

DOI: 10.18721/JEST.240301  
УДК 621.039.58

*А.А. Саркисов, С.В. Антипов, В.П. Билашенко, М.Н. Кобринский*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, г. Москва, Россия

## **СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РЕШЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

Рассмотрены специфика стратегического подхода к решению крупномасштабных многопрофильных проблем, особенности и методология ключевых процедур проектно-ориентированного планирования. Последовательность и конкретизация этапов такого планирования проиллюстрирована на примере разработки стратегического плана решения одной из сложнейших проблем в области радиационной безопасности – Стратегического мастер-плана (СМП) утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обслуживающей инфраструктуры в Северо-Западном регионе России. Дана информация о состоянии этой проблемы к моменту передачи функций государственного заказчика и координатора работ Минатому РФ. Приведены основные результаты разработки и реализации СМП на данный момент. Перечислены направления дальнейшего возможного применения методологии стратегического планирования в области радиационной безопасности.

*Ключевые слова:* комплексные проблемы, стратегическое планирование, мастер-план, структура декомпозиции работ, приоритезация проектов, многофакторный анализ, информационная система управления программой.

*Ссылка при цитировании:*

А.А. Саркисов, С.В. Антипов, В.П. Билашенко, М.Н. Кобринский. Стратегическое планирование и его применение при решении комплексных инженерных и технических проблем // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 3. С. 6–21. DOI: 10.18721/JEST.240301.

*A.A. Sarkisov, S.V. Antipov, V.P. Bilashenko, M.N. Kobrinsky*

Nuclear safety institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAN), Moscow, Russia

## **STRATEGIC PLANNING AND ITS APPLICATION IN SOLVING COMPLEX ENGINEERING AND TECHNICAL PROBLEMS**

We have considered the strategic approach to solving large-scale multidisciplinary problems, the features and methodology of the key procedures of project-oriented planning. The sequence of such planning stages and the specifics of each stage are illustrated by the example of developing a strategic plan to solve one of the most difficult problems in the field of radiation safety, which is the Strategic Master Plan (SMP) for Recycling and Environmental Rehabilitation of decommissioned nuclear fleet and service infrastructure in the North-West region of Russia. We have provided data on the status of this problem for the time when the functions of the state customer and coordinator of work were transferred to the Ministry for Atomic Energy of the Russian Federation. We have presented the main results of the current development and implementation of the SMP, outlining directions for further possible application of the strategic planning methodology in the field of radiation safety.

*Keywords:* complex problems, strategic planning, master plan, work breakdown structure, project prioritization, multivariate analysis, program management information system.

*Citation:*

A.A. Sarkisov, S.V. Antipov, V.P. Bilashenko, M.N. Kobrinsky, Strategic planning and its application in solving complex engineering and technical problems, *St. Petersburg polytechnic university journal of engineering science and technology*, 24(03)(2018) 6–21, DOI: 10.18721/JEST.240301.

## Введение. Особенности стратегического планирования

Разработка и реализация крупномасштабных программ, направленных на решение сложных многопрофильных проблем, требует специального подхода к планированию и управлению. В программе необходимо учитывать многочисленные факторы, влияющие на конечный результат работ, взаимозависимость отдельных элементов программы, синхронизировать усилия всех участников процесса, правильно определять приоритеты и оценивать риски. При этом в течение всего периода реализации разработанного плана необходимо постоянно актуализировать информацию о текущем состоянии работ, пересматривать ранее принятые решения с учетом возникающих отклонений от первоначального плана, добиваясь постоянной направленности программы на достижение конечного результата.

Принципиальная особенность стратегического подхода к планированию состоит в том, что, в отличие от традиционного календарного планирования, которое ведется от текущего состояния на какой-то заданный период времени (месяц, год, пятилетку и т.п.), стратегическое планирование осуществляется не на заданный временной период, а до момента достижения желаемого (целевого) состояния объектов. Это предопределяет необходимость применения проектно-ориентированной методологии управления.

В стандарте проектного управления [1] желаемый конечный результат реализации программы носит название «видение».

В настоящей статье мы рассмотрим ключевые принципы и методы разработки стратегического плана (в дальнейшем также «программы») с применением проектно-ориентированного подхода и проиллюстрируем их на примере разработанного в 2003–2007 гг. стратегического плана решения одной из сложнейших проблем в области радиационной безопасности – Стратегического мастер-плана утилизации и экологической реабилитации

выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обслуживающей инфраструктуры в Северо-Западном регионе России, получившего краткое наименование СМП. При этом в последующих разделах будут чередоваться описание методических вопросов и их применение в ходе разработки СМП.

Процесс стратегического планирования начинается с формулировки требуемого конечного результата реализации программы – «видения». К этой формулировке предъявляются определённые требования.

Обычно «видение» имеет форму словесного описания той картины, которая должна возникнуть при завершении программы. Это описание должно быть «измеримым», т.е. должно содержать однозначно понимаемый критерий завершенности работ, выраженный либо в виде набора значений ключевых параметров состояния объекта (объектов) воздействия, либо утверждение о соответствии этого состояния каким-либо требованиям установленных правил и нормативов.

Второе требование к формулировке «видения» – его достижимость. Иными словами, необходимо обосновать возможность либо осуществления мероприятий, которые должны привести к достижению «видения» за счет реализации известных процессов, либо разработки и реализации таких процессов при соблюдении известных ограничений (например, требований безопасности). Иногда такое обоснование требует проведения предварительных исследований – технико-экономического обоснования.

Сложная стратегическая программа может включать множество объектов воздействия, разнородных по характеристикам. Соответственно, «видение» в таком случае будет достигаться тогда, когда каждый входящий в программу объект (группа однородных объектов) достигнет требуемого конечного состояния (стратегической цели). К определению этих конечных состояний предъявляются те же требования, что и к «видению»: измеримость и достижимость.

Характеристики исходного состояния каждого объекта и стратегическая конечная цель для него определяют начальную и конечную точки траектории движения, но не саму эту траекторию. Достичь поставленной конечной цели можно разными способами. Задачей планирования в этой ситуации является выбор наилучшего по каким-то критериям варианта («опционирование»). Распространенными в практике проектного планирования методами опционирования являются минимизация затрат (при ограниченном времени реализации) или минимизация длительности реализации (при ограниченном бюджете). Существуют и другие подходы.

Совокупность выбранных для реализации траекторий образуют интегральную стратегию реализации программы. Дальнейшие этапы разработки стратегического плана предполагают последовательную детализацию стратегий на всё более подробные планы работ, в которых описываются как собственно мероприятия, так и необходимые для их выполнения финансовые, материальные, производственные и другие ресурсы. Эта логика наглядно иллюстрируется диаграммой (рис. 1), которую часто называют «стратегической пирамидой».

