



**А. А. Саркисов**

**О НЕКОТОРЫХ  
АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМАХ  
СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ  
И ОБРАЗОВАНИЯ**

Москва  
2019

**А. А. Саркисов** О некоторых актуальных проблемах современной науки и образования. М.: РАН. – 2019 – 392 с.

ISBN 978-5-907036-19-2

Книга представляет собрание написанных в разные годы научных и публицистических статей. Из обширного научного наследия автора, посвященного исследованиям в области атомной энергетики, отобраны работы, в которых обсуждаются общественно значимые проблемы, при этом написанные так, чтобы содержание их было вполне доступным и для читателя, область профессиональной деятельности которого непосредственно не связана с атомной энергетикой. Большинство из отобранных для книги статей посвящены проблемам, изучение и решение которых было основным содержанием многолетней научной, научно-организаторской и педагогической деятельности автора, а также несколько статей исторического и философского характера. Наряду со статьями в книге помещено также несколько из большого числа интервью, данных автором различным издательствам и электронным средствам массовой информации. Такой подход к определению содержания книги избранных трудов принципиально отличает ее от установившейся традиции, в соответствии с которой для таких изданий отбираются статьи узкоспециального характера, сложные для понимания и, как следствие, малоинтересные для широкой читательской аудитории. Поскольку работы публиковались на протяжении достаточно продолжительного периода времени важно было выбрать те из них, которые сохраняют актуальность и в наше время. Книга рассчитана на широкий круг научно-технической интеллигенции и студенческую аудиторию самого разного профиля, а также для всех, кого волнует состояние и перспективы одной из острейших проблем современности, связанной с энергообеспечением развития человеческой цивилизации

## ВВЕДЕНИЕ

По давно сложившейся традиции избранные труды академиков в виде отдельной книги издаются после их кончины и, естественно, без какого-либо участия автора. Для этих книг составители отбирают публикации, содержащие полученные автором наиболее важные, по их мнению, научные результаты. Полагаю, многие согласятся со мной, что эти, как правило, достойно оформленные книги, относятся к наименее читаемому виду научных изданий, несмотря на то, что они не продаются, а рассылаются по списку и становятся доступными для достаточно широкого круга читателей. Нет необходимости в глубоком анализе для выяснения причин этого феномена. Близкие по научному профилю специалисты знакомы с этими статьями с момента их публикации, поэтому никакой новой актуальной для себя информации они из книги получить не могут. Для остальных читателей, вследствие узкоспециального характера содержания трудов, материал представляется сложным или труднодоступным для восприятия и, как следствие, малоинтересным.

В результате сложившихся благоприятных обстоятельств мне представилась счастливая возможность самому заняться этим делом — сформировать содержание книги избранных трудов. Чтобы хотя бы частично отойти от свойственных подобным изданиям особенностей, при отборе публикаций для книги я поставил перед собой в качестве главной задачи расширить, по возможности, целевую группу ее потенциальных читателей.

За 70 лет своей военной, педагогической и научной деятельности мною лично или в соавторстве с коллегами написано и опубликовано около 400 работ, в числе которых ряд монографий, учебников и учебных пособий, а также научных и публицистических статей. Подавляющее большинство из них по своему содержанию и стилю изложения материала носят сугубо специальный характер, рассчитаны на профессионалов и, очевидно, не могут представлять интереса для широкой читательской аудитории. Моя задача заключалась в том, чтобы из всего многообразия этих публикаций выбрать работы, в которых обсуждаются общественно значимые проблемы, причем, написанные так, чтобы содержание их было вполне доступным и для читателя, область профессиональной деятельности которого непосредственно не связана с атомной энергетикой. Поскольку мои работы публиковались на протяжении достаточно продолжительного диапазона времени, важно было выбрать те из них, актуальность которых сохраняется до сегодняшних дней.

При этом большинство отобранных для книги статей посвящены проблемам, изучение и решение которых было основным содержанием большей части моей многолетней научной, научно-организаторской и педагогической деятельности.

Учитывая характер издания, я стремился отбирать для книги только те публикации, которые написаны лично мною. Исключение сделано лишь для трех статей, которые написаны в соавторстве с моими коллегами. Включение этих статей в книгу мне представилось уместным в интересах полноты и сбалансированности ее содержания.

Наряду со статьями в книге помещено несколько из большого числа данных мною различным издательствам и электронным средствам массовой информации интервью.

Названия источников, из которых заимствованы включенные в книгу статьи, приведены в сносках. Две из включенных в книгу статей публикуются впервые.

Для удобства чтения книги ее содержание структурировано в форме трех содержательных блоков. В первой главе «Наука и обучение» содержатся статьи, раскрывающие сущность интеграции науки и обучения как наиболее плодотворной стратегии современного высшего образования. Здесь же помещено несколько статей исторического и философского характера.

Во второй главе «О роли науки в решении некоторых проблем создания и развития отечественного подводного флота», кроме вопросов, обозначенных в ее названии, специальный акцент сделан на актуальных проблемах безопасности атомной энергетики.

Заключительная третья глава посвящена экологическим аспектам эксплуатации атомного флота. Экологические проблемы, связанные с атомной энергетикой, всегда были не только в центре внимания руководства атомной отрасли, но и обостренно критического отношения общества в целом. Особой остроты эти проблемы достигли в последние десятилетия, в связи с массовым выводом из эксплуатации и утилизацией атомных подводных лодок и объектов обслуживающей их инфраструктуры.

Я буду вполне удовлетворен, если образованный читатель найдет в ней интересные для себя нестандартные соображения, мысли и любопытные сведения, которые побудят его к более углубленному изучению проблемы или к заочной дискуссии с автором.

**НАУКА И ОБУЧЕНИЕ**

## **Единство науки и преподавания как наиболее эффективная стратегия подготовки кадров высшей квалификации**

Мой путь в ядерную энергетику начался почти 60 лет назад в Севастопольском высшем военно-морском инженерном училище, где я был преподавателем кафедры двигателей внутреннего сгорания (училище готовило инженеров для дизельных подводных лодок).

Первым шагом на этом пути было посвящение меня в государственную тайну о том, что в 1958 году будет спущена на воду первая отечественная атомная подводная лодка, и это будет началом серийного строительства атомных подводных лодок, вследствие чего училищу поручено готовить кадры для эксплуатации ядерных энергетических установок, а мне лично — разработать курс «Теория и эксплуатация ядерных реакторов и парогенераторов».

В 1958 году, действительно, была спущена на воду первая отечественная атомная подводная лодка, впоследствии совершившая поход подо льдами к Северному полюсу (фото ниже) и получившая имя «Ленинский комсомол»; а в нашем училище была создана кафедра «Ядерные реакторы и парогенераторы АЭУ подводных лодок», начальником которой назначили меня.

С первых лет своей педагогической деятельности и по настоящее время я считал и считаю, что преподавание может быть эффективным только в том случае, если педагог занимается научной работой в той области, в которой



**Рис. 1.** Первая отечественная АПЛ «Ленинский комсомол»

он ведет обучение. Именно поэтому на вверенной мне кафедре сразу же был развернут широкий фронт научных работ, выполняемых преподавателями. Сам я занялся исследованием динамики корабельных ядерных энергоустановок. Предпосылками к этому было мое математическое образование, полученное в Ленинградском государственном университете, а также те познания в энергетике, которые были приобретены в процессе работы над кандидатской диссертацией и после ее защиты.

Мое восприятие атомной энергетики и тогда, с позиций сегодняшнего дня, было довольно трезвым — я понимал, что атомная энергетика не является таким видом техногенной деятельности человека, который может быть обеспечен применением подходов, уже сложившихся в других областях.

Есть факторы, которые заставляют относиться к безопасности атомной энергетики с особым вниманием, и я это почувствовал на самых первых этапах ее развития. Поэтому мои научные интересы сразу были связаны с проблемами обеспечения ядерной безопасности. Мне с коллегами было ясно, что безопасность можно оценить только в результате создания математических моделей динамических процессов. Моя первая книга, которая вышла в 1964 году и была засекречена на протяжении двух десятилетий, так и называлась — «Динамика ядерных энергетических установок подводных лодок». Динамика нужна для оценки аварийных состояний, это дает знания, на основе которых принимаются решения по повышению безопасности установок. Умение правильно описать математическими методами весь комплекс ядерно-нейтронных, теплофизических и гидродинамических процессов в реакторах является основой для создания электронных тренажеров. Первые такие тренажеры на нашем Военно-морском флоте создавались на основе моделей, в разработке которых я имел честь принимать самое непосредственное участие.

Следует отметить, что математическим моделированием динамических процессов ЯЭУ в то время заниматься было непросто из-за отсутствия подходящей вычислительной техники. Вначале мы использовали для расчетов аналоговые вычислительные машины, представляющие числовые данные в виде напряжений на выходе функциональных блоков. Затем расчеты выполнялись на новейшей в то время ламповой цифровой вычислительной машине М-20, быстродействие которой составляло 20 тысяч операций в секунду (грубо говоря, это в миллионы раз ниже быстродействия современных персональных компьютеров). В дальнейшем, по мере совершенствования вычислительной техники, появилась возможность создавать более сложные модели, в частности, с распределенными во времени и пространстве параметрами.

Математические модели использовались не только при выполнении научно-исследовательских работ, но и для создания тренажеров по управлению ЯЭУ. За два года до появления первого такого промышленного тренажера на кафедре уже работал полномасштабный тренажер, реализованный на двух вычислительных машинах. Он был не только укомплектован реальными мнемосхемами, приборами и ключами управления, но и сопряжен с полномасштабной моделью реактора в разрезе. По сигналам с пульта управления реальные органы управления реактора перемещались электроприводами, изменяя при этом в математической модели условия размножения нейтронов.



Рис. 2. Реакторная выгородка установки «Борт-70»

Кроме собственного творчества, кафедрой прилагались большие усилия для приобретения различных учебных стендов и экспериментальных установок. На первых порах нам в этом очень помогла родственная кафедра МИФИ. В итоге активных действий наша кафедра вскоре стала обладательницей уран-водной подкритической сборки. Эта сборка представляет собой систему погруженных в воду урановых стержней, собранных из соединенных между собой цилиндрических блочков природного урана, заключенных в алюминиевые оболочки (общая масса урана в баке — около четырех тонн). В заполненном водой баке эти стержни подвешены на равном расстоянии друг от друга таким образом, чтобы это расстояние можно было изменять в ту или иную сторону. Если внести в эту подкритическую сборку источник нейтронов, то можно исследовать, как сближение или удаление друг от друга урановых стержней (то есть изменение уран-водного отношения) влияет на условия размножения нейтронов. Подкритической эта сборка названа потому, что ни при каких условиях в ней не может быть достигнута критичность, то есть самоподдерживающаяся цепная реакция деления ядер урана.

После получения подкритической сборки, мною был сформулирован еще более амбициозный проект — создать при кафедре учебно-научный комплекс с исследовательским реактором бассейнового типа. Задача была очень сложной, так как, кроме Российской Федерации, исследовательские реакторы в то время имели только две из 15 союзных республик (а тут — училище!). Но идею поддержали Главнокомандующий ВМФ С. Г. Горшков и академик А. П. Александров, и в 1961 году было принято решение о стро-





Рис. 3. Уран-водная подкритическая сборка

ительстве такой лаборатории. Проектантом реактора был Научно-исследовательский конструкторский институт энерготехники (НИКИЭТ).

Достаточно быстро был спроектирован исследовательский реактор ИР-100 — гетерогенный, бассейнового типа с тепловым спектром нейтронов и проектной мощностью 100 кВт. Физический пуск реактора состоялся



Рис. 4. Здание лаборатории с реактором ИР-100

в апреле 1967 года (на фото ниже показано здание лаборатории с реактором ИР-100). На тот момент ИР-100 стал первым в мире исследовательским реактором, запущенным на территории учебного заведения. Кафедра ядерных реакторов и парогенераторов СВВМИУ получила мощнейший инструмент для научных исследований и практических учебных занятий с курсантами.

Трудно переоценить ту роль, которую сыграло наличие ИР-100 в работе каждого члена кафедры и в моей научной работе, нацеленной в то время на повышение эффективности аварийной защиты реакторов атомных подводных лодок. Эксперименты, проводимые на реакторе, во многих случаях позволяли объективно оценивать корректность тех математических моделей, которые использовались в исследованиях.

Ниже приводится краткое описание некоторых научных исследований, которыми я руководил и в разработке которых я принимал непосредственное участие.

### **Разработка концепции формирования систем аварийной защиты ЯЭУ**

Актуальность этой проблемы для первых атомных подводных лодок состояла в том, что проектанты ЯЭУ, стремясь надежно защитить реактор, использовали такое количество сигналов аварийной защиты, что при любых сколь-нибудь заметных отклонениях процессов от нормы реактор автоматически выключался посредством сброса стержней аварийной защиты.

Неоправданные (ложные) срабатывания аварийной защиты реактора нежелательны для любых энергоустановок, а для ЯЭУ подводных лодок особенно, так как они могут иметь катастрофические последствия. Например, при прохождении узкостей в шторм, при аварийном погружении или в боевых условиях выключение реактора и следующая за этим потеря хода под турбинами может привести к гибели корабля. Поэтому на первых подводных лодках в критических ситуациях операторы по команде из центрального поста просто блокировали сигналы аварийной защиты реактора, что является совсем уже крайней мерой.

Исходя из сказанного, одним из направлений нашей научной работы было приведение в соответствие силы защитного воздействия и степени опасности ситуации. Для этого исследовались возможности минимизации количества ложных срабатываний аварийной защиты за счет исключения малоэффективных сигналов АЗ, а также использования комплексных аварийных сигналов, обеспечивающих высокую достоверность распознавания аварийных ситуаций.

