктов и экологически значимых регионов [23; 24]. Поэтому предложенный метод должен восприниматься не как альтернатива, а как дополнитель-

ный инструмент анализа и планирования. Значения предложенных коэффициентов могут быть уточнены экспертным путем при рассмотрении более широкой выборки объектов.

Выводы

В статье рассмотрен и предложен в качестве релевантного комплексный метод оценки экономической эффективности работ по ликвидации ЯРОО с учетом показателя потенциальной опасности объекта и социальных факторов, связанных с его ликвидацией. Предложенный метод устраняет пробел в оценках эффективности соответствующих работ за счет введения системы корректирующих показателей-коэффициентов, учитывающих социально и экологически значимые факторы — месторасположение объекта относительно расположения районов проживания населения и охраняемых природных зон, наличие и репутация эксплуатирующей организации, а также полноценной открытой информации об объекте и проводимых работах.

Полученные на основании предложенного метода оценки экономической эффективности работ по ликвидации объектов ядерного наследия в Арктике и континентальной России не только по завершеному, но и по запланированным к реализации проектам позволяет более комплексно рассматривать объекты при определении приоритета их вывода из эксплуатации или сохранения под длительным наблюдением. Это приобретает особую актуальность в свете реализации национальных целей развития России, а именно «комфортной и безопасной среды для жизни» и «экологического благополучия», определенных указом Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309.

Литература/References

1. Добролюбова Е. И. Методические проблемы оценки эффективности государственных программ // Регион. экономика. Юг России. — 2017. — № 1. — С. 95—105. Dobrolyubova E. I. Methodological issues of evaluating effectiveness of state programs. Regional'naya Ekonomika. Yug Rossii, 2017, no. 1 (15), pp. 95—105. (In Russian).
2. Общие сведения // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016—2020 годы и на период до 2035 года». — 2018. — URL: <https://xn----btb4bfm9d.xn--p1ai/about/overview/>. Overview. Federal Target Program “Nuclear and radiation safety assurance for 2016-2020 and for the period until 2035”. 2018. Available at: <https://xn----btb4bfm9d.xn--p1ai/about/overview/>. (In Russian).
3. Крюков О. В., Абрамов А. А., Линге И. И., Иванов А. Ю. Ликвидация ядерного наследия в континентальной части России как условие радиационного благополучия Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 4 (28). — С. 49—58. — DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-49-58. Kryukov O. V., Abramov A. A., Linge I. I., Ivanov A. Yu. Nuclear Legacy Cleanup in the Continental Part of Russia as a Condition for Radiation Safety in the Arctic. The Arctic: Ecology and Economy, 2017, no. 4 (28), pp. 49—58. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-49-58. (In Russian).
4. Мелихова Е. М., Абалкина И. Л. Анализ проблем коммуникации радиационного риска в контексте развития общественного диалога // Мед. радиология и радиац. безопасность. — 2021. — Т. 66, № 5. — С. 105—112. — DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-105-112. Melikhova E. M., Abalkina I. L. Radiation Risk Communication Problems in the Context of Promoting a Public Dialogue. Medical Radiology and Radiation Safety, 2021, vol. 66, no. 5, pp. 105—112. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-105-112. (In Russian).
5. Мелихова Е. М., Кузнецова Е. О. К вопросу об общественной приемлемости проектов по захоронению РАО // Радиоактив. отходы. — 2023. — № 4 (25). — С. 23—34. — DOI: 10.25283/2587-9707-2023-4-23-34. Melikhova E. M., Kuznetsova E. O. On the Public Acceptance of Deep Geological Repository Development in the Krasnoyarsk Region. Radioactive Waste, 2023, no. 4 (25), pp. 23—34. DOI: 10.25283/2587-9707-2023-4-23-34. (In Russian)
6. Повестка дня на XXI век: 14 июня 1992 г. // Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3—14 июня 1992 г.: A/CONF.151/26/Rev.I. — Нью-Йорк, 1993. — Т. 1. — С. 8—511. Agenda 21: 14 June 1992. Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992: A/CONF.151/26/Rev.I. New York, 1993, vol. 1, pp. 2—486.
7. Антипов С. В., Арутюнян Р. В., Большов Л. А. и др. Стратегические подходы к решению экологических проблем, связанных с выведенными из эксплуатации объектами атомного флота на Северо-Западе России / Под ред. акад. А. А. Саркисова; Ин-т проблем безопас. развития атом. энергетики РАН. — М.: Наука, 2010. — 346 с. Antipov S. V., Arutyunyan R. V., Bolshov L. A. et al. Strategic approaches to addressing environmental problems associated with decommissioned nuclear fleet facilities in the North-West of Russia. Ed. by acad. A. A. Sarkisov; Nuclear Safety Institute of RAS. Moscow, Nauka, 2010, 346 p. (In Russian).
8. Иванова М. В., Данилин К. П., Кошкарев М. В. Северный морской путь как пространство согласования интересов для устойчивого социально-экономического развития Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 4. — С. 538—550. — DOI: 10.25283/2223-4594-2022-4-538-550. Ivanova M. V., Danilin K. P., Koshkarev M. V. The Northern Sea Route as a coordination of interests' medium for sustainable socio-economic development of the Arctic. Arctic: Ecology and Economy, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 538—550. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-4-538-550. (In Russian).
9. Рекомендации 2007 года Международной комиссии по радиационной защите: Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер с англ.; Под общей ред. М. Ф. Киселёва и Н. К. Шандалы. — М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. — 312 с. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP Publication 103: Annals of ICRP 37. Ed. by J. Valentin. Exeter, UK, Elsevier Ltd, 2007, 332 p.
10. IAEA Safety Standards Series No. SSG-2. Deterministic safety analysis for nuclear power plants. IAEA. Vienna, 2009.
11. IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9. Categorization of radioactive sources. IAEA. Vienna, 2005.
12. Серия изданий по безопасности № NS-G-1.2 Оценка безопасности и независимая проверка для атомных электростанций. МАГАТЭ. — Вена, 2004. IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.2. Safety Assessment and Verification for Nuclear Power Plants. IAEA. Vienna, 2002.
13. Алексахин Р. М., Булдаков Л. А., Губанов В. А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. — М.: ИздАТ, 2001. — 752 с. Aleksakhin R. M., Buldakov L. A., Gubanov V. A. et al. Major radiation accidents: consequences and protective measures. Moscow, IzdAT, 2001, 752 p. (In Russian).
14. Потравный И. М., Яшалова Н. Н., Новинов А. В., Чжао Цзиэр. Использование редкоземельных металлов в возобновляемой энергетике: возможности и риски // Экология и пром-сть России. — 2024. — Т. 28, № 1. — С. 11—15. — DOI: 10.18412/1816-0395-2024-1-11-15.