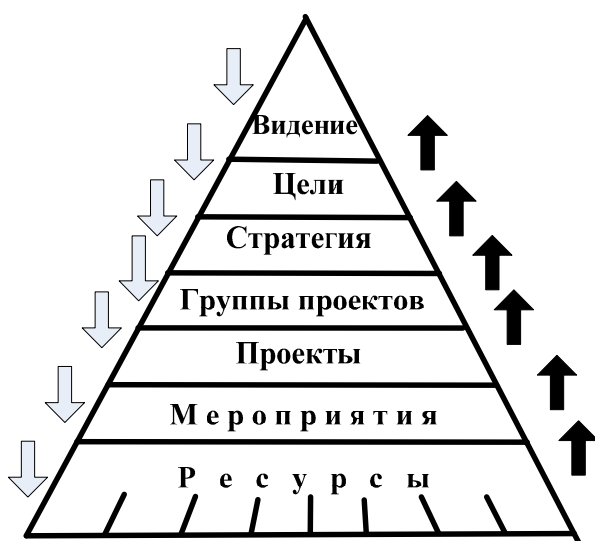


Рис. 1. «Стратегическая пирамида»  
Fig. 1. «Strategic pyramid»

Прежде чем проиллюстрировать указанные выше принципы вертикального планирования на примере разработки СМП, остановимся на краткой характеристике проблемы, для решения которой он был разработан.

### «Ядерное наследие» на Северо-Западе России. Предпосылки к разработке СМП

В период гонки вооружений в СССР был создан самый многочисленный атомный флот в мире, основу которого составляли атомные подводные лодки (АПЛ). Ввод в эксплуатацию АПЛ осуществлялся чрезвычайно высокими темпами, достигавшими 10–12 кораблей в год. Соответственно и вывод АПЛ из боевого состава после исчерпания ресурса также происходил лавинообразно — до 29 кораблей в пиковом 1990 году. Имевшаяся производственная инфраструктура утилизации оказалась неподготовленной к таким темпам, что привело к накоплению в пунктах отстоя АПЛ и многоотсечных блоков (в том числе с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) в реакторах), хранившихся на плаву. Значительное количество ОЯТ находилось также в хранилищах на бывших береговых технических базах ВМФ, преобразованных в пункты временного хранения (ПВХ) ОЯТ и радиоактивных отходов (РАО). Это создавало повышенные угрозы масштабного радиоактивного загрязнения акваторий и прибрежных территорий в случае аварии на радиационно опасных объектах.

После передачи в 1998 г. Минатому РФ (ныне ГК «Росатом») функций Государственного заказчика и координатора работ по утилизации АПЛ, выведенных из боевого состава флота, масштаб проблемы в Северо-Западном регионе России характеризовался такими цифрами:

не утилизированы 79 АПЛ из 105 выведенных из боевого состава ВМФ;

все АПЛ и 26 многоотсечных блоков содержались на плаву;

в реакторах 76 содержащихся на плаву объектов и в хранилищах ПВХ находилось ОЯТ суммарной активностью около 600 ТБк.

В 2001 году Минатомом РФ при участии других ведомств и организаций была разработана и утверждена Концепция комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками (НК с ЯЭУ) [2]. Руководство Минатома и иностранные партнеры, готовые вкладывать свои средства в решение радиоэкологических проблем на Северо-Западе России, хотели видеть всю картину в целом: сложившуюся реальную ситуацию на объектах, различные возможные подходы к решению проблемы, узкие места и трудности в ее решении, четко сформулированные и обоснованные цели и приоритеты, стратегию достижения этих целей по всем объектам, технические, финансовые и организационные возможности самой России в решении этой проблемы. Выделение и эффективное использование ресурсов представлялось невозможным без единой комплексной программы, обеспечивающей достижение научно обоснованных конечных целей. Разработка такой программы, получившей название Стратегического мастер-плана, осуществлялась по заданию Минатома и обеспечивалась финансированием за счет гранта созданного в 2001 году Фонда «Экологическое партнерство Северного измерения» (ЭПСИ).

### **Начальный этап разработки СМП.**

#### **Анализ исходных данных, классификация объектов, формулировка стратегических целей**

Основными задачами сбора и критического анализа исходных данных о состоянии объектов утилизации и реабилитации, создаваемых ими угрозах, а также технологиях и производственных ресурсах обращения с этими объектами были [3–5]:

составление структурированного перечня и классификация объектов, которые должны стать предметом рассмотрения в СМП;

обоснование критериев и проведение ранжирования объектов по степени создаваемых ими радиологических угроз;

выявление пробелов и неопределенностей в исходной информации, идентификация «узких мест» во всех областях, касающихся комплексной утилизации и реабилитации объектов СМП.

В результате все рассматриваемые в СМП объекты были разбиты на три категории.

*К первой категории* отнесены все выведенные из состава ВМФ плавучие и береговые объекты, представленные тремя подгруппами:

АПЛ, реакторные блоки (РБ) и надводные атомные корабли;

суда атомного технологического обслуживания (САТО);

ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева (ПВХА) и пос. Гремиха (ПВХГ).

*Вторую категорию* составили объекты производственной и транспортной инфраструктуры, которые должны быть использованы, созданы или реконструированы в процессе реализации СМП: судоремонтные предприятия, накопительные площадки и комплексы обращения с ОЯТ и РАО, средства упаковки и транспортировки, системы контроля радиационной обстановки и физической защиты.

*В третью категорию* были выделены документы, которыми определяются нормативно-правовые ограничения при разработке СМП.

«Видение» СМП было сформулировано следующим образом:

*«На Северо-Западе России ликвидированы угрозы от выведенных из состава ВМФ ядерных и радиационно опасных объектов и обеспечивавшей инфраструктуры, воздействие от которых на персонал, население и окружающую среду могут превышать действующие в России нормативы. При этом на ПВХ ОЯТ и РАО проведена реабилитация до уровня, не приносящего вреда здоровью человека и окружающей среде при предполагаемом будущем землепользовании».*

Очевидно, что данная формулировка удовлетворяет требованию измеримости. Проведенный анализ исходных данных показал, что для обоснования достижимости «видения» необходимо было провести ряд специальных стратегических исследований, которые выполнены в ходе дальнейшей разработки СМП.