Другой важной задачей совершенствования систем АЗ было обоснование целесообразности и возможности использования адаптивных алгоритмов защиты реактора, в которых учитывались бы не только текущие значения аварийных параметров, но и скорости их изменения. Было показано, что при упреждающем срабатывании аварийной защиты можно существенно уменьшить силу защитного воздействия.



**Рис.5.** АПЛ К-166



**Рис. 6.** Дизельная подводная лодка проекта 651Эс контейнером ЯЭУ ВАУ-6

Важнейшей эксплуатационной характеристикой водо-водяных реакторов является их температурный коэффициент реактивности, определяющий влияние изменения средней температуры теплоносителя и ядерного топлива на условия размножения нейтронов. По ряду причин большой отрицательный температурный коэффициент реактивности так же плох, как и малый. Задача состояла в том, чтобы определить оптимальный температурный коэффициент, обеспечивающий безопасную эксплуатацию реактора при соблюдении всех существующих ограничений и надежное саморегулирование реактора в аварийных режимах.

Еще одним аспектом совершенствования систем аварийной защиты ЯЭУ является оптимизация управления главным циркуляционным насосом первого контура в начальной стадии аварии, обусловленной резким снижением оборотов насоса. При аварийном переходе с больших обмоток электродвигателя на малые двигатель попадает в режим генераторного торможения и сбрасывает обороты быстрее, чем при свободном выбеге. Соответственно снижается и расход теплоносителя через активную зону, что крайне нежелательно в начальной фазе аварии. Для ликвидации этого недостатка был разработан алгоритм переключения обмоток, при котором в максимальной степени используется свободный выбег ротора циркуляционного насоса.

Очень важно, что исследования в области оптимизации аварийной защиты реакторов выполнялись в тесном творческом контакте со специалистами Института атомной энергии имени И. В. Курчатова и Научно-исследовательского конструкторского института энерготехники. Это в значительной степени упростило практическое опробование некоторых разработанных алгоритмов аварийной защиты реактора на подводной лодке Северного флота К-166.

Полученные научные результаты обобщены в отчете по НИР с грифом «Сов. секретно» под заголовком: «Концепция формирования систем аварийной защиты ЯЭУ подводных лодок». Несекретные части выполненных исследований опубликованы в Атомиздате и других центральных издательствах в виде монографий: «Динамические режимы работы судовых ЯЭУ», «Физика переходных процессов в ядерных реакторах» и др.

### **Исследования гидродинамики двухфазных потоков в кипящих реакторах**

Данный блок исследований выполнялся применительно к строго засекреченной капсульной ядерной энергетической установке ВАУ-6. Эта ЯЭУ представляла собой автономный модуль, который мог «подвешиваться» к кормовой части обычной дизельной подводной лодки, в результате чего дизельная подлодка обретала главное качество атомной — могла длительное время идти на большой скорости в подводном положении.

Особенность ВАУ-6 состояла в том, что это была одноконтурная установка с кипящим реактором. В его активную зону поступала вода, а выходила пароводяная смесь, которая попадала в сепаратор. Отсепарированный пар направлялся на турбину, а вода снова поступала в активную зону. Естественная циркуляция теплоносителя осуществлялась за счет разной плот-

ности столбов кипящей воды в реакторе и некипящей воды в опускном участке.

Задача исследования состояла в том, чтобы оценить теплотехническую надежность активной зоны кипящего реактора в различных эксплуатационных режимах, а на следующем этапе исследовать процессы, происходящие в кипящих реакторах при воздействии на них ударных нагрузок. Актуальность этой темы была обусловлена тем, что в боевых условиях при взрывах глубинных бомб на подводную лодку в целом и установку ВАУ-6 в частности могут воздействовать ударные волны, при которых сила тяжести возрастет в 30-40 раз. Теоретические проработки показали, что при этом двухфазный поток теплоносителя в активной зоне кипящего реактора может превратиться в однофазный за счет схлопывания пузырьков пара. Обусловленное этим увеличение плотности теплоносителя (он же замедлитель нейтронов) улучшает условия размножения нейтронов, что может вызвать резкое увеличение мощности реактора и, как следствие, привести к аварии.

Вначале работы выполнялись в Москве на стенде НИКИЭТ, где экспериментальный канал с кипящей водой подвергался воздействию ударных нагрузок на специально созданном для этого копре. Затем исследования были продолжены в училище на специальном стенде, смонтированном в лаборатории ИР-100. Эксперименты показали, что при вертикальном ударе, создающем нагрузку порядка 35g, вся паровая фаза конденсируется за сотые доли секунды. Все это можно было наблюдать визуально с помощью сверхскоростной кинокамеры, выполняющей съемку через специальный смотровой лючок.

Поскольку конденсация пара в кипящем реакторе может произойти не только при воздействии ударных нагрузок, но и при резком увеличении давления в реакторе, были выполнены дополнительные исследования. Для этого в лаборатории ИР-100 был изготовлен специальный стенд, где можно было наблюдать изменение паросодержания в двухфазном потоке при быстром увеличении давления. Подобные ситуации могут иметь место, например, при резком прекращении отбора пара из сепаратора.

Большой комплекс исследований показал, что процессы, происходящие при резких увеличениях давления, не имеют принципиальных отличий от волновых процессов, являющихся следствием нанесения ударных воздействий. В результате теоретических и экспериментальных исследований были оценены максимальные изменения условий размножения нейтронов в эксплуатационных и аварийных режимах, связанных с резкими изменениями давления.

### **Совершенствование систем безбатарейного пуска и расхолаживания реакторов**

Особенность любого ядерного реактора состоит в том, что после его включения в активной зоне продолжает генерироваться тепловая энергия, обусловленная в основном распадом радиоактивных ядер, накопившихся за время работы реактора. Для отвода этой тепловой энергии обычно используется парогенератор, где теплота передается от первого ко второму контуру и далее в главном конденсаторе отдается забортной воде.

Но могут возникнуть аварийные ситуации, когда второй контур нельзя использовать для расхолаживания. В этом случае для предотвращения перегрева оболочек тепловыделяющих элементов нужно иметь систему автономного расхолаживания реактора. Главным элементом таких систем является забортный теплообменник, с помощью которого охлаждается теплоноситель. Поскольку при аварии существует жесткий режим экономии электроэнергии аккумуляторных батарей, этот теплообменник должен работать на естественной циркуляции.

Соответствующие исследования начались с того, что в Севастополе на судоремонтном заводе имени Орджоникидзе была смонтирована реальная система безбатарейного пуска и расхолаживания реактора малой глубоководной подводной лодки, предназначенной для погружения на глубину до 3000 метров. Исходя из особенностей корабля, к его ядерной энергетической установке предъявлялись повышенные требования по живучести и надежности. Одним из таких требований было определение статических и динамических характеристик системы безбатарейного пуска и расхолаживания реактора.

В состав этой системы входили два теплообменника (промежуточный и заборный), соединенные замкнутым промежуточным контуром. В межтрубное пространство промежуточного теплообменника подавалась вода с параметрами теплоносителя первого контура, а межтрубное пространство заборного теплообменника было заполнено водой, отводящей тепло при естественной циркуляции. Заборный теплообменник располагался выше промежуточного, вследствие чего осуществлялась естественная циркуляция теплоносителя в промежуточном контуре. Эксперименты показали удовлетворительное качество эксплуатационных характеристик системы, однако надежность ее оказалась недостаточной.

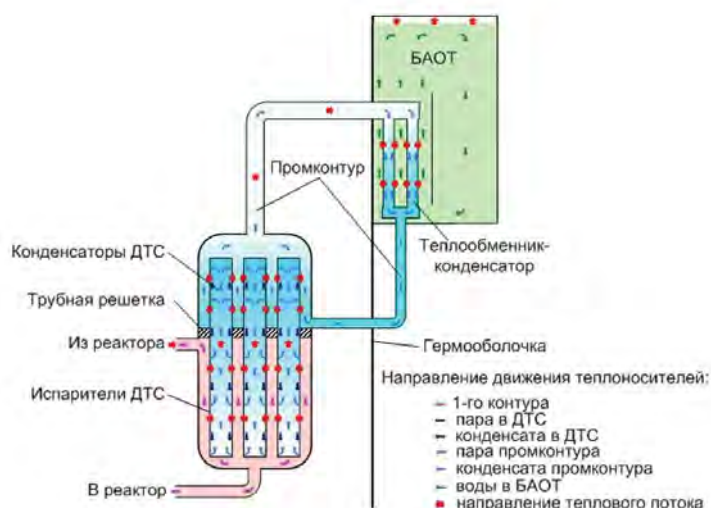


Рис. 7. Схема и элемент конструкции экспериментальной термосифонной системы безбатарейного пуска

Радикальным решением проблемы надежности явилась замена промежуточного теплообменника поверхностного типа теплообменником, собранным из двухфазных термосифонов.

Такая термосифонная система безбатарейного пуска и расхолаживания удовлетворила требования по надежности.

Еще одна проблема, ждавшая своего решения, — это выбор теплоносителя для промежуточного контура. Поскольку забортный теплообменник размещается в балластной цистерне подводной лодки, при плавании в надводном положении в высоких широтах существует опасность замерзания воды в промежуточном контуре. Можно, конечно, заменить воду другим теплоносителем, например, этиловым спиртом, но он обладает малой теплоемкостью. Поэтому было принято решение использовать в промежуточном контуре в качестве теплоносителя водный раствор этилового спирта. Пропорции смеси определялись исходя из того, что теплоноситель не должен замерзать при температуре  $-35^{\circ}\text{C}$  и его удельная теплоемкость должна обеспечивать проектную мощность системы. Теоретически и экспериментально было доказано, что наилучшая пропорция спирта в воде — 40%.

### **Создание ядерных термоэлектрических установок**

В конце 60-х годов Военно-промышленная комиссия при Совете министров утвердила тему НИР, ориентированную на повышение скрытности таких подводных объектов ВМФ, как глубоководные аппараты, необитаемые шельфовые станции и другие объекты специального назначения. В рамках этой НИР был выделен раздел «Создание ядерных термоэлектрических установок». Научное руководство этими работами было поручено мне.

Задача состояла в том, чтобы совместно с Институтом атомной энергии имени И. В. Курчатова и Всесоюзным НИИ тока (ВНИИТ) разработать термоэлектрический генератор с ядерным нагревом горячего спая и исследовать его характеристики на реакторе ИР-100. Такие генераторы были необходимы для особо скрытных подводных объектов, где нужно было обеспечить питание электропотребителей абсолютно бесшумно.

Принцип действия обычных термоэлектрических генераторов (ТЭГов) давно известен и весьма прост, он идентичен принципу действия термопар. Если полупроводниковые модули с одной стороны нагревать, а с другой охлаждать, то при правильном подборе материалов на выходе такой «батареи» можно получить достаточно высокое электрическое напряжение.

Однако при переходе от обычного нагрева к ядерному возникает масса проблем. Во-первых, как показали реакторные эксперименты, существенно изменяется теплопроводность полупроводниковых материалов, что влечет за собой большие погрешности при проектировании термоэлектрических генераторов. Во-вторых, что еще важнее, в результате облучения изменяется структура полупроводников и они быстро выходят из строя. В-третьих, ТЭГи существенно ухудшают нейтронно-физические характеристики реактора и т. д. Поэтому перед моим научным коллективом стояло много непростых задач.



Техническое задание на проведение экспериментальных исследований первого термоэлектрического генератора в активной зоне реактора ИР-100 было ориентировано на всестороннее исследование этого ТЭГа — от замера температурных полей до снятия вольт-амперных характеристик. Кроме этого, предстояло выполнить большой объем материаловедческих исследований. В частности, предстояло исследовать теплопроводность полупроводников в процессе их облучения в активной зоне реактора. Уникальность этих экспериментов состояла в том, что теплопроводность полупроводников определялась не после облучения материалов, а непосредственно при их облучении. В результате были получены ценные данные, которые позволили корректно выполнять проектирование ядерных термоэлектрических генераторов.

В теории полупроводников существует понятие «отжиг», означающее устранение радиационных дефектов (изменения структуры материалов в результате их облучения) посредством нагрева полупроводников до температуры, которая называется «критической температурой отжига». То есть, если облученный полупроводник, имеющий радиационные дефекты, вынуть из активной зоны и нагреть до определенной температуры, то его свойства восстановятся. Исходя из этого, нам предстояло экспериментально отобрать те полупроводниковые материалы, к которым применима технология непрерывного отжига, а также установить для каждого из этих материалов критическую температуру отжига.

В результате выполнения этой работы были сформулированы научно обоснованные рекомендации по составу полупроводниковых материалов, наиболее подходящих для изготовления ТЭГов. С использованием результатов научных исследований, выполненных на реакторе ИР-100, совместны-

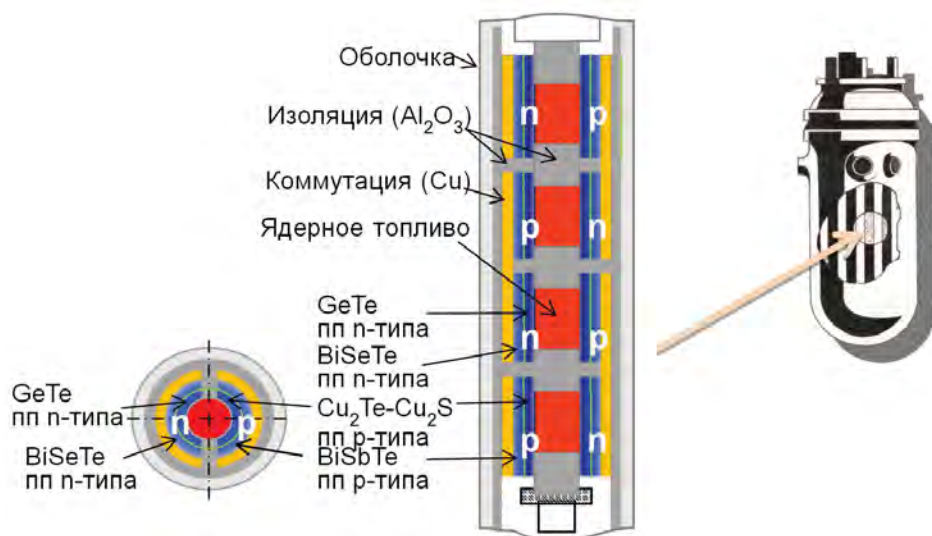


Рис. 8. Встроенный в АЗ каскадный термоэлектрогенератор



ми усилиями ИАЭ имени И. В. Курчатова и ВНИИТ был спроектирован и изготовлен термоэлектрический генератор (фото ниже), который успешно отработал в активной зоне реактора ИР-100 заданные 1500 часов и при этом не ухудшил своих эксплуатационных характеристик.