- Potravnny I. M., Yashalova N. N., Novikov A. V., Jier Zhao. Use of Rare Earth Metals in Renewable Energy: Opportunities and Risks. Ecology and Industry of Russia, 2024, vol. 28, iss. 1, pp. 11—15. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-1-11-15.
15. Бакин Р. И., Бирюков Д. В., Илюшкин А. И. и др. Ранжирование ядерно и радиационно опасных объектов по потенциальной опасности. — М.: ИБРАЭ РАН, 2014. — 16 с. — (Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2014-07).
- Bakin R. I., Biryukov D. V., Ilyushkin A. I., Kiselev A. A., Kov-alchuk D. V., Krasnoperov S. N., Linge I. I., Savkin M. N., Shikin A. V. Ranking of nuclear and radiologically dangerous facilities by potential danger. Moscow, IBRAE RAS, 2014, 16 p. (IBRAE preprint: No. IBRAE-2014-07). (In Russian).
16. Абрамов А. А., Дорофеев А. Н., Комаров Е. А. и др. К вопросу оценки объема ядерного наследия в атомной промышленности и на иных объектах мирного использования атомной энергии в России // Ядер. и радиац. безопасность. — 2014. — № 3 (73). — С. 3—13.
- Abramov A. A., Dorofeev A. N., Komarov E. A. et al. On the matter of assessing the volume of nuclear legacy in the nuclear industry and other peaceful-use nuclear facilities in Russia. Nuclear and Radiation Safety, 2014, no. 3 (73), pp. 3—13. (In Russian).
17. NDA Prioritisation — Calculation of Safety and Environmental Detriment Scores, Doc. No. EGPR02 Rev 6, April 2011.
18. Плетнева А. А., Кичанова О. Е., Ибраева Г. Р. Проблемы общественного восприятия атомной энергетики (на примере Чернобыльской АЭС) // Тинчуринские чтения-2020. Энергетика и цифровая трансформация. — 2020. — С. 210—213.
- Pletneva A. A., Kichanova O. E., Ibraeva G. R. Problems of public perception of nuclear energy (on the example of the Chernobyl NPP). Tinchurin readings 2020. Energy and digital transformation, 2020, pp. 210—213. (In Russian).
19. Благовещенский А. Я., Гусев Л. Б. Перспективы реализации атомного теплоснабжения в России // Технологии обеспечения жизнен. цикла ядер. энергет. установок. — 2020. — № 1 (19). — С. 13—20.
- Blagoveshchensky A. Ya., Gusev L. B. Outlook of district heating nuclear power plants in Russia. Nuclear propulsion reactor plants, 2020, no. 1 (19), pp. 13—20. (In Russian).
20. Цебановская Н. С., Уткин С. С., Капырин И. В. и др. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО. — М.: Комтехпринт, 2015. — 208 с.
- Chebakovskaya N. S., Utkin S. S., Kapyrin I. V. et al. Review of foreign practices for the disposal of spent nuclear fuel and radioactive waste. Moscow, Komtekhpriint, 2015, 208 p. (In Russian).
21. Линге И. И., Баринов А. С. О создании пунктов захоронения РАО в Европейской части России // Радиоактив. отходы. — 2024. — № 1 (26). — С. 8—15. DOI: 10.25283/1025283/258-9707-2024-1-8-15.
- Linge I. I., Barinov A. S. On Construction of Disposal Facilities for Radioactive Waste in European Part of Russia. Radioactive Waste, 2024, no. 1 (26), pp. 8—15. DOI: 10.25283/1025283/2587-9707-2024-1-8-15. (In Russian).
22. Абалкина И. Л., Бирюков Д. В., Ведерникова М. В. и др. Инвентаризация ядерно и радиационно опасных объектов: ожидаемые результаты и перспективы их использования. — М., 2014. — (Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2014-05).
- Abalkina I. L., Biryukov D. V., Vedernikova M. V. et al. Inventory of nuclear and radiologically dangerous facilities: expected results and prospects for their use. Moscow, 2014. (Preprint IBRAE: No. IBRAE-2014-05). (In Russian).
23. Иванов А. Ю., Ильясов Д. Ф., Мамчиц Е. Г. Развитие подходов к приоритизации вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии // Вестн. Рос. экон. ун-та им. Г. В. Плеханова. — 2023. — Т. 20, № 4 (130). — С. 31—43. — DOI: 10.21686/2413-2829-2023-4-31-43.
- Ivanov A. Yu., Ilyasov D. F., Mamchits E. G. Developing approaches to priority setting for closing-down of nuclear infrastructure. Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova, 2023, vol. 20, no. 4 (130), pp. 31—43. DOI: 10.21686/2413-2829-2023-4-31-43. (In Russian).
24. Потравный И. М., Новоселов А. Л., Новоселова И. Ю. Сравнительная эффективность проектов развития арктических регионов // Экономика и математ. методы. — Т. 60, № 1. — С. 59—71.
- Potravnny I. M., Novoselov A. L., Novoselova I. Yu. Comparative effectiveness of Arctic region development projects. Economics and Mathematical Methods, vol. 60, no. 1, pp. 59—71. (In Russian).
25. 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.
- Ilyasov D. F., Ivanov A. Yu., Kuznetsova E. O. Methods for Predicting the Costs of Maintaining Nuclear Legacy Facilities in a Safe State. Statistika i Ekonomika, 2023, vol. 20, no. 6, pp. 70—80. (In Russian).
26. Ведерникова М. В., Панченко С. В. и др. Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам: Версия 3 / Под общ. ред. И. И. Линге. — М.: ИБРАЭ РАН, 2022. — 200 с.
- Vedernikova M. V., Panchenko S. V. et al. Scientific and technical textbook on the preparation of supporting materials for decision-making on attributing radioactive waste to non-retrievable. Version 3. Ed. by I. I. Linge. Moscow, IBRAE RAS, 2022, 200 p. (In Russian).