Разработанная классификация объектов СМП позволила сформулировать частные стратегические цели для всех типов объектов. Примеры этих формулировок:

<i>Объект</i>	<i>Конечные цели</i>
АПЛ и РБ .....	Утилизация (выгрузка ОЯТ и разделка на металлолом) АПЛ до состояния специально подготовленных к длительному (70–100 лет) хранению реакторных отсеков (РО) и размещение их на специально создаваемой площадке в пункте длительного хранения ПДХ РО «Сайда».
Суда АТО .....	Утилизация (разделка на металлолом) судов АТО с созданием блоков хранения (БХ) и их размещением на ПДХ РО «Сайда».
ПВХГ и ПВХА ..	Вывоз из обеих ПВХ всего ОЯТ и РАО, очистка акваторий и реабилитация территорий ПВХ до состояния «коричневая лужайка», допускающего использование территории в промышленных целях в соответствии с рекомендациями, выработанными на основе результатов стратегического исследования СИ-1.
ОЯТ .....	Вывоз всего выгруженного перерабатываемого ОЯТ на ФГУП «ПО Маяк». Размещение неперерабатываемого ОЯТ на долгосрочное контролируемое хранение в специально создаваемом хранилище.
РАО .....	Ввод в эксплуатацию регионального центра кондиционирования и долговременного хранения РАО (РЦКХ) в гб. Сайда.

Совокупность выбранных стратегий достижения частных стратегических целей образует интегральную стратегию программы, которую иногда называют «дорожной картой». Дорожная карта СМП показана на рис. 2.

Ранжирование объектов первой категории по уровню создаваемых ими радиационных угроз проводилось четырьмя независимыми методами:

по математическому ожиданию величины совокупного ущерба от наиболее значимых аварийных событий на объекте;

по совокупному риску (ожидаемое число смертей на 1 млн человек) от наиболее значимых аварийных событий без учета вероятности их наступления;

по интегральному радиационному потенциалу объектов;

на основании экспертных оценок.

Полученные по всем четырем методам результаты хорошо согласуются друг с другом: наиболее опасными были признаны ПВХ ОЯТ и РАО, а не хранящиеся на плаву объекты (как предполагалось в концептуальных документах Минатома РФ). Этот нетривиальный результат дал основание для корректировки приоритетов СМП и соответствующих рекомендаций по перераспределению финансирования.

**Продолжение процесса вертикального планирования: структура декомпозиции работ, приоритезация, календарное планирование и оценка рисков**

В соответствии с диаграммой рис. 1 дальнейшие шаги по разработке стратегической программы заключаются в последовательной детализации содержания работ, необходимых для реализации интегральной стратегии рис. 2. Иными словами, проводится составление детального структурированного перечня мероприятий, обеспечивающих достижение обоснованной конечной цели для каждого объекта (группы объектов).



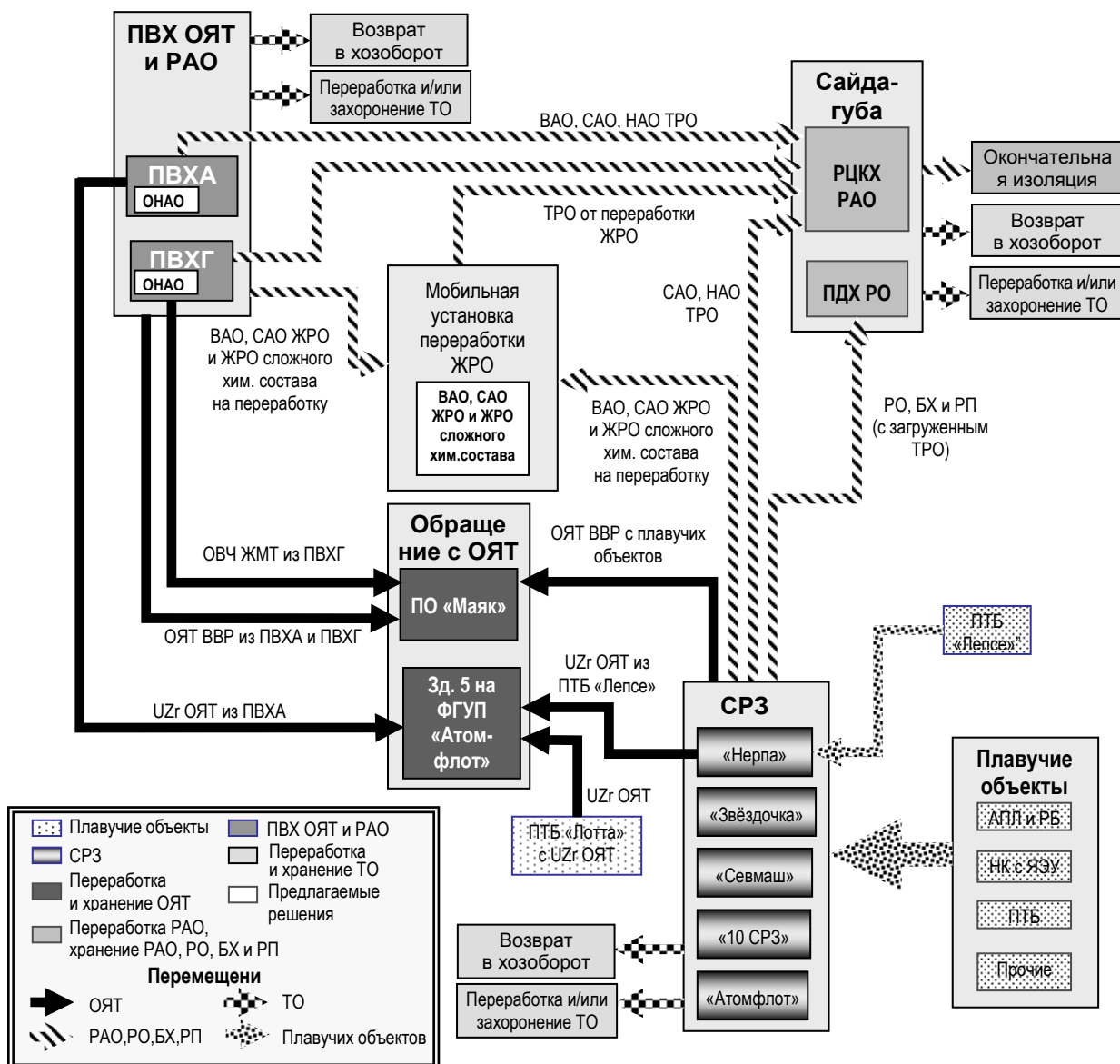


Рис. 2. Интегральная стратегия (дорожная карта) СМП  
Fig. 2. Integrated strategy (roadmap) SMP

Такой перечень известен как структура декомпозиции работ (СДР), являющаяся ядром любого проекта или программы. Каждый элемент СДР нижнего уровня детализирует содержание какой-либо части объема работ «родительского» элемента более высокого уровня, так что СДР имеет структуру дерева. В дальнейшем мы будем называть элементы самого нижнего уровня СДР «проектами».

Один и тот же объем работ любого элемента может быть разложен на дочерние элементы нижележащего уровня разными способами. Но любой способ разложения должен отвечать следующим требованиям:

любой элемент СДР должен быть измеримым, т. е. необходимо точно определить начальное и конечное состояния того объекта (объектов), с которым проводятся работы, до начала этих работ и после их завершения;

по крайней мере один из дочерних элементов СДР должен иметь начальное (конечное) состояние объекта, совпадающее с начальным (конечным) состоянием этого объекта в родительском элементе;

все дочерние элементы СДР должны быть идентифицированы на каждом шаге разложения родительского элемента на основе одного и того же структурообразующего признака.