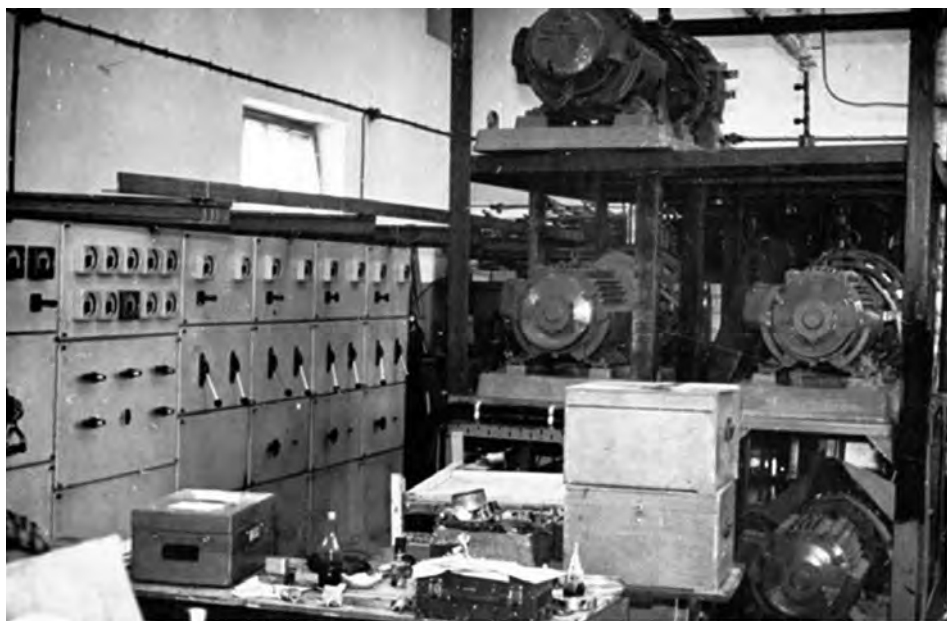
В заключение была исследована возможность выноса полупроводниковой батареи из активной зоны для улучшения нейтронно-физических характеристик реактора. ВНИИТ совместно с ИАЭ имени И. В. Курчатова спроектировал и изготовил ядерную термоэлектрическую установку на тепловых трубах. С помощью термосифонов теплота передавалась из активной зоны реактора на горячие спаи ТЭГов, а холодные спаи охлаждались водой или воздухом. Эта батарея оказалась наилучшей из всех исследованных термоэлектрических генераторов.

### **Исследование внутриреакторных процессов при больших течах первого контура**

Несмотря на успехи в математическом моделировании многих процессов, происходящих в реакторе при нанесении различных возмущений, никакие математические модели не могли достоверно ответить на вопрос о состоянии активной зоны реактора при тех или иных вариантах разрыва первого контура. Нужен был эксперимент на полномасштабном стенде с использованием реальных тепловыделяющих элементов или их физических аналогов. В связи с этим было принято решение о создании на территории училища Научно-исследовательской теплофизической лаборатории с полномасштабным стендом, предназначенным для исследования температурных полей тепловыделяющей сборки в аварийных режимах, обусловленных большими течами первого контура. Конструкция стенда должна была предоставлять возможность варьировать в процессе исследований размер и место течи, исходную мощность реактора, а также использовать различные средства и способы минимизации последствий аварии.

Исследуемая тепловыделяющая сборка экспериментального канала состояла из семи твэлов, отличие которых от натуральных состояло лишь в том, что вместо ядерного топлива оболочки были заполнены кварцевым песком. Для нагрева твэлов использовался электрический ток от четырех автономных низковольтных генераторов постоянного тока (фото ниже), суммарная мощность которых составляла 120 кВт. Этого достаточно для создания в оболочках твэлов тепловых потоков, соответствующих работе реактора подводной лодки второго поколения на 100-процентной мощности. Скачкообразное, а затем медленное уменьшение мощности реактора после срабатывания аварийной защиты обеспечивалось изменением режима работы генераторов, управляемых вычислительной машиной, на которой было смоделировано уменьшение остаточного тепловыделения.

В результате выполненных исследований были выявлены условия, при которых происходит пережог оболочек твэлов из-за выпаривания теплоносителя или из-за опрокидывания циркуляции. Были предложены конкретные инженерные решения, позволяющие смягчить протекание подобных



**Рис.9.** Пульт управлений стендом по исследованию аварийных режимов при больших течах первого контура

аварий. Многие из этих решений были предложены впервые и защищены авторскими свидетельствами. Кроме того, была разработана и экспериментально проверена в работе система автоматической проливки активной зоны, позволяющая избежать пережога оболочек твэлов при больших течах теплоносителя.

Кроме названной проблематики, в Теплофизической лаборатории решались и другие важные задачи. Одна из них — исследование вибрации твэлов в потоке теплоносителя. Для проведения экспериментов в лаборатории был изготовлен специальный «холодный» стенд, на котором натурная тепловыделяющая сборка прокачивалась водой. Наклеенные на поверхность твэлов датчики позволяли судить о изгибах твэлов при разных скоростях обтекания.

Необходимость этих исследований была продиктована стремлением найти причину растрескивания оболочек твэлов. По одной из версий, растрескивание происходит вследствие усталостных напряжений, возникающих в местах соприкосновения твэлов друг с другом при их вибрации в потоке теплоносителя. В результате выполненных на «холодном» стенде исследований было установлено, что никаких соударений твэлов в сборке нет, хотя изгибы их весьма существенны. Был предложен и экспериментально проверен способ уменьшения изгибов и вибрации твэлов за счет более рационального размещения дистанционирующих решеток внутри тепловыделяющих сборок.

Наряду с решением прикладных задач на теплофизическом стенде выполнялись некоторые фундаментальные исследования. В частности, исследовалась гидродинамика истечения не догретой до кипения воды через участки истечения разной формы и размеров.



**Рис. 10.** Академик А. П. Александров в лаборатории ИР-100

Объем исследований в теплофизической лаборатории и лаборатории ИР-100, актуальность решаемых задач и качество научных исследований были столь заметны, что в 1977 году на базе лаборатории ИР-100 была проведена выездная научная сессия Отделения физико-технических проблем энергетики АН СССР. Сессия была посвящена проблемам безопасности корабельных ЯЭУ. Присутствовали академики: Шейндлин, Стырикович, Кутателадзе, Петухов, Черный и др.

Значимым событием в жизни училища, кафедры ядерных реакторов и наших лабораторий был визит Президента Академии Наук А. П. Александрова, состоявшийся в 1976 году. Анатолий Петрович был приглашен командованием училища на торжественное открытие Памятного знака ученым, разработавшим в 1941 году под руководством А. П. Александрова методику размагничивания кораблей, чтобы они не взрывались на немецких магнитных минах. После церемонии открытия Памятного знака Анатолий Петрович нашел время познакомиться с училищем и лабораторией ИР-100 (фото ниже) и дал им высокую оценку. Повторно Анатолий Петрович посетил училище в 1980 году.

Активное участие преподавателей в проводимых на кафедре научных исследованиях способствовало актуализации учебного процесса, существенно повышало уровень преподавания, привлекало курсантов к участию в творческой работе. Все это, в конечном счете, обеспечивало высокую эффективность учебно-воспитательного процесса и высокое качество специальной подготовки выпускников училища. Это много раз отмечалось не только руководством Министерства обороны СССР, Главнокомандующим ВМФ, командующими флотами, но и представителями ведущих гражданских высших учебных заведений аналогичного профиля.

## Что потеряла Россия\*

*Плодотворность интеграции науки и образования наглядно иллюстрируется опытом подготовки офицерских инженерных кадров для атомного подводного флота в Севастопольском высшем военно-морском инженерном училище. С этим учебным заведением связано 25 лет научной и педагогической деятельности автора, создавшего здесь первую в системе ВУЗов Министерства обороны кафедру ядерных реакторов и парогенераторов подводных лодок, а затем в течение более 10 лет (1971–1983г.г.) возглавлявшего училище. Описаны основные этапы создания и развития этого, во многом уникального высшего военного учебного заведения, а также организации учебно-воспитательного процесса на основе концепции единства научных исследований и учебно-методической работы.*

15 декабря 2001 г. исполняется 50 лет с момента подписания Военно-морским Министром СССР адмиралом Флота Советского Союза Кузнецовым Н. Г. приказа о строительстве и формировании в г. Севастополе в районе бухты Голландия Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища на базе недостроенного и частично разрушенного в годы Великой Отечественной войны здания морского кадетского корпуса.

В ряду высших военно-морских учебных заведений это училище было создано позже всех, и, к сожалению, в силу сложившихся политических обстоятельств, связанных с развалом СССР, оно раньше всех закончило свое существование.

В течение ничтожно короткого в историческом плане периода было создано современное высшее учебное заведение, оснащенное передовой учебно-материальной базой, самое большое по численности переменного состава, ставшее основным центром подготовки офицерских инженерных кадров для океанского атомного флота.

Руководство страны и Военно-морского флота уделяло очень большое внимание молодому училищу, сознавая его важность в системе вооруженных сил государства. Училище в разные годы посетили Министр обороны Маршал Советского Союза Д. Ф. Устинов, зам. Министра обороны маршал бронетанковых войск П. А. Ротмистров, зам. Министра обороны генерал армии С. К. Куркоткин. Неоднократно бывали в училище главнокомандующие ВМФ адмиралы флота Советского Союза Н. Г. Кузнецов и С. Г. Горшков.

Особенно интенсивно училище развивалось в 70-е и 80-е годы. Именно в это время здание училища дворцового типа было окончательно достроено по чертежам его создателя архитектора А. А. Венсана, ежегодно вводились новые объекты, улучшающие условия учебы и жизни курсантов. На берегах Севастопольской бухты был воздвигнут комплекс жилых зданий, спальных корпусов для курсантов, построены новые отлично

---

\* Краткая версия доклада, прочитанного в декабре 2001г. в Ленинграде на торжественном собрании, посвященном 50-летию со дня создания Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища



**Рис. 1.** Панорама СВВМИУ



**Рис. 2.** Главный учебный корпус

оборудованные столовая и курсантское кафе, новые лабораторные корпуса. Гармоничному воспитанию будущих офицеров флота способствовали созданные в училище богатая шлюпочная база, крытый гимнастический комплекс, стадион.

Становление нового учебного заведения прошло сравнительно быстро благодаря тому, что удалось за короткое время укомплектовать его высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом. В первую очередь, своими кадрами поделилось высшее военно-морское инженерное училище имени Ф. Э. Дзержинского, из состава которого прибыли в СВВМИУ такие опытные моряки и педагоги, как капитаны 1 ранга Корж В. Е., Долгополов Н. С., Проклятиков П. Н., Руденко В. Н., Алешин В. С., Молодцов В. И., Волосов С. М., Кумельский В. Т., Кружалов А. Д. и другие.

Кроме того, научный костяк училища был обеспечен выпускниками Военно-морской академии кораблестроения и вооружения имени А. Н. Крылова, среди которых были: Семикин С. Е., Могильников В. С., Алехин А. В., Соловьев И. П., Майсая П. К., Фомин Ю. А., Матросов Н. Ф., Просужу Р. П., Лукьянов А. А., Якимов В. А., Глухов Ю. Е., Попов И. А., Райкин Я. Н., Стрельников А. Н. и другие.

За сорок лет своего существования (1951–1991 гг.) училище выпустило более 11 тысяч офицеров-инженеров и сыграло значительную роль в создании и укреплении атомного подводного флота страны.

Выпускники училища несли и продолжают нести боевую службу на всех морях и на всех проектах атомных подводных лодок. Среди выпускников училища Герои Советского Союза, Герои России, лауреаты государственных премий Российской Федерации. Тысячи выпускников награждены правительственными наградами. Немало их включено в Реестр подразделений особого риска.

Созданная в училище творческая атмосфера и дух состязательности в очень короткое время начали давать свои плоды: заметно улучшилось качество обучения и воспитания, из года в год стало увеличиваться число курсантов, оканчивающих училище с отличием и золотой медалью. Начал стремительно расти авторитет училища на всех флотах.

И уже в 1983 году после инспектирования инспекцией ГУ ВУЗ Министерства обороны и посещения училища Министром обороны училище было признано одним из лучших военных учебных заведений страны.

Быстрому росту и становлению училища, достижению им достойного положения и высокого престижа в системе военных учебных заведений страны способствовало то, что с самого начала создания училища был взят курс на опережающее развитие и укрепление его научного потенциала. В соответствии с принятой стратегией за короткое время в училище была создана уникальная научно-экспериментальная база, сформированы дееспособные научные коллективы и развернуты интенсивные исследования по многим актуальным и перспективным направлениям.

Одной из наиболее крупных лабораторий училища являлся комплекс «Борт-70», в котором было представлено практически все действующее оборудование главной энергетической установки, вспомогательных механизмов, устройств и систем атомной подводной лодки 670 проекта. Реак-

тор на этом комплексе имитировался специально спроектированной водогрейной камерой, вырабатывающей воду первого контура с параметрами (расход, давление, температура), соответствующими реальной установке.