Информация об авторе

Иванов Артем Юрьевич, заведующий отделением информационного обеспечения программ в сфере ядерной и радиационной безопасности, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Россия, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: aivanov@ibrae.ac.ru.

METHOD FOR ASSESSING THE SOCIO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF NUCLEAR AND RADIATION SAFETY TARGETED PROGRAMS

Ivanov, A. Yu.

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

The article was received on June 4, 2024

For citing

Ivanov A. Yu. Method for assessing the socio-economic effectiveness of nuclear and radiation safety targeted programs. Arctic: Ecology and Economy, 2024, vol. 14, no. 3, pp. 417—426. DOI: 10.25283/2223-4594-2024-3-417-426. (In Russian).

Abstract

The article considers approaches and methods for determining and evaluating the economic effectiveness of final stages of the life cycle of nuclear energy facilities, including nuclear legacy sites in the Arctic and on the continental part of Russia, taking into account social and environmental factors. The author proposes a relevant method based on estimates of the damage prevented, the facility disposal costs and related social indicators – the location of the facility with regard to the areas of population residence and specially protected natural sites, the availability of a credible operating organization and accessible open information support. Using the example of seven (7) disposed facilities of different types, the author evaluates economic efficiency in accordance with the proposed approaches, which allow clarifying the assessment of activities on eliminating nuclear legacy in the Arctic and the continental part in terms of their social significance and perception. The economic efficiency assessments obtained on the basis of the proposed method can be used when planning further steps to bring the nuclear legacy sites in the Arctic and continental Russia into an environmentally safe state.

Keywords: *Arctic, radiation safety, environmental safety, nuclear legacy, disposal, economic efficiency, project.*

Information about the author

Ivanov, Artem Yurievich, Head of Department for Information Support of Nuclear and Radiation Safety Programs, Nuclear Safety Institute of the RAS (52, Bolshaya Tulkaya St., Moscow, Russia, 115191), e-mail: aivanov@ibrae.ac.ru.

© Ivanov A. Yu., 2024