Поясним последнее требование на простом условном примере элемента СДР, описывающего работы по созданию комплекса по обращению с РАО.

Разложим этот элемент СДР на дочерние элементы на основе структурообразующего признака «продукт». В этом случае дочерние элементы идентифицируются по продуктам, которые будут получены в результате их выполнения. Получим четыре дочерних элемента: здания; оборудование; персонал; документация.

На следующем уровне разложения применим структурообразующий признак «функции». Идентифицируя дочерние элементы по функциональному характеру работ, для первого элемента «здания» получим 3 дочерних элемента: проектирование; получение разрешительной документации; строительно-монтажные работы.

Теперь поступим по-другому: на первом шаге разложения применим функциональный признак, на следующем – продуктовый. На первом шаге получим также 4 дочерних элемента: конкурсы, закупки, контракты; проектирование зданий и оборудования; строительно-монтажные работы и пуско-наладка; обучение и аттестация персонала.

Разложение третьего дочернего элемента «строительно-монтажные работы и пуско-наладка» по продуктовому признаку даст три дочерних элемента: участок приема; участок кондиционирования и упаковки; хранилище.

Точное следование всем требованиям построения СДР минимизирует вероятность

образования «пробелов» и «дублирования» в описании полного объема работ программы.

На практике может применяться любой алгоритм разложения элементов СДР на дочерние. Однако на каждом шаге разложения рекомендуется обращать внимание на уровень селективности выбранного для этого шага структурообразующего признака. Желательно выбирать признак так, чтобы объемы работ во всех идентифицированных дочерних элементах были по возможности близкими по величинам трудозатрат, стоимости, объему потребляемых ресурсов и т. п. Если разница в значениях этих величин очень большая, лучше выбрать другой структурообразующий признак.

Точное определение начального и конечного состояния каждого элемента СДР позволяет установить логические связи «предшественник – последователь» между отдельными элементами СДР самого нижнего уровня – проектами. Такие связи в большинстве случаев обусловлены технологией выполнения работ, но это не обязательно. В простейшем случае связь имеет вид «конец – начало», когда работы по проекту-последователю начинаются после завершения работ по проекту-предшественнику. Возможны и другие виды связей, например «начало – начало», когда проекты предшественник и последователь могут выполняться параллельно и начинаться либо одновременно, либо с определённым временным лагом. При этом логика связи устанавливает, что последователь может быть начат не раньше, чем начат предшественник (с учетом лага). Такую ситуацию следует отличать от случая, когда несколько проектов могут начинаться одновременно, но не связаны между собой логически, а просто имеют общего предшественника.

Следует иметь в виду, что логика «предшественник – последователь» может связывать между собой проекты, находящиеся

в разных, порой весьма «удаленных» друг от друга ветвях дерева СДР. Правильное определение логики межпроектных связей имеет решающее значение при составлении календарного плана; ошибки в логике могут привести к утрате синхронизации работ или неоправданным затратам из-за простоя ресурсов. Для минимизации возможности таких ошибок рекомендуется снабжать каждый элемент СДР паспортом, в котором указываются начальное и конечное состояние, оценки длительности и стоимости, а для проектов – также предшественники, последователи и используемые ресурсы.

В правильно построенной СДР не должно быть ни одного «изолированного», т. е. не имеющего ни предшественников, ни последователей, проекта.

Необходимый уровень детализации СДР (то есть количество уровней дерева) определяется в основном потребностями управляющей структуры. На уровне стратегического управления нет необходимости в высокой степени детализации объема работ по проекту: такая детализация может осуществляться в ходе реализации проектов исполнителем работ с целью оперативного управления.

Каждому элементу СДР присваивается уникальный структурный код. При этом код родительского элемента входит в качестве префикса в коды всех дочерних элементов. Это облегчает поиск ветви дерева, к которой принадлежит нужный проект.

В условиях ограниченного объема различных ресурсов, необходимых для выполнения работ, возникает проблема ранжирования проектов, подготовленных к реализации в достаточной степени, для постановки вопроса об очередности финансового и производственного обеспечения работ, т. е. о приоритизации проектов. При составлении календарного плана и бюджета программы наиболее ранние сроки выполнения и преимущественное финансирование будут определены

для проектов с наивысшими приоритетами. При этом очередность выполнения проектов, выстроенная в порядке убывания приоритетов, не должна противоречить логике межпроектных связей: проект, получивший наивысший приоритет «передает» его всем своим предшественникам.

Критерии расстановки приоритетов существенно зависят как от целей программы, так и от характеристик объектов воздействия. В следующем разделе мы рассмотрим в качестве иллюстрации метод приоритизации, примененный при разработке СМП. Там же будет описана процедура идентификации и оценки рисков, разработанная специально для СМП.

Использование разработанной СДР с идентификацией логических связей между проектами, оценки длительности и стоимости выполнения работ, ранжирование проектов по уровню приоритетности и стандартные методы календарного планирования позволяют построить техническую базовую линию программы – перечень всех логически взаимосвязанных мероприятий, реализация которых обеспечивает достижение «взгляда» с оценкой возможных сроков и стоимости их выполнения.

#### **Завершение разработки СМП. Построение СДР, приоритизация, техническая базовая линия, оценка рисков**

Программа работ, обеспечивающая достижение «взгляда» СМП, получила в ходе разработки название Программы комплексной утилизации (ПКУ); далее мы будем придерживаться этого обозначения.

На первом шаге построения СДР ПКУ в качестве структурообразующего признака использована категория объекта утилизации, идентифицированная при анализе исходных данных на первом этапе разработки СМП. Это позволило определить 12 элементов второго уровня СДР – подпрограмм (рис. 3).





Рис. 3. Структура двух уровней СДР ПКУ  
 Fig. 3. The structure of the two levels of SDR PKU

Дальнейшая детализация СДР ПКУ осуществлялась до глубины, обеспечивающей возможность управления реализацией программы на стратегическом уровне. На стадии разработки СМП было признано достаточным иметь не более пяти уровней СДР (считая ПКУ за первый уровень). В ходе реализации мероприятий ПКУ в отдельных случаях потребовалась более глубокая детализация, появились проекты шестого и седьмого уровней. Необходимость такой детализации обуславливалась не столько высокой сложностью выполняемых работ, сколько стратегией проведения конкурсов и заключения контрактов с исполнителями работ. Непременным условием при этом считалось соблюдение требования «один проект – один контракт». Иными словами, недопустимо выполнять работы по одному проекту ПКУ в рамках двух контрактов – это приводит к размыванию ответственности исполнителей за соблюдение сроков и качество работ. Обратная ситуация при этом возможна и часто имеет место: в рамках одного контракта могут полностью выполняться несколько проектов ПКУ.