Богатейшие возможности этого комплекса интенсивно использовались как в учебном процессе, так и в научных исследованиях.

Но подлинной гордостью научно-экспериментальной базы училища являлся учебно-исследовательский реактор ИР-100, спроектированный по разработанному коллективом кафедры ядерных реакторов и парогенераторов тактико-техническому заданию Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (в то время называвшимся НИИ 8). Если учесть, что в Советском Союзе, кроме Российской Федерации, исследовательские реакторы имелись только в двух из 15 республик, сам факт сооружения ИР-100 в военно-морском инженерном училище, да к тому же в Крыму, следует считать событием исключительным.

На базе комплекса ИР-100 были организованы эффективные практические занятия и лабораторные работы по широкому спектру учебных дисциплин: по физике и эксплуатации ядерных реакторов, по физике биологической защиты, по дозиметрии и радиационной безопасности, по ядерной физике, по радиохимии.

Не останавливаясь более детально на широком использовании этой лаборатории в учебном процессе, хотелось бы особо подчеркнуть уникальные исследовательские возможности реакторного комплекса ИР-100.



Рис. 3. Лаборатория «Борт-70»





Рис. 4. Лаборатория «ИР-100»



Рис. 5. Учебные занятия на «ИР-100»



Реактор имел 3 экспериментальных горизонтальных канала с выходом мощных пучков нейтронов и гамма-квантов, графитовую тепловую колонну для исследований, связанных с нейтронами максвелловского спектра, нишу с выдвижным трехступенчатым коробом для экспериментов с крупногабаритными техническими блоками и биологическими объектами, горячую камеру для манипуляций с высокорadioактивными образцами, в том числе и для их механической разделки, а также пневмопочту для экспериментов с короткоживущими радионуклидами.

Кроме этого, реактор был снабжен 9 вертикальными экспериментальными каналами для экспериментов непосредственно в активной зоне в радиационном поле реакторного излучения и подкритической урановой сборки с подсветкой тепловыми нейтронами от графитовой тепловой колонны для исследования физики размножения нейтронов.

Комплекс был оборудован также радиохимической лабораторией, лабораторией АСУ и поточной аудиторией.

По уровню физического и приборного оснащения лаборатория имела возможности приличного научно-исследовательского института.

В течение короткого периода в лаборатории были развернуты масштабные научные исследования по многим актуальным направлениям. Назову лишь некоторые из них: исследования по физике реакторов, по радиационной стойкости полупроводниковых приборов и аппаратуры, исследования



Рис. 6. Защитные боксы радиохимической лаборатории



Рис. 7. Вычислительный центр

систем непосредственного преобразования энергии на базе встроенных в активную зону термоэлектрических генераторов, исследования по биологической защите, в частности, по разработке теневой защиты применительно к космическим аппаратам с ядерными установками, исследования по радиохимии водного теплоносителя и многие другие.

Лаборатория стала кузницей научных кадров, на базе ИР-100 были защищены десятки кандидатских и докторских диссертаций. Представление о масштабах исследований в этой лаборатории дает такая цифра: ежегодный бюджет хозяйственных НИР на ИР-100 составлял в среднем 1,5–2 млн. рублей.

В условиях экономики того времени львиная доля этих заработанных денег возвращалась в бюджет, однако, хотя и ограниченные, но все же немалые средства удавалось использовать для дальнейшего развития научно-экспериментальной базы, а также для оснащения училища вычислительной техникой и современным учебным оборудованием. Именно за счет этих средств был создан передовой по тому времени вычислительный центр; лаборатории общенаучных и специальных кафедр были оснащены большим количеством электронных имитаторов и тренажеров различного назначения, изготовленных предприятиями промышленности по разработкам офицеров и преподавателей кафедр училища; каждое рабочее место в поточных аудиториях было оснащено индивидуальными вычислительными машинами; преподавание иностранных языков осуществлялось с широким использованием современных технических средств, которыми были оборудованы несколько лингафонных кабинетов; во всех учебных классах были установлены теле-

визоры, которые включались для организованного просмотра информационных программ и других официальных передач.

Следующим этапом было создание в училище локальной телевизионной сети, которая использовалась в том числе и в учебном процессе.

Нельзя не остановиться хотя бы очень кратко на роли созданных в училище других проблемных научно-исследовательских лабораторий.

В январе 1979 года по директиве Главнокомандующего ВМФ в СВВМИУ была создана Проблемная НИЛ взрывопожаробезопасности (живучести) кораблей. Основными направлениями экспериментально-теоретических исследований в этой лаборатории были:

- совершенствование противопожарной защиты ПЛ;
- обеспечение стойкости корабельных технических средств при затоплениях, пожарах и воздействии повышенного давления;
- исследование воздействия поражающих факторов пожара и средств пожаротушения на биологические объекты (с целью совершенствования обеспечения обитаемости ПЛ);
- разработка интеллектуальных информационных систем поддержки командного состава ПЛ при принятии решений по борьбе за живучесть.

В качестве экспериментальных стендов проблемной лаборатории взрывопожаробезопасности использовались натурный корпус дизельной подводной лодки, а также титановый отсек атомной подводной лодки 705 проекта.

Назову лишь два из полученных в ходе исследований многих важных результатов:

Разработка сопряженных с системами измерения основных параметров газо-воздушной среды адаптивных математических моделей оценки масштаба и динамики развития пожара.

Эти исследования получили высокую оценку и широкое признание в профессиональном сообществе, о чем свидетельствуют многочисленные публикации по этой проблематике как в отечественных, так и в зарубежных научных изданиях.

Исследование возможности применения мембранных технологий разделения газов для обеспечения пожаробезопасности систем ВВД ПЛ. При этом были разработаны способы сопряжения корабельных компрессоров с разделяющими фильтрами фирмы «Криогенмаш», что позволило снижать объемную концентрацию кислорода в баллонах ВВД до 6–7 %. В таком случае система ВВД становится не только пожаробезопасной, но и может быть использована для сбивания пламени при возгораниях в отсеках.

Комплекс важных исследований был выполнен в научно-исследовательской теплофизической лаборатории. Здесь, на уникальном контуре с натурной тепловыделяющей сборкой корабельного реактора, исследовался один из наиболее тяжелых аварийных режимов, связанных с разрывом контура первичного теплоносителя. Результаты этих экспериментов были использованы для разработки соответствующих математических моделей и внесли существенный вклад в повышение безопасности корабельных ЯЭУ.

В этой же лаборатории проводились фундаментальные исследования влияния мощных ударных нагрузок (до 35 земных ускорений — 35 g) на поведение кипящей жидкости. Помимо большого общенаучного значения, результаты этих ис-

следований имели важное прикладное значение в обеспечении безопасности корабельных ядерных энергетических установок с кипящими реакторами.

На специальном стенде с реальными реакторными параметрами исследовались оригинальные системы автономного расхолаживания ЯППУ, основанные на применении естественной циркуляции незамерзающих теплоносителей и использовании тепловых труб.

Научные исследования в училище проводились и по ряду других актуальных направлений. Достаточно назвать электротехническую школу, воспитавшую целую плеяду ярких ученых. Наши электрики, в частности, добились лидирующего положения в стране в области разработки теории асинхронных электрических двигателей с массивными многослойными роторами. Для производства таких машин использовались новые материалы, получение которых требовало разработки уникальных технологий.

Актуальные исследования по отработке новых типов движителей для подводных лодок проводились в опытовом гидродинамическом бассейне. Исследования, проводившиеся на стендах паротурбинной лаборатории, получили широкое признание со стороны ведущих отечественных специалистов.

Высокий уровень научных исследований, выполнявшихся в училище, способствовал налаживанию тесных контактов наших коллективов со многими ведущими научно-исследовательскими институтами Военно-Морского Флота, промышленности и Академии наук СССР, а также с лидерами соответствующих научных направлений. Частыми гостями в училище были



**Рис. 8.** Академики В. А. Кириллин и В. И. Субботин в научно-исследовательской лаборатории живучести кораблей



Рис. 9. Академик А. П. Александров благодарит сотрудницу «ИР-100»



Рис. 10. Академик М. А. Лаврентьев в одной из лабораторий училища

выдающиеся советские ученые, широко известные в нашей стране и в мире. Это президент Академии наук Анатолий Петрович Александров, председатель СО АН СССР академик М. А. Лаврентьев, академики Патон Б. Е., Бреховских Л. М., Кириллин В. А., Субботин В. И., Черный Г. Г., Стирикович М. А., Кутателадзе С. С., Красин А. К., Головин И. Н. и многие другие.

Свидетельством признания высокого научного авторитета училища явились проведенная на базе комплекса ИР-100 выездная научная сессия Отделения физико-технических проблем энергетики АН СССР, посвященная теплофизическим и гидродинамическим аспектам проблемы безопасности корабельных ЯЭУ, выездное заседание Научного Совета АН СССР по гидrofизике океана под председательством академика А. П. Александрова, а также ряд научных конференций по актуальным проблемам военного кораблестроения.

Сложившиеся в училище условия и общая атмосфера способствовали интенсивному росту темпов подготовки научных кадров и, как следствие, созданию собственного диссертационного Совета.

Обстановка творческого подъема в училище благотворно сказывалась на уровне и эффективности всего учебно-воспитательного процесса.

Активное участие преподавателей в научных исследованиях, их сопричастность к решению актуальных научных проблем позволяло быстро реагировать на достижения науки и техники и оперативно использовать новые знания в процессе обучения.

Широкий размах и высокая степень активности отличали работу научного общества курсантов. Участие курсантов в научном обществе являлось, несомненно, серьезным положительным фактором учебно-воспитательного процесса, так как способствовало формированию у них устойчивого мотивированного интереса к своей специальности, творческого отношения к делу, а также воспитанию начальных навыков выполнения самостоятельной научной работы.

В заключение необходимо специально подчеркнуть совершенно исключительную роль в развитии Севастопольского ВВМИУ, более того — в укреплении и совершенствовании всей системы высшего военно-морского образования — Главнокомандующего ВМФ адмирала флота Советского Союза С. Г. Горшкова.

Он регулярно посещал училище, детально знакомился с ходом строительства объектов, подробно рассматривал планы развития. Сознвая его огромную ответственность за обеспечение боеготовности флота и его строительство, создание новых кораблей, вооружения и техники, мы всегда поражались тому, что он находил время, чтобы вникать в конкретные дела отдельного училища. В этой заботе о будущем флота ярко проявлялся государственный масштаб личности Сергея Георгиевича. Несмотря на уже почтенный возраст, он постоянно демонстрировал обостренное чувство нового, активно поддерживал инициативы и смелые начинания, если его удавалось убедить в их обоснованности.

В частности, потребовалось определенное время и немало усилий, чтобы обосновать строительство исследовательского реактора ИР-100 в Севастопольском училище, и это тогда, когда ни в одном высшем учебном заве-



**Рис. 11.** Беседа с Главкомандующим ВМФ адмиралом Флота Советского Союза С. Г. Горшковым в одной из поточных аудиторий в ходе осмотра училища

дении страны (ни в гражданском, ни тем более в военном) подобных комплексов не существовало. Но после того как Сергей Георгиевич убедился в целесообразности этого очень дорогостоящего проекта, он стал мотором и главной ударной силой в его реализации.

Только благодаря огромному авторитету Главкомандующего удалось инициировать специальное решение правительства страны о строительстве научно-исследовательского комплекса с реактором ИР-100 в Севастопольском ВВМИУ.

Сегодня в списке военно-морских учебных заведений России Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища нет.

Мы уверены, что творческий вклад многочисленных ветеранов и выпускников училища в дело создания атомного флота страны никогда не будет забыт и, безусловно, будет востребован и развит в Военно-морском инженерном институте, отныне ставшем единственной кузницей инженерных кадров для Военно-Морского Флота России.

## Когда нейтрон был «нулевой точкой»\*

*Имя академика Российской академии наук вице-адмирала в отставке Ашота САРКИСОВА широко известно в научном мире, и среди военных моряков России особенно. Он был одним из тех ученых, кто внес ощутимый вклад в развитие ядерной энергетики страны. Длительное время вице-адмирал Саркисов возглавлял Севастопольское высшее военно-морское инженерное училище, а ныне он — советник РАН по ядерной энергетике, председатель экспертного совета ВАК по проблемам кораблестроения, зав. отделом Института проблем безопасности развития атомной энергетики РАН. Сегодня академик отвечает на вопросы «Флота РОССИИ».*

— Ашот Аракелович, ваш путь в науку, как он начинался? Ведь не успели вы поступить в училище, как попали на фронт?

— Да, все было не так просто. В декабре 41-го нас, первокурсников Высшего военно-морского инженерного училища имени Ф. Э. Дзержинского отправили под Москву на место формирования 85-й морской стрелковой бригады. Мне присвоили звание старшины 1-й статьи и назначили старшиной отдельной стрелковой роты. И в моем подчинении оказались люди, годящиеся мне в отцы, побывавшие в самых «крутых» переплетах. Кем я был для них? И только через годы я понял жесткую особенность войны: отвага и самоутверждение у молодого сильнее инстинкта самосохранения.

Писатель Григорий Бакланов как-то сказал, что тем, кто прошел всю войну, отпущено три жизни, не похожие одна на другую. Предвоенная — с надеждами и тревогами, фронтовая — под снарядами и бомбами, с гибелью друзей и верой в победу и мирная — с отзвуками боев и потерь, но отделенная от предыдущих каким-то жестким экраном.

С таким душевным опытом я живу третью жизнь и уже поэтому считаю себя человеком счастливым.