На момент завершения разработки ПКУ в СДР было идентифицировано свыше 230 элементов проектов; в настоящее время это количество возросло примерно до 750 проектов (включая уже выполненные).

Ранжирование объектов утилизации и реабилитации, проведенное на первом этапе разработки СМП на основании оценок их опасности, является важнейшей частью исходной информации для приоритизации проектов ПКУ, но не исчерпывает её. Напомним, что ранжирование объектов проводилось четырьмя разными методами, которые дали согласованные результаты. Для приоритизации *проектов* фактор безопасности – важнейший, но не единственный. При ранжировании проектов по совокупности разнородных по своей природе факторов необходимо обращаться к методам экспертных оценок.

Для приоритизации проектов в ПКУ был адаптирован метод, разработанный Агентством по выводу из эксплуатации ядерных объектов (АВЭЯО) Великобритании. Он основан на превращении всех факторов, влияющих на выработку решения, в исчисляемые величины. Базовую структуру основных критериев приоритизации иллюстрирует рис. 3. Каждому критерию соответствует один или несколько факторов, для которых вырабатываются численные оценки.

Эта методика ранжирования и приоритизации была использована для всех проектов в рамках ПКУ и обладает следующими преимуществами:

метод известен и признан в мире;



Рис. 4. Базовые критерии приоритизации в СМП  
Fig. 4. Basic criteria for prioritization in the SMP

метод апробирован при утилизации ядерно-опасных объектов;

метод учитывает мнение всех основных участников реализации ПКУ.

При адаптации метода АВЭЯО применительно к ПКУ эксперты определили восемь базовых критериев ранжирования, которые показаны на рис. 4.

Число в каждом внешнем круге на рис. 4 является средним весом фактора для соответствующего критерия. Веса нормированы так, что сумма весов всех 28 факторов по всем критериям равна 1.

Процедура приоритизации состояла из нескольких этапов.

Сначала каждый эксперт должен был назначить численные значения весам  $W_i$  для групп факторов, используемых в рассмотрении, из предлагаемого диапазона. Значение 0 свидетельствует о пренебрежимо малом (по мнению эксперта) влиянию данной группы факторов на рассматриваемые проблемы, максимальному весу соответствует максимальное влияние. При этом путем статистической обработки данных проверяется согла-

сованность оценок весов факторов и при необходимости проводится сближение этих оценок по известному методу Дельфи. Для получения итоговых оценок значимости проектов применяются усредненные по всем экспертам веса факторов.

После определения весов групп факторов каждый эксперт должен был для каждого  $j$ -го проекта назначить оценку  $^j d_k^m$  по фактору  $m$ , входящему в критерий  $k$ . Оценки выставляются по 5-балльной системе,  $^j d_k^m \in \{0-4\}$ . Оценке 0 соответствует отсутствие влияния данного проекта на фактор, при оценке 4 значимость данного проекта по фактору максимальна. Усредненная по всем экспертам оценка определяется как

$$\overline{^j d_k^m} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (^j d_k^m)_i,$$

где  $N$  – число экспертов, а  $(^j d_k^m)_i$  – оценка  $i$ -го эксперта.

Значимость (приоритетность) проекта  $j$  характеризуется показателем  $P_j$ , определяемым по формуле

$$P_j = \frac{\sum_{l=1}^{L1} \overline{W_1^l} \overline{^j d_1^l} + \sum_{l=1}^{L2} \overline{W_2^l} \overline{^j d_2^l} + \sum_{l=1}^{L3} \overline{W_3^l} \overline{^j d_3^l} + \dots}{d_{\max} (L1 W_1^{\max} + L2 W_1^{\max} + L3 W_1^{\max} + \dots)},$$

где  $Lk$  – количество факторов по критерию  $k$ ;  $\overline{W_k^l}$  – усредненный по всем экспертам вес фактора  $l$  критерия  $k$ ;  $W_k^{\max}$  – максимально возможный вес любого фактора в критерии  $k$ .

Для определения степени расхождения экспертных мнений для каждого проекта  $j$  и эксперта  $i$  определяется индивидуальная оценка показателя приоритетности проекта –  $P_j^i$ :

$$P_j^i = \frac{\sum_{l=1}^{L1} W_{1i}^l \overline{^j d_1^l} + \sum_{l=1}^{L2} W_{2i}^l \overline{^j d_2^l} + \sum_{l=1}^{L3} W_{3i}^l \overline{^j d_3^l} + \dots}{d_{\max} (L1 W_1^{\max} + L2 W_2^{\max} + L3 W_3^{\max} + \dots)}.$$