Что касается пути в науку, то мне повезло. До войны наша семья жила в Ташкенте, и в школе мне преподавали те учителя от Бога, которые приехали в Узбекистан действительно «сеять разумное, доброе, вечное». Физику, например, нам преподавал известный профессор Василий Вонсовский, навсегда пробудивший интерес к точным наукам. А в училище привели патриотические мотивы: Ленинград, Адмиралтейство под золотым шпилем, мечты о дальних походах. Конкурс, кстати, был 19 человек на место. Я его прошел. Победу встретил в Норвегии, в Киркенесе. И вскоре вернулся в училище.

Потом пять лет офицерской службы на кораблях Балтики. Поступил в адъюнктуру, защитил кандидатскую диссертацию. Честно скажу, имел желание остаться в Ленинграде, но назначили в Севастополь. Еще не знал, не ведал,

---

\* Интервью, Газета «Красная звезда». 14.09.1996 г., корреспондент — капитан 2 ранга Борис Гельман



что мне предстоит: начиналась атомная эпоха. Было принято решение обучать в Севастополе военных инженеров для будущего атомного флота.

**— Начинать всегда трудно, тем более в таком деле.**

— Шел 1958 год. На воду спущена первая советская атомная подводная лодка. Учились в обстановке сверхбдительности. Нам, трем молодым офицерам, в наглухо закрытой и охраняемой комнате выдавали документы с грифом «Сов. секретно». Дело доходило до абсурда. Кто догадается, что такое «кристаллизатор» или «нулевая точка»? Тогда первое подразумевало — реактор, второе — нейтрон. Так запутывали «супостата».

Но если серьезно, то нам предоставили много переводной американской литературы. Мы изучали все с большим увлечением и самостоятельно разработали учебный курс.

Сначала я был преподавателем, затем в течение десяти лет — начальником кафедры ядерных реакторов — первой в военном вузе.

Главное, что нам удалось, — это правильно определиться в стратегическом плане: мы обосновали идею строительства в СВВМИУ ядерного реактора для подготовки специалистов и научно-исследовательской работы. Это была по тем временам невиданная дерзость. По всей стране реакторов тогда: раз-два — и обчелся. Даже МИФИ не имел. Сейчас я бы сам сказал: «Это невозможно». Но тогда хотелось все сделать по максимуму.

В Москве в самых высоких кабинетах пришлось выкладывать аргументы, доказывать главному ВМФ, тогда им был адмирал Горшков Сергей Георгиевич, министру среднего машиностроения, министру здравоохранения. Конструкцию реактора разработал академик Иван Яковлевич Емельянов. И свершилось. В очень короткий срок, лет за пять, построили реактор.

**— По количеству подводных лодок СССР заметно превосходил США и НАТО... Как складывалась советская кораблестроительная программа атомного флота?**

— Надо признать, что американцы раньше нас достигли такого научно—технического уровня, который позволил обеспечить необходимые тактико—технические показатели атомных субмарин. У нас совершенствовалось каждое новое поколение лодок. Но поступившие на флот оставались в строю, и количество их накапливалось. Это следствие определенного технического отставания СССР в те годы. Безусловного паритета нам удалось позднее достичь по атомоходам — носителям стратегического ядерного оружия.

В разработке очередной программы, рассчитанной на 10–15 лет, я принимал личное участие как председатель научно-технического комитета ВМФ СССР. Современный облик флота определялся, исходя из военно-политических и оперативно-стратегических целей государства. Это стало возможным благодаря концентрации мощных экономических ресурсов, привлечению основного интеллектуального потенциала страны, и прежде всего фундаментальной науки.

**— Всем памятна гибель атомной подлодки «Комсомолец». Не забываются и другие аварии. Каковы их причины?**

— Если говорить об авариях, связанных непосредственно с ядерными установками, то их можно перечислить по пальцам. Даже самые суровые критики признают, что при строительстве атомных электростанций необходимо учитывать положительный опыт создания советского атомного подводного флота.

Пока зафиксирован один случай с ядерной вспышкой. Случилось это лет десять назад в бухте Чажма на Тихом океане. Причина: разгильдяйство команды, которая выполняла перезарядку горючего. Вместе с крышкой реактора матросы потянули компенсирующую решетку. Произошел радиоактивный выброс. Погибли люди. Место это до сих пор «грязное». Но это не связано с недостатками конструкции.

На основе своего опыта могу сказать, что утверждения о ненадежности атомных установок подводного флота не имеют под собой серьезных оснований. Однако серьезное беспокойство вызывают проблемы ядерных отходов, утилизации ядерных реакторов.

Когда мы ударными темпами строили свой атомный флот (подчеркиваю, что точно так же действовали американцы), то не предполагали, что так скоро наступит время, когда сотни ПЛА окажутся выведенными из эксплуатации. И тогда придется мучительно думать: что с ними делать? Таких лодок у нас 120, у США — 90. Предстоит произвести их разделку, захоронение реакторных отсеков, транспортировку ядерного горючего. Но специального промышленного производства, инфраструктуры для этого у нас пока нет.

В прошлом году в Москве проходила Международная конференция по проблемам утилизации атомных подводных лодок. Мне довелось председательствовать на конференции с российской стороны. Для иностранцев сенсационной оказалась поездка в Северодвинск, где им показали завод, на котором происходит утилизация российских атомных лодок. Зарубежные гости из 13 стран первые оказались на таком предприятии, увидели то, что всегда казалось «тайной за семью печатями», — атомную подлодку в разрезе. Тем более что у американцев иной принцип утилизации.

Наши финансовые проблемы привели к тому, более 60 процентов ПЛА стоят с невыгруженным ядерным топливом. Они представляют определенную опасность для окружающей среды. Но это зависит больше от правильного обращения с топливом. Это — одна из острейших проблем.

По результатам конференции подготовлена аналитическая записка, по которой Президент России принял соответствующее решение. Предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности стоянки выведенных из эксплуатации ПЛА. Научные исследования по утилизации поручены мне. Ну а если в целом говорить о проблемах радиоактивных отходов, то над ними сегодня трудятся многие специалисты и в США, и во Франции, в Германии. Но для нормального решения требуются огромные капиталовложения.

— **И все-таки ваш прогноз, грозит ли человечеству «ядерная зима»?**

— Считаю, что такой угрозы не существует. Сценарий Чернобыля не повторится. Тот горький опыт очень многому научил атомных энергетиков.

— **Как вы оцениваете ту ситуацию, в которой ныне пребывает СВВМИУ?**

— Для меня это глубокая душевная рана. Это было во всех отношениях уникальное училище, и повторить его невозможно.

А то, что произошло, не укладывается в рамки здравого смысла. Те, кто принимал на Украине решение, не могли не понимать, что у этого государства атомного флота не будет, но приложили все усилия, чтобы заполучить училище в свои руки. Для России — это невозвратимая потеря. Приходится преодолевать определенные трудности, чтобы по-настоящему организовать подготовку инженеров-атомщиков на базе училищ в Петербурге.

— **Насколько убедительно перепрофилирование училищ для обучения инженеров АЭС?**

— Тот, кто предполагает, что сменой вывески можно достичь желаемого, глубоко заблуждается. Это совершенно разные специальности: инженер АПЛ и инженер АЭС. У них разные психологическая предрасположенность и менталитет.

Этой констатацией я вовсе не хочу показать некомпетентность киевских политиков. В России и на бытовом, и тем более на официальном уровне нет антиукраинских настроений, они отсутствуют начисто. Но нельзя не видеть, что напряженность возникает по киевскому вектору. И я лично очень об этом сожалею. У людей науки есть прекрасные возможности сотрудничества.

## Без разрыва непрерывности\*

Академик Саркисов считает, что наша страна по-прежнему единолично владеет многими приоритетными разработками в сфере ядерных энергетических установок

Академик РАН Ашот Саркисов — личность в Военно-Морском Флоте легендарная, с его именем связана практически вся история развития советских морских ядерных сил. Уже в 1959 году — а первая ядерная установка на советской атомной подлодке (АПЛ) заработала лишь годом ранее — он организовал и возглавил в Севастопольском высшем военно-морском инженерном училище (СВВМИУ) первую в системе учебных заведений страны кафедру ядерных реакторов и парогенераторов подводных лодок. С 1971-го по 1983 год Саркисов служил начальником училища, которое во многом благодаря его компетенции и энергичности стало основной базой подготовки инженеров для атомного подводного флота, выпустив за все время работы Саркисова более десяти тысяч военных специалистов. В последние годы службы, в 1980-е, контр-адмирал Саркисов руководил Научно-техническим комитетом Военно-морского флота.

В прямом смысле тесная работа подводников вблизи атомных реакторов предопределила сферу научных интересов академика — его основные труды относятся к надежности и безопасности функционирования ядерных энергетических установок (ЯЭУ). По признанию коллег Саркисова, его работы имеют огромное практическое значение в решении проблем обеспечения безопасности атомной техники на всех этапах ее жизненного цикла «эксплуатация—вывод—утилизация». Ашот Саркисов работал в Институте высоких температур АН СССР, заведовал отделом общих проблем энергетики Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ) РАН. В течение многих лет он руководил экспертным советом международной программы по радиоактивным отходам, а также совместным Комитетом РАН и Национальной академии наук США по проблемам нераспространения ядерного оружия. Всего ученым опубликовано более 200 научных трудов, в том числе считающаяся революционной работа по нестационарным и аварийным режимам работы корабельных ЯЭУ; он автор 17 изобретений.

Сейчас Саркисов продолжает трудиться в ИБРАЭ РАН над самым беспокоящим человечество аспектом атомной энергетики — повышением ее безопасности. Уже в новом веке он возглавлял исследования по радиэкологической реабилитации Арктики. В этом году Ашот Саркисов вместе со своим шведским коллегой доктором Ларсом Ларссоном был удостоен энергетической «нобелевки» — премии «Глобальная энергия» «за выдающийся вклад в повышение безопасности атомной энергетики и вывода из эксплуатации ядерных объектов».

---

\* Интервью журналу «Эксперт». 21-27 июля 2014 № 30 (909), корреспондент — Ирик Имамутдинов

— Вы окончили дизельное отделение Высшего военно-морского инженерного училища имени Ф. Э. Дзержинского в Ленинграде и одновременно — механико-математический факультет Ленинградского государственного университета. Защитили диссертацию по теории нелинейных колебаний, создавая надежные методы расчета колебаний коленчатых валов корабельных двигателей внутреннего сгорания. Как получилось, что вы стали заниматься ядерными установками?

— Гениальный конструктор ядерных реакторов Николай Антонович Доллежалъ сначала работал простым инженером-механиком, затем до подключения к атомному проекту руководил Институтом химического машиностроения, который он превратил в важнейший центр по созданию ядерных реакторов — знаменитый НИИ-8, теперь НИКИЭТ. Именно в НИИхиммаше в 1952 году были сделаны первые проработки ядерной установки для нашей первой атомной подлодки, а Доллежалъ назначен главным конструктором по разработке ядерных энергетических установок. Тогда многим пришлось менять, как бы теперь сказали, профиль работы.

Я вам расскажу, это очень интересно: была книга, которая сыграла в моей судьбе совершенно особую роль. Шел 1946-й, всего год назад я вернулся из Заполярья, где воевал, в Ленинград, в знаменитую Дзержинку, где учился еще до войны. Имея большую жажду к знаниям, одновременно поступил в экстернат Ленинградского университета, сдав экзамены по математике, физике и другим предметам. После очередного сидения за книгами, устав, вышел на Невский проспект, тем более что наше училище располагалось рядом, в здании Главного адмиралтейства. Захожу в любимый Дом книги, и вдруг обнаруживаю там синюю книгу в мягком переплете — «Атомная энергия для военных целей». Автором ее был неизвестный мне Г. Д. Смит. А тогда про атомную энергию вообще ничего не было известно. Купил эту книжку, принес домой, и уже к полуночи прочел ее полностью.

— Ее содержание уже тогда было вам понятно?

— Она написана просто блестяще! По-моему, она предназначалась для неспециалистов, государственных людей, для руководства США, чтобы они имели представление об основных принципах создания атомного оружия и атомной энергетики. Книжка представляла собой введение в ядерную энергетику, краткую энциклопедию этой области знаний. Прошло почти семьдесят лет, и сейчас, просматривая ее, я не нахожу каких-либо научных ошибок или неточностей.

— Удивительно, как американцы ее пропустили.

— Посмотрите, это издание Трансжелдориздата, которое, конечно же, никакого отношения к атомной энергии не имело вообще. У меня впечатление, что это добытая нашими разведчиками книга и каким-то левым путем у нас изданная. Официальной версии истории ее появления в открытых из-

даниях я не нашел. Потом старался уже ничего не упускать из опубликованного по ядерной тематике и собрал довольно большую библиотеку.

**— Я читал ваши воспоминания, и мне показались курьезными некоторые моменты, связанные с историей создания атомного отделения в Севастопольском училище, куда вас направили после защиты диссертации.**

— Начало было вообще анекдотическим. Отобрали двух специалистов: меня, молодого тогда еще офицера, кандидата наук, причем я кандидатскую защищал, как вы заметили, совсем в другой области, по механике, и Василия Сергеевича Алешина, дизелиста. Вызвали и в присутствии представителей спецорганов сказали, что есть решение в Севастопольском училище начать подготовку кадров для атомных подводных лодок. Мы, естественно, спросили: для каких подводных лодок? Нам сказали, что заложена атомная подводная лодка, которая должна к концу пятидесятых годов быть спущена на воду, и нужно уже готовить кадры. В Обнинск, где готовились экипажи для первой АПЛ, нас, естественно, не пустили. Я говорю: «А как их готовить? Давайте соответствующую литературу». Сказали: «Нет, никакой литературы мы вам не дадим, но пришем двух специалистов, которые зачислены в состав экипажа первой АПЛ и сейчас работают в Обнинске, они вам помогут». Фамилия одного была Бархоткин, а второго — Тимофеев, он потом стал Героем Советского Союза (Рюрик Александрович Тимофеев, командир электромеханической боевой части АПЛ К-3, первой дошедшей до Северного полюса. — «Эксперт»), Приехали, оба в одинаковых шляпах и длинных плащах, словно близнецы; видимо, они получили предварительную инструкцию ничего конкретного нам не говорить. В итоге не удалось выудить из них информацию даже о типе ядерного реактора, хотя, исходя из общих соображений, мне было ясно — я же по литературе уже представлял, что такое реактор, основы ядерной физики знал неплохо, — что это, скорее всего, водо-водяной реактор: либо кипящий, либо с водой под давлением. Ничего не оставалось, как углубиться в открытые теоретические монографии, которые были посвящены этому вопросу, и осваивать теорию ядерных реакторов безотносительно к их конструкции.

**— Разве тогда много открытой литературы на эту тему было?**

— Работы в этом направлении велись и у нас, и у них в обстановке чрезвычайной секретности. Но по теории реакторов к 1956 году все же было издано несколько книг, в основном переводных. Вот, видите, к примеру, эта — замечательный фундаментальный курс американцев С. Глестона и М. Эдлунда «Основы теории ядерных реакторов», издано в 1954 году. Какие-то данные, очень схематичные, о конструкции ядерных реакторов содержались и в докладах Первой Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии 1955 года. Я все это изучил и положил в основу курса лекций по теории реактора. Правда, после пуска нашей первой АПЛ в 1958 году ситуация изменилась, мы уже могли использовать в учебном процессе проектную документацию институтов и КБ разработчиков.

Потом для совершенствования практической подготовки нас стали направлять на стажировку в учебный центр ВМФ в Обнинске, на сами подводные лодки. Но «супостата» продолжали запутывать. Доходило до смешного. Я как-то приехал в Москву в НИИ-8, которым руководил Доллежалъ, сидел там в отдельной охраняемой комнате, и мне было забавно видеть, что и в секретных документах для внутреннего пользования все равно что-то пытались маскировать. Реактор называли кристаллизатором, нейтрон — нулевой точкой, а уран — свинцом. И этот птичий язык был по всему тексту отчета. Вот так начиналась широкомасштабная подготовка специалистов для атомного подводного флота, а я возглавил в Севастопольском училище первую кафедру ядерных реакторов и парогенераторов.

**— Тема ядерной безопасности возникла в вашей педагогической и научной деятельности сразу же?**

— Естественно, мои научные интересы и интересы моих коллег были сосредоточены главным образом на решении проблем обеспечения надежности функционирования и безопасности корабельных ЯЭУ. Ядерная энергетика и безопасность — эти два понятия оказались тесно сцепленными с самого момента возникновения ядерных технологий, потому что ядерная энергетика возникла как побочный продукт создания атомного оружия и, разумеется, все психологически воспринимали ядерную энергетику как нечто опасное. Очевидны в ней и объективные факторы риска. А для корабельных установок эта проблема особенно важна, поскольку атомные подводные лодки находятся в большом удалении от баз обслуживания, и если что-то, не дай бог, случится, там аварийной партии рядом под рукой точно не окажется, а личному составу просто некуда скрыться.

Мне было понятно, что для оценки безопасности и для выработки обоснованных рекомендаций по ее повышению нужно уметь моделировать переходные процессы работы ядерной энергетической установки, то есть уметь строить грамотные и достоверные математические модели, которые бы описывали все режимы, происходящие в этом сложном энергетическом комплексе: и теплофизические, и гидродинамические, и все другие. Эти процессы особенно важны для изучения, потому что они позволяют определить уровни фактической безопасности, которой обладает конкретная установка, выявить слабые места и наметить те конструктивные технологические меры, которые должны быть приняты для обеспечения требуемого уровня безопасности. Отсюда и необходимость науки.

**— Ваши работы в дальнейшем влияли на то, что было связано с улучшением конструкции реактора, систем управления?**

— Конечно. Мы так рьяно взялись за новое дело, что уже к 1964 году я подготовил монографию «Динамика ядерных энергетических установок подводных лодок». После нее я написал очень много всяких статей и учебников, но эта работа мне особенно дорога. Естественно, она была секретной и предназначалась только для специалистов закрытых организаций. Опи-

санные в книге математические модели учитывали нейтронно-физические, тепловые, гидродинамические и механические процессы, определяющие динамику установки в целом. Были книги американские, например Шульца, которая была посвящена переходному процессу только по нейтронам, а комплекс всей энергетической установки в таких переходных аварийных режимах в литературе к тому времени еще не описывался. В моей книге сделана была, пожалуй, первая в мире попытка рассмотреть нестационарные процессы целого комплекса: ядерный реактор, ядерная энергетическая установка в целом, турбозубчатый агрегат, гребной винт и корпус корабля — весь этот комплекс здесь рассматривался как единая динамическая система.

**— А что, гребной винт как-то влияет на работу ядерного реактора?**

— А как же! Все это единая динамическая система, одно влияет на другое, там обратные связи. Потом, конечно, я понял, что многие модельные вещи, которые я записал тогда исходя из чисто теоретических соображений, были недостаточно обоснованны и достоверны, мне нужно было бы более детальную картину получить, опираясь на надежные экспериментальные данные. С одной стороны, с этой целью мы и создали реактор. С другой стороны, для изучения теплофизических и гидродинамических процессов выстроили целый комплекс стендов для изучения всевозможных аварийных режимов.

**— В Севастопольском училище ведь очень рано заработал свой исследовательский реактор (ИР). Как вам удалось его заполнить?**

—О, в то время это был абсолютно авантюристический шаг! Представьте: построить реактор, да еще в Крыму, в курортной зоне. В то время из пятнадцати союзных республик только в трех работали реакторы — кроме России, еще на Украине и в Узбекистане. Я тогда был молод и не представлял, насколько тяжелая задача «пробить» такой реактор. Я шел напролом, всех убеждал, и мой учитель академик Анатолий Петрович Александров (он ведь с самого начала работ в начале пятидесятых был назначен руководителем по созданию первой ядерной установки для АПЛ, вы знаете?) очень много помогал. Я дошел до главкома ВМФ Сергея Георгиевича Горшкова — тот вначале вообще считал, что в училище можно обойтись и тренажерами. Я в запальчивости чуть ли не нагрубил ему, сказав, что обучать инженера-ядерщика на тренажере примерно то же, что ветеринара — на макете коровы из папье-маше. Николай Антонович Доллежал, мы с ним тогда впервые познакомились, очень много сделал. Мы все преодолели, и в результате научно-исследовательский реактор ИР-100 — водо-водяной на тепловых нейтронах — был запущен у нас в училище в 1967-м, даже немного раньше, чем похожий — в МИФИ. Позже мы его модернизировали, довели до большей мощности. Нам нужны были более высокие нейтронные потоки, поскольку эксперименты этого требовали. У реактора, конечно, были колоссальные возможности: девять вертикальных и три горизонтальных канала с мощными пучками гамма-квантов и нейтронов, выдвижная камера, трехступенчатый короб для помещения исследуемых образцов: первая ступенька — маленького объема,



вторая чуть побольше, а в третью ступеньку можно было при необходимости барана поместить и изучать радиобиологические эффекты, связанные с воздействием радиации на живой организм. Кроме ИРа в лабораториях училища работал еще целый ряд других совершенно уникальных установок.

— Читал, что у вас в училище была даже рабочая модель реакторного блока лодки.

— Не совсем так. Речь идет о так называемом энергетическом борте, на настоящей лодке их два, в АПЛ 670-го проекта (серия «Скат»; предназначалась для борьбы с авианосцами противника. — «Эксперт»). Это огромный корпус, внутри которого было расположено все энергетическое оборудование, как раз за исключением реактора. Вместо него была установлена водогрейная камера, которая вырабатывала пар с теми же самыми параметрами, что и ядерный реактор. Таким образом, мы имели, с одной стороны, действующий исследовательский ядерный реактор, с другой стороны, всю энергетическую установку АПЛ — не только первый, второй, третий и четвертый контуры, но и все электрооборудование, все системы, обеспечивающие живучесть и безопасность этого сложного энергетического комплекса. Нам удалось так организовать работу, что учебный процесс и научные исследования оказались тесно связанными, одно подкрепляло и обогащало другое.

— Насколько серьезной могла быть наука пусть и в инженерном, но все же военном училище?

— Судите сами по темам, которые велись в наших лабораториях. Мы, к примеру, исследовали методы математического моделирования переходных процессов в ЯЭУ, проводили экспериментальные исследования тепловых и гидравлических процессов при разгерметизации первого контура ЯЭУ. Разрабатывали в качестве резервного источника электроснабжения встроенные в активную зону реактора термоэлектрические генераторы. Результаты этих экспериментальных исследований не только использовались для разработки математических моделей, но и внесли существенный вклад в повышение безопасности корабельных ЯЭУ. Вот вы спросили, как влияла наша научная работа на развитие техники. Приведу такой пример. Вы знаете, что на флоте использовали как основной реактор с водой под давлением — он стоял более чем на 230 из 248 АПЛ, построенных в стране, было спущено на воду и больше десятка лодок с жидкометаллическим теплоносителем. Но для ВМФ предполагался и третий тип реакторов — кипящих, которыми хотели оснастить дизельные подводные лодки. Снизу подвесить капсулу, в этой капсуле поместить кипящий реактор небольшой мощности, специальная для обеспечения длительного пребывания под водой. Аккумуляторная батарея, как вы знаете, ограничивает пребывание лодки под водой, а здесь можно в течение длительного времени осуществлять небольшой ход под водой, используя реактор. Так вот, этот реактор не пошел в дело, и одной из причин были исследования, которые проводились у нас в училище в первой половине семидесятых. Мы исследовали по-

ведение активных зон при мощных ударных воздействиях. Эта тема возникла вот почему: поскольку все понимали, что будущая война будет войной ядерной, техника должна быть достаточно стойкой к воздействию ударной волны атомного взрыва. И перед проектировщиками лодок поставили задачу: ЯЭУ должна выдерживать нагрузку в 35 земных ускорений — 35g.

**— А люди выдержали бы такую перегрузку?**

— Мы говорим о стойкости техники. Корпус вполне мог выдержать, а вот что будет с реактором, как он поведет себя в таких случаях, было непонятно. Выяснением этого мы как раз и занялись. Создали стенд, помещавшийся на падающей платформе, которую мы сами же и спроектировали; изготовили ее в ленинградском ЦКТИ им. Ползунова. На этой платформе была смонтирована вся теплофизическая установка. Ее сбрасывали с высоты 15 метров, и при торможении возникали эти самые ускорения. И тогда выяснилось, что при определенных величинах ударной волны происходит схлопывание паровых пузырьков, а эти реакторы обладают так называемым положительным эффектом паровой реактивности, при схлопывании пузырьков интенсивность замедления нейтронов увеличивается и растет реактивность, то есть может начаться неуправляемый процесс. Таким образом, в рамках исследования поведения двухфазной среды при мощных внешних ударных воздействиях была решена и практическая задача. В результате от идеи использования на флоте кипящего реактора пришлось отказаться.

**— Вероятно, результаты ваших работ можно было масштабировать и на энергетические водяные реакторы?**

— Да, наверное. Но так у нас вышло, что тогда эти два направления — военное и мирное — развивались совершенно автономно. Хотя кое-что из наших достижений в ядерной энергетике пригодились. Знание поведения реакторной установки в тех или иных аварийных ситуациях важно не только для ее безопасной эксплуатации, но и для создания тренажеров для обучения управления ЯЭУ в различных режимах. Роль тренажеров ведь не ограничивается только подготовкой эксплуатационного персонала. Тренажер позволяет изучать, исследовать многие аварийные процессы, вникать в их узкие места, в потенциальные опасности, которые требуют особо внимательного отношения и умения как-то их разрешать. Первые тренажеры создавались именно в интересах ВМФ на основе математических моделей, в разработке которых принимал участие и ваш покорный слуга. Когда в 1986 году произошла авария на Чернобыльской АЭС, я был далек от стационарной атомной энергетики, но мне были понятны причины этой катастрофы по тому, что о ней писали, по докладам Легасова (академик Валерий Легасов — известный ученый, член правительственной комиссии по расследованию причин аварии на Чернобыльской АЭС и ликвидации ее последствий. — «Эксперт»), по беседам с коллегами. И я решил обобщить свое понимание ее итогов и уроков. В мае 1987 года я написал статью для самой авторитетной тогда газеты «Правда». В «Правде» инициативные статьи не принимались, но главный редактор Фро-



**Рис. 1.** Россия продолжает строить самые современные корабли в мире: ракетный крейсер 4-го поколения 885-го проекта «Ясень»

лов написал на ней резолюцию заведомо науки Кузнецову: «Статья пришла самостою, прошу рассмотреть и доложить». Тому материал показался актуальным, и буквально на следующий день статью «Техника без опасности» опубликовали. В ней, в частности, особо была выделена проблема необходимости создания тренажеров для атомных электростанций. В то время ни на одной атомной электростанции тренажеров еще не было ни у нас, ни на Западе. Надеюсь, эта публикация послужила неким таким толчком, и тренажеры для АЭС начали создаваться в срочном порядке.

— Кажется, примерно тогда же в журнале «Коммунист» вышла статья академика Легасова о вопросах безопасного развития техносферы.

— На проблему техногенной опасности как на проблему глобального характера, связанную с техническим прогрессом, у нас открыто первым обратил внимание именно Валерий Алексеевич. Он в некотором смысле является идейным отцом создания Института проблем безопасного развития атомной энергетики, хотя задумывал его, и я тут с ним полностью согласен, по-другому, — как институт техногенной безопасности. Но в постановлении ЦК КПСС и правительства речь шла о создании именно Института проблем безопасности атомной энергетики и предприятий химической промышленности. Затем, когда уже образовали этот институт, его тематика сузилась до проблем безопасности атомной энергетики. К сожалению, в России нет специализированного научного учреждения, которое было бы ориентировано на изучение комплекса проблем техногенной безопасности.