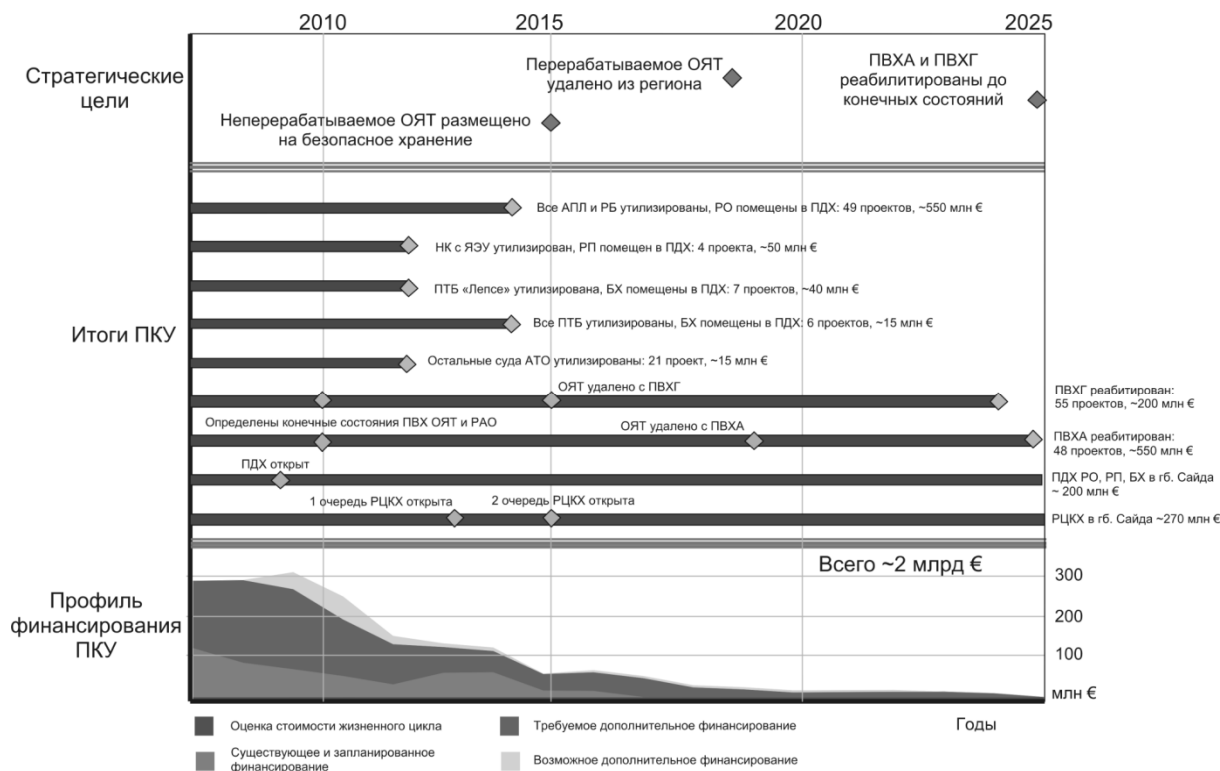


Рис. 5. Техническая базовая линия – обобщенные результаты разработки СМП  
 Fig. 5. Technical baseline – summarized results of the development of SMP

Затем определяются среднее значение и стандартное отклонение показателей  $P_j^i$ :

$$\bar{P}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_j^i;$$

$$s(\bar{P}_j) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_j^i - \bar{P}_j)^2}{N(N-1)}}.$$

Если  $s(\bar{P}_j) \leq 0,125\bar{P}_j$ , то дальнейшего проведения опроса экспертов по данному проекту не требуется. В противном случае повторно опрашиваются те эксперты, оценки которых наиболее удалены от среднего значения, с целью обосновать данные ими оценки или изменить их. Всего предусматривалось до трех итераций сближения оценок.

На завершающей стадии разработки СМП (август 2007 г.) в процедуру приоритезации было включено 123 проекта ПКУ из общего числа идентифицированных на тот момент. Из

процедуры были исключены те проекты, которые уже выполнялись на момент начала приоритезации и имели плановый срок завершения в пределах 2008 года. Кроме того, как уже отмечалось, отбор проектов для приоритезации не должен нарушать установленных связей «предшественник – последователь».

Таким образом была построена техническая базовая линия ПКУ – перечень всех логически взаимосвязанных мероприятий ПКУ, реализация которых обеспечивает достижение «видения», с оценкой возможных сроков и стоимости их выполнения (рис. 5). Общее требуемое финансирование ПКУ по оценке СМП достигало ~2 млрд €, а примерные сроки завершения ключевых этапов ПКУ при условии выделения необходимых ресурсов находились в диапазоне 2012–2025 гг. При отсутствии достаточных ресурсов сроки реализации мероприятий Программы могут значительно сдвигаться в будущее.

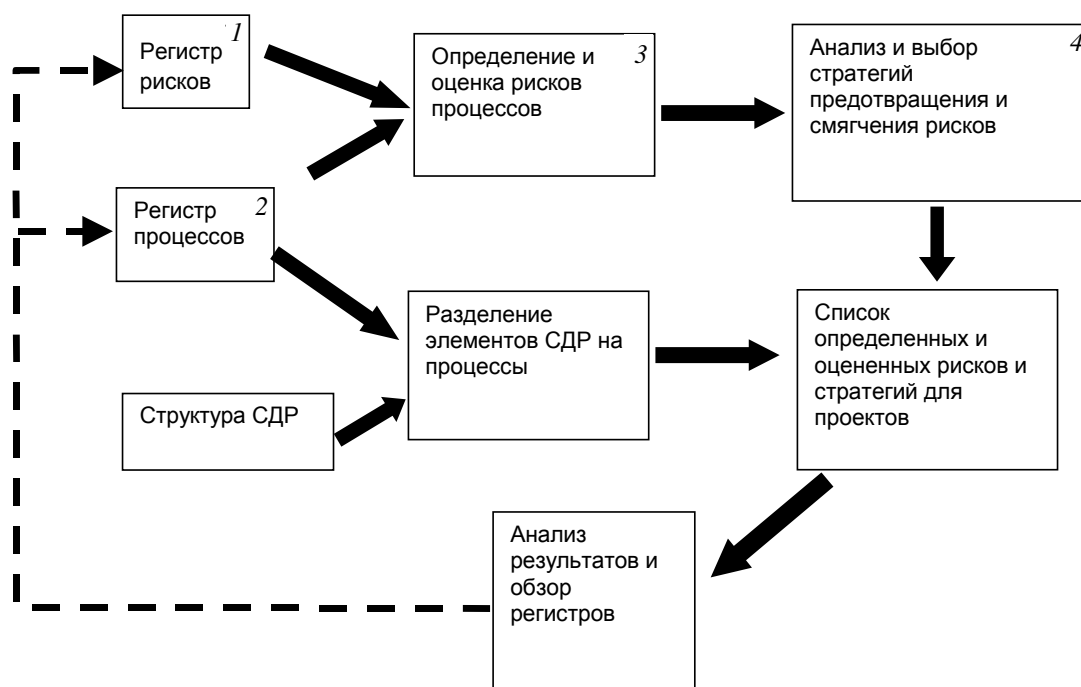


Рис. 6. Метод оценки рисков, основанный на анализе процессов  
 Fig. 6. Method of risk assessment based on process analysis

Реализация стратегической программы ставит задачи управления рисками в большом интегрированном комплексе проектов. Событие риска может произойти в рамках одного проекта, и благодаря смягчению риска может быть получена ценная информация для усовершенствования планов управления рисками. Однако при реализации большой программы эта информация может быть локализована в рамках одного проекта (или небольшой группы связанных проектов, объединенных общими исполнителями), что приведет к снижению эффективности управления рисками в рамках целой программы. Существует вероятность того, что действия, предпринятые для управления риском в одном проекте, могут благоприятно или неблагоприятно воздействовать на риски в другом проекте, поэтому в ходе реализации программы необходима интеграция управления рисками.

Для решения тех уникальных задач, которые ставятся в рамках комплексных программ, подобных ПКУ, для управления рисками был

разработан подход, основанный на анализе рисков для всех типов процессов, характерных для проектов комплексной утилизации (рис. 6). Подобный подход рекомендован стандартами ИСО 9000 для разработки систем управления качеством.

Несмотря на то, что такая комплексная программа, как ПКУ, включает в себя большое число проектов, в этих проектах есть одинаковые или сходные базовые процессы. Поэтому выбранные стратегии предотвращения и смягчения рисков также будут в общих чертах сходны и совместимы.