**— А как ваш институт начал заниматься проблемой утилизации нашего атомного флота?**

— Строго говоря, эта деятельность не укладывалась в профиль деятельности ИБРАЭ, но в начале 90-х годов финансирования никакого не было, и я чувствовал, что нужно найти такую тему, которая, с одной стороны, была бы актуальной, а с другой — давала бы возможность институту заработать. В это время со всей остротой как раз возникла проблема утилизации: у нас ведь 248 подводных лодок было построено, восемь атомных ледоколов, пять надводных атомных кораблей, атомный лихтеровоз. Американцы же построили меньше 190 АПЛ. Поскольку наши лодки строились в ударном порядке, то «залпом» подошли к тому моменту, когда их надо было выводить из эксплуатации, к чему ни наша промышленность, ни страна вообще оказались не готовы. В силу того, что я во второй половине 80-х служил председателем Научно-технического комитета ВМФ, то с этой проблемой был знаком и даже принимал участие в решении некоторых принципиальных вопросов, связанных с тем, как обращаться с отработавшими реакторными отсеками. Так, первоначально предполагалось располагать их в штольнях, в циклопических просто сооружениях, построенных в свое время для защиты тех же АПЛ на Дальнем Востоке и на Севере. Я был категорически против.

**— Почему, кстати? Ведь они спокойно выдерживают прямое попадание ядерного заряда. Из-за влажности? Американцы хранят такие отсеки, кажется, где-то открыто в пустыне.**

— Во-первых, для длительного хранения там действительно слишком влажно; во-вторых, уровень нижнего основания штолен на десять метров ниже уровня моря. Там стоит плотина, а если ее прорвет? От начальника разведуправления ВМФ я еще в 80-х узнал, что американцы хранят реакторные отсеки открытым способом в Хэнфорде, на пустынном востоке штата Вашингтон, — и тогда еще подумал, насколько простое и правильное решение: там в год, помоему, три или четыре дождливых дня всего. Когда я посетил Хэнфорд по приглашению уже в наше время, то с удивлением обнаружил свободно разгуливающего там индейца в перьях — оказывается, земли под хранилище арендуются у индейской общины. Радиоактивный фон нормальный, и предварительное время хранения определено волевым порядком в 70 лет. Тамошние ответственные лица сказали мне, что после этого срока отсеки будут стоять здесь, по крайней мере, еще столько же. Я инициировал несколько международных конференций, посвященных проблемам утилизации атомных подводных лодок, и в 2002 году на совещании «большой восьмерки» было принято решение выделить России 10 миллиардов долларов на 10 лет для ликвидации наследства холодной войны при условии создания обстоятельной серьезной комплексной программы, в которой будут обозначены все задачи, цели, технологии и так далее. Под моим руководством в ИБРАЭ мы разработали такую программу — «Стратегический мастер-план по утилизации выведенного из эксплуатации российского атомного флота и реабилитация радиационноопасных объектов его инфраструктуры на Северо-западе РФ».

— Кажется, там денег все же намного меньше было истрачено, чем 10 миллиардов долларов.

— Мы привлекли один миллиард 140 миллионов долларов от иностранных партнеров, 760 миллионов — российские деньги. В результате выполнения программы на сегодняшний день утилизировано 193 советских АПЛ из 201 выведенной из эксплуатации. Мы построили прекрасный центр сухого хранения в Сайда Губе под Мурманском, намного лучше американского. Сейчас там на долговременном хранении стоят 62 блока реакторных отсеков.

— Некоторые критики говорят, что выполнение этой программы, контролируемой западными странами, по сути, позволило нашим западным партнерам провести легальную разведработу, собрать много данных о технологических наработках и устройстве наших кораблей.

— Я думаю вот что: еще задолго до начала масштабных работ по утилизации, когда мы вдруг стали слишком уж открытыми, они уже имели возможности все посмотреть и на самих лодках, и на базах, и на заводах наших. Безусловно, все это было. Был разрешен и произошел массовый исход на Запад российских ученых, и некоторые из них со спокойной совестью рассказывали там о вещах, о которых не должны были бы рассказывать. Потом, я это знаю, на Западе потеряли интерес к этим специалистам, и многие из них бесславно закончили свое существование. Поэтому многие наши секреты, в том числе очень интересующей их лодки проекта 705 (проект «Альфа», серия АПЛ с реакторной установкой на быстрых нейтронах с жидкометаллическим свинцово-висмутовым теплоносителем. — «Эксперт»), которые в свое время представляли собой в Советском Союзе просто огромный инновационный отраслевой скачок и о создании которых наши потенциальные враги до сих пор могут только мечтать, стали им доступны. Особый интерес к утилизации этих лодок проявляли французы. Да, произошла большая утечка сведений. Но, во-первых, знать еще не значит суметь сделать, и тем же французам только для того, чтобы подойти к строительству реакторов с жидкометаллическим теплоносителем, нужно еще лет пятнадцать, да и то при условии национальной концентрации сил. И, во-вторых, эту утечку я не считаю критической, ведь она относится к уже прошедшему этапу развития техники. А что касается новых перспективных разработок, их обязательно надо продолжать вести, «без разрыва непрерывности», как сказали бы ядерщики, сохраняя созданную советскими учеными фору. Ведь мы по-прежнему единолично владеем технологиями в области быстрых реакторов; никто не пошел так далеко в создании интегральной компоновки ядерной энергетической установки и обеспечения естественной циркуляции теплоносителя, что делает такую ЯЭУ более надежной, безопасной и эффективной.

## Наука, религия и жизнь\*

Сначала позвольте сделать пару вступительных замечаний.

Во-первых, должен предупредить вас, что я никогда профессионально не занимался проблемой, обозначенной в названии моей лекции. То, что я собираюсь рассказать вам, является плодом моего жизненного опыта, а также размышлений, навеянных некоторыми событиями последних лет.

Во-вторых, я сразу же хочу вам со всей определенностью сказать, что не отношу себя к религиозным, верующим, людям, и вместе с тем никогда не был и сейчас не являюсь воинствующим атеистом.

Если же более четко позиционировать свое место в системе двух мировоззрений — материализма и теизма, я бы считал себя, безусловно, приверженным в значительно большей степени к материалистическим, чем к религиозным ценностям.

Но здесь, в самом начале, необходимо коснуться одного важного обстоятельства, которое, возможно, оправдывает некоторую кажущуюся на первый взгляд нечеткость моей идеологической позиции. Я глубоко убежден в том, что возможности человека как существа мыслящего, возможности его интеллекта неограниченны в процессе познания устройства и закономерностей окружающего его мира. Но эти возможности обнаруживают принципиальную ограниченность, когда вопрос касается первопричины мира.

Я совершенно не воспринимаю библейскую версию первопричины, в соответствии с которой все сотворил Бог. За этим может следовать вопрос: «А кто сотворил Бога?». В самом деле, если все должно иметь причину, то должен иметь причину и Бог.

В свою очередь, материалисты утверждают, что если может существовать нечто, не имеющее причины, то этим нечто сама природа может быть ничуть не хуже Бога. Однако и это объяснение, в сущности, ничего не объясняет. Оба аргумента первопричины ничем не отличаются от воззрения того индуса, который считал, что мир покоится на слоне, а слон на черепахе; когда же индуса спрашивали: «А на чем же держится черепаха?», тот отвечал: «Давайте поговорим о чем-нибудь ином».

Предлагаемая современной астрофизикой теория «большого взрыва» как объяснение первопричины мира также не разрешает эту проблему, так как немедленно вызывает следующий вопрос: а что было до «большого взрыва»? Кроме того, эта теория совершенно не касается происхождения жизни и ее самого таинственного атрибута, каким является разум.

По моему представлению, проблема первопричины гносеологически неразрешима, она попросту тупиковая. Поэтому, считая себя материалистом, я все-таки не до такой степени самонадеян, чтобы отрицать наличие управляющей субстанции некоего более высокого уровня. Или, если хотите, раз-

---

\* (Лекция, прочитанная на традиционном ежегодном сборе молодых ученых, ИБРАЭ РАН, май 2004 г.)

ума, недоступного нашему пониманию. И полагаю, что с этим надо просто смириться.

Таким образом, признав сложность и неразрешимость этой запутанной проблемы, давайте ее обойдем и, следуя совету того индуса, поговорим о других вещах.

И все-таки, что же меня заставило задуматься о взаимоотношении науки и религии?

В последние годы стало традиционным показывать по телевидению руководителей нашего государства, в большинстве своем вчерашних активистов-безбожников, со свечами в руках, со скорбными физиономиями, прикладывающихся поцелуями к руке патриарха.

Средства массовой информации широко оповещают о том, что церковнослужители освящают спуск на воду атомной подводной лодки, открытие нового аэропорта и многих других значительных и не очень значительных событий.

Патриарх всея Руси молится о благополучии экипажа терпящего бедствие атомохода «Курск», а этот экипаж, между тем, в полном составе трагически гибнет.

Телевидение и радио предоставляют время и место откровенным шарлатанам, выдающим себя за врачей тела и духа человеческого.

По телевидению выступают астрологи, в газетах печатаются гороскопы, совершенно серьезно рекомендуемые вам сегодня ни в коем случае не заключать деловые соглашения, но зато гарантирующие успех в любовных проблемах, и всякая прочая чертовщина.

Особая ветвь этой стороны современной духовной жизни — пышный расцвет паранауки, где, по образному выражению академика Э. П. Круглякова, орудуют «ученые с большой дороги». Реестр ныне процветающих оккультных наук весьма обширен и включает такие направления, как астрология, хиромантия, парапсихология, психотроника, бесовщина, колдовство и многое другое. Эти сорняки на научном поле стали особенно активно пробиваться уже на самых первых этапах объявленной М. С. Горбачевым перестройки.

Будучи в 80-х годах председателем Научно-технического комитета Военно-Морского Флота, я неоднократно сталкивался со случаями такого шарлатанства. Один такой случай связан с именем И. Л. Герловина. Этот «физик-теоретик» предложил теорию элементарных частиц, которая якобы позволяла объединить всю совокупность уже открытых частиц в периодическую систему, подобную Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. При этом предсказывались новые, еще не открытые частицы с указанием их зарядов, спинов, времен жизни и других характеристик.

И. Л. Герловин в рамках развитой им «теории» предложил новую парадигму, связанную с характеристикой «физического вакуума». По Герловину, из этой теории вытекали следствия, которые могли бы иметь широкое практическое применение: получение энергии из вакуума, создание принципиально новых средств связи и навигации и многое другое.

Заинтересовав руководство Министерства обороны, Герловин сумел получить солидную финансовую поддержку и создать в ВМФ исследователь-

скую группу, которая работала под завесой строжайшей секретности в течение ряда лет.

Об уровне проводившихся исследований и моральном облике ученых «школы Герловина» свидетельствует такой характерный факт. Как-то при посещении лаборатории первым заместителем Главкомандующего ВМФ адмиралом флота Н. И. Смирновым (а таких визитов больших начальников было много) ему продемонстрировали «получение энергии из ничего». Свидетельством получения энергии должно было стать появление пузырьков воздуха на поверхности погруженного в воду элемента. Пузырьки действительно возникли, но они появились благодаря спрятанному под столом воздушному баллончику, от которого был протянут тонкий шланг к элементу.

Несмотря на резко отрицательные заключения, труды Герловина в эти годы широко публиковались, а для реализации его идей открывались специальные лаборатории в уважаемых учебных заведениях ВМФ — сначала в Высшем военно-морском инженерном училище им. Ф. Э. Дзержинского, а затем в Военно-морской академии. Потребовалось несколько лет, чтобы вынести окончательный вердикт о полной научной несостоятельности этого проходимца и прекратить бессмысленную трату государственных средств.

Совершенно недопустимые масштабы пропаганды лженауки и ее мнимых достижений вынудили Российскую академию наук создать специальную комиссию по борьбе с лженаукой, возможности которой не позволяют сдерживать мощный натиск околонучного мракобесия и шарлатанства.

Однако вернемся к вопросу о месте религии, о соотношении церковных и государственных институтов.

В настоящее время создалась парадоксальная ситуация, прямо противоположная той, которая имела место в Советском Союзе.

Тогда везде за пределами храмов совершенно недопустимой была религиозная пропаганда в любой ее форме, и в то же время под эгидой правящей коммунистической партии государство интенсивно пропагандировало атеистическую идеологию.

Сегодня же, напротив, с помощью мощного арсенала средств массовой информации ведется широкомасштабная религиозная пропаганда, в которой участвуют не только церковь, государство, но косвенно даже первые лица государства, как бы приглашающие всех остальных граждан страны присоединиться к ним в служении церкви и Богу.

Большая часть моей сознательной жизни прошла в условиях господства коммунистической идеологии, одним из фундаментальных столпов которой является материализм. Вы живете в эпоху перестройки и реформ, отбросивших старую идеологию, но не провозгласивших вместо нее никакой другой альтернативной идеологии. Стихийно наше сегодняшнее общество опирается на достаточно эклектичную, во многом сумбурную систему идеологических взглядов, и в этом мутном котле формируется сознание молодого поколения нашей страны. Поэтому я посчитал своим моральным долгом поделиться мыслями по этой волнующей меня сегодня проблеме, не занимаясь при этом ни религиозной, ни антирелигиозной пропагандой, которые для меня в одинаковой степени отвратительны и неприемлемы в своей основе.



Цель моей лекции состоит в том, чтобы в очень краткой, конспективной форме сопоставить базисные положения двух мировоззрений — научного (или материалистического) и религиозного (или идеалистического), показать их несхожесть, а во многих случаях несочетаемость и даже противоположность, и высказать свои взгляды в отношении возможных форм их антагонистического сосуществования.

## Религия и наука

Итак, в чем же состоят коренные различия научного и религиозного мировоззрения, в чем заключается несовместимость научного и богословского методов познания мира? Я попытался ответить на эти вопросы в следующих 10 пунктах.