Это сходство используется в предложенном подходе при разработке типичных стратегий управления рисками для процессов. Если событие, являющееся риском, произошло в одном из проектов и было проанализировано с точки зрения базового процесса, то такой анализ даст информацию, которая может использоваться во всех проектах, включающих данный процесс. Соответственно, вместо многократного повторного анализа

одного и того же процесса в рамках целой программы возможно более простое рассмотрение процесса с целью определить, как его влияние на проект или отдельные части проекта сказывается на общем понимании риска и стратегий управления рисками. Тем самым существенно упрощается и унифицируется подход к управлению рисками.

Детальную информацию о методиках, результатах исследований и процедурах, применявшихся при разработке СМП можно найти в [6, 7].

### **Информационная система управления программой (ИСУП)**

Как отмечалось во введении, в течение всего периода реализации разработанного плана необходимо постоянно актуализировать текущее состояние работ, пересматривать ранее принятые решения с учетом возникающих отклонений от первоначального плана, добиваясь постоянной направленности программы на достижение «взгляда». Ценность СМП как руководящего документа стратегического уровня критическим образом зависит от полноты, достоверности и целостности информации, на основе которой корректируется план и обеспечивается его реализация. Для решения этой задачи в качестве составной части СМП была разработана информационная система управления программой (ИСУП).

ИСУП представляет собой программно-аппаратный комплекс, в основе которого лежит реляционная база данных (БД) сложной структуры, обеспечивающей интеграцию всей информации, важной для управления реализацией ПКУ, и представление этой информации в удобной для пользователя визуальной, текстовой или числовой форме.

Главной интегрирующей таблицей БД ИСУП является справочник СДР.

БД ИСУП включает также базу календарных планов под управлением Microsoft Project Server. Широкое использование аппарата

межпроектных ссылок в календарных планах позволяет в компактной форме и без потери детальной информации о логике выполнения работ представлять в компактной графической форме информацию о состоянии произвольно организованного набора проектов.

Варьирование сроков выполнения отдельных проектов без потери логических межпроектных связей позволяет использовать ИСУП в качестве имитационной модели для анализа последствий принятия различных организационных решений. Некоторые примеры практического применения ИСУП как инструмента информационно-аналитической поддержки реализации ПКУ приведены в [8].

### **Некоторые результаты реализации СМП**

Появление самых первых (предварительных) результатов разработки СМП, начавшейся в 2003 году, стимулировало резкий рост – примерно в 2 раза – финансирования Программы комплексной утилизации (ПКУ) со стороны иностранных доноров.

Стратегический мастер-план был одобрен Ядерным операционным комитетом Фонда ЭПСИ, утвержден ассамблеей доноров Фонда, а также введен в действие в качестве руководящего документа Приказом руководителя Федерального агентства по атомной энергии Российской Федерации №686 от 26.12.2007 г.

Наиболее значимые результаты реализации СМП получены в области утилизации АПЛ.

По состоянию на 30.06.2018 из 123 АПЛ, выведенных из состава Северного флота, 120 утилизированы, ОЯТ из них выгружено и вывезено из региона. Из 3 неутилизованных АПЛ одна затонула при транспортировке к месту утилизации, а две других выведены из состава ВМФ лишь в 2015 году и не входили в первоначальный перечень объектов утилизации.

В 2006 году завершена строительством и сдача в эксплуатацию площадка долговременного хранения РО (ПДХ РО) в Сайда-губе. В настоящее время на ней установлены 108 реакторных



отсеков. При сохранении текущего уровня финансирования программы все РО будут сформированы и размещены в ПДХ РО к 2020 г.

Четыре из 13 судов АТО утилизированы, сформированные блоки хранения установлены в ПДХ РО.

В начале 2017 года сдана в эксплуатацию инфраструктура обращения с ОЯТ в ПВХА, и к ноябрю 2017 года 691 отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) извлечены из хранилища, загружены в 13 транспортных контейнеров и вывезены на переработку. Еще свыше 2000 ОТВС извлечены из хранилища в первой половине 2018 года и ожидают вывоза на переработку.

В 2009 г. из ПВХГ вывезено и переработано всё кондиционное ОЯТ водо-водяных реакторов АПЛ первого поколения (532 ОТВС), а в 2011–2012 гг. – все дефектное ОЯТ этих реакторов. Три активные зоны (АЗ) реакторов с жидкометаллическим теплоносителем разобраны, и высокообогащенное ОЯТ вывезено на переработку на ПО «Маяк». В 2018 году будут разобраны и вывезены на ПО «Маяк» еще 2 таких АЗ, а остальные АЗ этого типа могут быть разобраны в срок до 2020 г.

В Сайда-губе построен и введен в эксплуатацию Региональный центр кондиционирования и долговременного хранения твердых радиоактивных отходов, предназначенный для приема всех РАО, хранящихся в ПВХ и образующихся в процессах утилизации и реабили-

тации объектов ПКУ. Для перевозки больших объемов ОЯТ и РАО построено и передано в эксплуатацию ФГУП «Атомфлот» специализированное судно «Россита».

### Заключение

Рассмотренная выше и использованная при разработке СМП методология получила признание как эффективный инструмент стратегического планирования для решения крупномасштабных проблем, в частности в области радиационной безопасности.

Впоследствии такой подход был применен специалистами ИБРАЭ РАН для расширения СМП на задачи комплексной утилизации в Дальневосточном регионе России [9], разработку вариантов стратегий вывода из эксплуатации и реабилитации объектов ОАО «ТВЭЛ» [10], а также стратегических планов повышения радиационной безопасности объектов РАН, решения проблемы Теченского каскада водоемов, научных исследований по обоснованию создания подземной лаборатории в Нижнеканском массиве [11, 12].

Методология и результаты разработки и реализации СМП стали основной частью комплекса работ «Разработка научно-технических основ и информационно-аналитическое обеспечение ликвидации ядерного наследия на Северо-западе России», удостоенного Премии Правительства РФ в области науки и техники за 2013 год.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Sixth Edition / Project Management Institute, 2017. 573 p.
2. Концепция комплексной утилизации АПЛ / Минатом РФ, 2001 г.
3. Стратегический мастер-план утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов флота на Северо-Западе России: Итоговый отчет по 1-й фазе / М., РНЦ КИ-ИБРАЭ РАН-НИКИЭТ. 2003.
4. Богатов С.А., Высоцкий В.Л., Саркисов А.А. [и др.]. Анализ рисков радиоактивного загрязнения окружающей среды, обусловленного выведенными из эксплуатации объектами атомного флота на Северо-Западе России // Атомная энергия. 2006. Т. 101, вып. 1. С. 23–34.
5. Антипов С.В., Ахунов В.Д., Высоцкий В.Л. [и др.]. Обоснование приоритетов при комплексной утилизации и экологической реабилитации объектов атомного флота // Атомная энергия. 2006. Т. 101, вып. 1. С. 11–17.

6. Саркисов А.А., Богатов С.А., Высоцкий В.Л., Кобринский М.Н., Мартыненко С.В. Применение современных методов планирования в ходе разработки и реализации Стратегического мастер-плана комплексной утилизации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота на Северо-Западе России // Известия РАН. Энергетика. 2009. № 6. С. 23

7. Антипов С.В., Арутюнян Р.В., Ахунов В.Д. [и др.]. Стратегические подходы к решению экологических проблем, связанных с выведенными из эксплуатации объектами атомного флота на Северо-Западе России. М.: Наука, 2010. 346 с.

8. Антипов С.В., Кобринский М.Н., Шведов П.А. Использование ИСУП СМП для принятия управленческих решений в работах по комплексной утилизации АПЛ // Известия РАН. Энергетика. 2013. № 2. С. 53–58.

9. Кобринский М.Н., Мартыненко С.В., Шведов П.А. Распространение технологии ИСУП на информа-

ционно-аналитическое сопровождение процессов комплексной утилизации в Дальневосточном регионе России // Известия РАН. Энергетика. 2013. № 2. С. 104–111.

10. Антипов С.В., Свиаренко С.Н., Высоцкий В.Л., Сотников В.А., Хохлов И.Н. Методология стратегического планирования и разработки стратегии вывода из эксплуатации «ядерного наследия» топливной компании «ТВЭЛ» // Известия РАН. Энергетика. 2013. № 2. С. 112–120.

11. Дорофеев А.Н., Большов Л.А., Линге И.И., Уткин С.С., Савельева Е.А. Стратегический мастер-план исследований в обоснование безопасности сооружения, эксплуатации и закрытия пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные расходы. 2017. № 1. С. 33–42.

12. Крюков О.В. Краткий комментарий к утверждению «Стратегии создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 16–17.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**САРКИСОВ Ашот Аракелович** — доктор технических наук советник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» Российской академии наук

E-mail: sarkisov@ibrae.ac.ru

**АНТИПОВ Сергей Викторович** — доктор технических наук заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» Российской академии наук

E-mail: santipov@ibrae.ac.ru

**БИЛАШЕНКО Вячеслав Петрович** — кандидат технических наук старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» Российской академии наук

E-mail: kashtano@yandex.ru

**КОБРИНСКИЙ Михаил Натанович** — доктор физико-математических наук заместитель заведующего отделом Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» Российской академии наук

E-mail: mnk@ibrae.ac.ru

Дата поступления статьи в редакцию: 08.10.2018

#### REFERENCES

[1] A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Sixth Edition. Project Management Institute, 2017. 573 p.

[2] Kontseptsiya kompleksnoy utilizatsii APL, Minatom RF, 2001 g. (rus.)

[3] Strategicheskii master-plan utilizatsii i ekologicheskoy reabilitatsii vyvedennykh iz ekspluatatsii

obyektov flota na Severo-Zapade Rossii: Itogovyy otchet po 1-y faze / M., RNTs KI-IBRAE RAN-NIKIET, 2003. (rus.)

[4] Bogatov S.A., Vysotskiy V.L., Sarkisov A.A. [i dr.]. Analiz riskov radioaktivnogo zagryazneniya okruzhayushchey sredy, obuslovlennogo vyvedennymi iz ekspluatatsii obyektami atomnogo flota na Severo-

Zapade Rossii. *Atomnaya energiya*. 2006. T. 101, vyp. 1. S. 23–34. (rus.)

[5] **Antipov S.V., Akhunov V.D., Vysotskiy V.L. [i dr.]**. Obosnovaniye prioritetov pri kompleksnoy utilizatsii i ekologicheskoy reabilitatsii obyektov atomnogo flota. *Atomnaya energiya*. 2006. T. 101, vyp. 1. S. 11–17. (rus.)

[6] **Sarkisov A.A., Bogatov S.A., Vysotskiy V.L., Kobrinskiy M.N., Martynenko S.V.** Primeneniye sovremennykh metodov planirovaniya v khode razrabotki i realizatsii Strategicheskogo master-plana kompleksnoy utilizatsii vyvedennykh iz ekspluatatsii obyektov atomnogo flota na Severo-Zapade Rossii. *Izvestiia RAN. Energetika*. 2009. № 6. S. 23. (rus.)

[7] **Antipov S.V., Arutyunyan R.V., Akhunov V.D. [i dr.]**. Strategicheskiye podkhody k resheniyu ekologicheskikh problem, svyazannykh s vyvedennymi iz ekspluatatsii obyektami atomnogo flota na Severo-Zapade Rossii. M.: Nauka, 2010. 346 s. (rus.)

[8] **Antipov S.V., Kobrinskiy M.N., Shvedov P.A.** Ispolzovaniye ISUP SMP dlya prinyatiya upravlencheskikh resheniy v rabotakh po kompleksnoy utilizatsii APL. *Izvestiia RAN. Energetika*. 2013. № 2. S. 53–58. (rus.)

[9] **Kobrinskiy M.N., Martynenko S.V., Shvedov P.A.** Rasprostraneniye tekhnologii ISUP na informatsionno-analiticheskoye soprovozhdeniye protsessov kompleksnoy utilizatsii v Dalnevostochnom regione Rossii. *Izvestiia RAN. Energetika*. 2013. № 2. S. 104–111. (rus.)

[10] **Antipov S.V., Svinarenko S.N., Vysotskiy V.L., Sotnikov V.A., Khokhlov I.N.** Metodologiya strategicheskogo planirovaniya i razrabotki strategii vyvoda iz ekspluatatsii «yadernogo naslediya» toplivnoy kompanii «TVEL». *Izvestiia RAN. Energetika*. 2013. № 2. S. 112–120. (rus.)

[11] **Dorofeyev A.N., Bolshov L.A., Linge I.I., Utkin S.S., Savelyeva Ye.A.** Strategicheskiy master-plan issledovaniy v obosnovaniye bezopasnosti sooruzheniya, ekspluatatsii i zakrytiya punkta glubinnogo zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov. *Radioaktivnyye raskhody*. 2017. №1. S. 33–42. (rus.)

[12] **Kryukov O.V.** Kratkiy kommentariy k utverzhdeniyu «Strategii sozdaniya punkta glubinnogo zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov». *Radioaktivnyye otkhody*. 2018. № 2 (3). S. 16–17. (rus.)

#### THE AUTHORS

**SARKISOV Ashot A.** – Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences (IBRAE RAN)

E-mail: sarkisov@ibrae.ac.ru

**ANTIPOV Sergei V.** – Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences (IBRAE RAN)

E-mail: santipov@ibrae.ac.ru

**BILASHENKO Viacheslav P.** – Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences (IBRAE RAN)

E-mail: kashtano@yandex.ru

**KOBRINSKY Mikhail N.** – Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences (IBRAE RAN)

E-mail: mnk@ibrae.ac.ru

Received: 08.10.2018