1. Наука неустанно изучает и анализирует окружающий мир, природу, выявляет управляющие ими во времени и пространстве закономерности, ищет и находит пути воздействия на окружающий мир.

Искать материальные истоки происходящих в мире явлений, тем более материальные истоки самого мира и сознания — для религиозной философии тема недопустимая, запретная. По религии мир создан таким, каким он возник при сотворении, а все, что в этом мире происходит с того момента, подчинено божьему промыслу и установлению.

2. Для науки органичен процесс неустанного миропознания и миропонимания, а для религии более характерно пассивное мирозерцание.

3. Религия базируется не просто на вере, а на беспрекословной вере. В религии совершенно неуместны вопросы, такие как «почему это так, а не иначе?», религия вообще несовместима с альтернативным мышлением, в то время как для науки такой подход является внутренней пружиной для ее развития и совершенствования.

Поэтому церковные и повседневные ритуалы всех религий мира в той или иной степени сопровождаются медитацией, они связаны с подавлением воли верующих (молящихся) и подчинением их духовной воле проповедника.

Мы это наглядно видим в передающихся теперь по телевидению торжественных религиозных обрядах в крупнейших храмах страны. Этому же подчинены подавляющие своей роскошью и масштабами архитектурно-художественное оформление храмов и подчеркнуто роскошное или парадоксально отличное от повседневного общепринятого одеяние священников.

Достижению этой же цели подчинена вся режиссура обрядов, включая их музыкальное сопровождение.

В 1989 г. по поручению Президиума Академии наук СССР я был командирован в Монголию на открытие нашей выставки нетрадиционных источников энергии. В один из дней пребывания меня пригласили посетить древний буддийский храм в окрестностях Улан-Батора.

Я там пробыл не более 20–25 минут. Но этого времени оказалось достаточно, чтобы под воздействием общей обстановки, царящего внутри храма полумрака, гортанного пения священника, тяжелого сладковатого запаха тлеющих трав, смешанного с запахом человеческих тел, отрешенных взглядов молящихся я и сам почувствовал, что начинаю отрываться от реальности. И только выйдя наружу, я вдохнул полной грудью свежий воздух и освободился от странного состояния, в которое я начал погружаться внутри храма.

4. Религия, на первый взгляд, возвышает человека, поднимает его дух, а если приглядеться, то на самом деле подминает и подавляет личность.

Когда вы слышите, как люди в церкви уничижают себя и заявляют, что они несчастные грешники и все прочее, то это представляется унижительным и недостойным уважающих себя человеческих существ.

В то же время наука по-настоящему возвышает человека, вселяет в него осознание собственной силы и мощи своего интеллекта, способного не только понять окружающий мир во всей его сложности и многообразии, но также изменять его. В этом состоит особая благородная миссия научного знания.

5. Научная философия — это философия реалистичного взгляда на мир; это философия духовного оптимизма.

Религиозная философия в ее широком измерении — это философия идеалистического взгляда на мир, философия духовного пессимизма.

6. Религия нетерпима к инакомыслию, она в основе своей несовместима с инакомыслием. В Евангелиях можно найти множество мест, где не желающим слушать проповеди божьи грозят вечным наказанием. Приведу лишь одно место из Евангелия о прегрешении против Святого Духа: «...если же кто скажет на Духа Святого, не простится ему ни в сем веке, ни в будущем».

7. Религиозные воззрения есть продукт догматического одномерного взгляда на мир. Научное воззрение, напротив, опирается на осознание многомерности окружающего нас мира. Плюрализм идей и подходов является органичной особенностью научного метода познания. Я бы сказал даже еще определеннее: инакомыслие в науке является мощным методологическим импульсом ее развития и прогресса.

8. Религия не одна, есть много различных религий, рожденных разными общественными, историческими (или доисторическими) условиями. Борьба религий между собой принимала самые уродливые, жесткие и кровавые формы. Во имя Бога инаковерующих сжигали, казнили, изгоняли (достаточно обратиться к любой брошюре по истории религии).

Наука отличается от религии тем, что она исследует объективно существующие закономерности природы. Наука едина, выводы ее, проверенные опытом, одинаковы, в какой бы стране не проводились опыты, каким бы ни был цвет кожи экспериментатора.

Этот простой и очевидный факт связывает между собой ученых всего мира. В сообществе представителей различных религий нет ничего похожего на подобное единство.

9. Религиозная вера в Бога в очень сильной степени основывается на страхе. Частью это ужас перед неведомым, а частью — желание чувствовать, что у тебя есть своего рода старший брат, который постоит за тебя во всех бедах и злоключениях.

Страх — вот что лежит в основе всего этого явления, страх перед таинственным, страх перед неудачей, страх перед смертью.

Научное воззрение раскрепощает духовный мир человека, предоставляя ему полную свободу выбора взглядов. В этом мире мы постигаем вещи и подчиняем их именно с помощью науки. Наука помогает нам преодолеть тот малодушный страх, во власти которого человечество пребывало в продолжение жизни столь многих поколений.

Наука учит нас — и этому, я думаю, нас учат собственные сердца — перестать озиаться вокруг в поисках воображаемых защитников, перестать придумывать себе союзников на небе, а лучше положиться на собственные усилия здесь, на земле, чтобы сделать этот мир местом, пригодным для достойной жизни.

10. Религия обращена, главным образом, в прошлое, заиклена на прошлом. Наука исследует, конечно, и прошлое, но она всем своим духом и содержанием устремлена в будущее.

11. Наука опирается на активный разум, на рассудок, а религиозное учение в целом строится на обширной совокупности различных предрассудков.

Предрассудок — это убеждение, предшествующее работе рассудка. Это то, что усваивается некритически, иррационально, не проверено практическим опытом, зато чрезвычайно эмоционально окрашено.

Действительная причина того, почему люди принимают религию, на мой взгляд, не имеет ничего общего с доводами рассудка. Люди принимают религию почти исключительно из эмоциональных побуждений.

## **Религия и мораль**

Теперь уместно кратко обсудить весьма деликатный вопрос о соотношении религиозной и светской морали.

Одним из базисных постулатов религиозных учений является утверждение о том, что верующие люди в большей степени привержены моральным ценностям, так как религия устанавливает строгие принципы и рамки морального поведения. Однако неправильно было бы из этого делать вывод о том, что человек неверующий, живущий в светском пространстве, заведомо не связан с нравственными и моральными нормами и тем самым ущербнее человека религиозного. Исторический опыт, равно как и опыт повсед-

невного поведения людей верующих и неверующих, опровергают универсальный характер и категоричность такого вывода.

Но в то же время нельзя не признать, что религиозная мораль содержит ряд постулатов и принципов, которые, безусловно, имеют общечеловеческую ценность.

Наиболее полно моральный кодекс христианина отражен в Евангелии от Матфея (главы 5–7), в знаменитой Нагорной проповеди Христа.

Я не буду касаться того, как я воспринимаю это интересное свидетельство в целом, ограничусь лишь некоторыми общими соображениями:

а) ряд провозглашенных в этой проповеди принципов достаточно очевидны, являются гуманными и, безусловно, разделяются людьми высокой морали, независимо от их религиозной принадлежности. Например:

— «И так во всем, как хотите, чтобы с вами поступали люди, так поступайте и вы с ними».

— «Не судите, да не судимы будете».

— «Если вы будете прощать людям согрешения их, то простит вам Отец ваш небесный».

— «Итак, когда творишь милостыню, не труби перед собой, как делают лицемеры, чтобы прославляли их люди».

— «И что ты смотришь на сучок в глазе брата твоего, а бревна в твоем глазе не чувствуешь».

Хотя не все приведенные в качестве примера постулаты являются безусловными и абсолютно приемлемыми, в целом они все же укладываются в рамки общечеловеческой морали с теми или иными ограничениями, обусловленными обстоятельствами места и времени.

б) есть принципы достаточно сомнительные и двусмысленные:

— «Но да будет слово ваше: «да, да», «нет, нет»; а что сверх того, то от лукавого».

— «Итак не заботьтесь о завтрашнем дне, ибо завтрашний сам будет заботиться о своем: довольно для каждого дня своей заботы».

Первый из этих постулатов отрицает компромиссные подходы, которые, как известно, во многих случаях являются в высшей степени рациональными и эффективными. Неочевидность справедливости второго постулата не требует дополнительных объяснений.

в) и наконец есть принципы, которые неприемлемы с точки зрения общечеловеческой морали. Приведу лишь один:

«Не противься злему. Но кто ударит тебя в правую щеку твою, обрати к нему и другую...».

### **О совместимости религиозного и научного мировоззрений**

Из приведенного выше сопоставления некоторых базисных факторов, на которых основаны религиозное и научное мировоззрения, можно сделать вывод о том, что эти две формы духовного сознания имеют очень мало общего. Религия и наука — две непересекающиеся области общечеловеческого мировоззрения.

Каждая из этих систем имеет право на существование, и каждый человек имеет свободу выбора любой из них. Но, по моему убеждению, эти две духовные сферы должны сохранять автономность; они, в силу своей несовместимости, могут нормально сосуществовать только параллельно.

При этом я считаю совершенно необходимым, чтобы люди, придерживающиеся этих очень несхожих, а во многом противостоящих друг другу философских концепций, были взаимно уважительны и терпимы.

Самой рациональной и справедливой формой сосуществования и взаимодействия между этими двумя формами духовного сознания и бытия мне представляется невмешательство. Я бы ограничился именно такой формой взаимоотношений, потому что большего требовать было бы просто нереалистично.

Проникновение религиозных взглядов, мнений и методов в научную сферу может иметь только пагубные для науки последствия. Возникающие и получающие широкое распространение квазинаучные направления и теории, в конечном счете, являются продуктом отказа от общепринятых научных критериев и методов; для обоснования этих теорий применяется антинаучная, в сущности, идеалистическая иррациональная методология.

С другой стороны, попытки внедрить научные подходы и методы в божественную сферу аморальны с точки зрения ортодоксальных религиозных канонов и совершенно непродуктивны ни для науки, ни для религии.

На самом деле в повседневной жизни эти две сферы духовного бытия не всегда отделены друг от друга непроницаемой стеной.

Имеется немало примеров, когда ученые, в том числе и очень крупные, строго соблюдали религиозные обряды или, более того, становились священнослужителями, продолжая при этом плодотворную научную деятельность.

Так, великий русский физиолог, Нобелевский лауреат, академик Иван Петрович Павлов до конца дней своих регулярно посещал церковь, строго соблюдая православные традиции и правила. В советское время он этим самым ставил в очень трудное положение официальные власти, которые, впрочем, ничего не могли против него предпринять, учитывая всемирную известность и огромный авторитет ученого.

Другой пример связан с именем профессора Ташкентского медицинского института Валентина Феликсовича Войно-Ясенецкого, одного из немногих, чей бюст установлен в галерее выдающихся хирургов нашей страны в Институте неотложной помощи им. Склифосовского.

Воспитанный в семье очень набожного католика, он в то же время окончил Киевский университет, где изучал медицину, и стал успешным практикующим врачом. Однако в начале 20-х годов он стал священником, продолжая по-прежнему оперировать, читать лекции студентам и писать научные труды. Перед каждой операцией он благословлял больного, молился перед иконой Божьей Матери о благополучном ее исходе, ставил на теле больного йодовый крест и только после этого начинал священнодействовать.

В 1923 г. 46-летний священник Войно-Ясенецкий был посвящен в епископы и получил имя Луки.

Имеют место случаи несколько иного рода, когда ортодоксальные священнослужители посвящают себя научной деятельности. Одним из ярких подобных примеров является имя выдающегося естествоиспытателя, австрийского монаха Грегора Иоганна Менделя, заложившего основы такой науки, как генетика.

Все эти примеры ни в какой степени не противоречат приведенным выше соображениям о соотношении научного и религиозного мировоззрений. Не вызывает сомнений, что все эти ученые, независимо от глубины их веры и занимаемого в церковной иерархии положения, оставались в сущности своей материалистами, сознательно или стихийно (как, например, Мендель) используя в научной работе строго научные методы и материалистические подходы. Это как раз те случаи, когда исключения из правил лишь подтверждают справедливость последних.

### Религия и государство

Эта необъятная тема является предметом множества исследований, дискуссий и острой политической борьбы на всем протяжении истории религий и государств. В рамках моей лекции не представляется возможным даже просто показать всю сложность, многомерность и остроту проблемы. Цель моя значительно скромнее: в предельно лаконичной форме сформулировать собственную точку зрения на принципиальные положения, касающиеся сосуществования религии и государства, взаимоотношения церковных и государственных институтов.

С учетом высказанного выше понимания особенностей научного и религиозного мировоззрений, их несхожести и, более того, несовместимости в рамках единой рациональной идеологической конструкции, единственно обоснованной формой решения этой вечной проблемы является четкое и последовательное разделение церковных и государственных институтов, то есть отделение церкви от государства. Не дело церкви претендовать на участие в решении государственных задач, равным образом, как и недопустимо вмешательство государства в дела церкви. При этом ни государственным служащим, ни даже руководителям государства не возбраняется исповедовать ту или иную религию, исполнять церковные ритуалы. Это является исключительно личностным выбором, однако для государственного деятеля отношение к религии должно иметь достаточно интимный характер, а исполнение ими религиозных ритуалов не должно выливаться в публичные формы.

Навязчивая демонстрация на экранах телевизоров руководителями государства при исполнении ими церковных ритуалов объективно выполняет роль религиозной пропаганды. При этом с учетом массовости телевизионной аудитории и высокого положения этих государственных мужей — пропаганда достаточно мощной. Это, хотя и находящийся вне правового поля, типичный пример нарушения принципа отделения религии от государства.

Можно было бы привести и много других подобных примеров, но я остановлюсь лишь на одном из них, а именно на оживленно обсуждаемом во-

просе о преподавании православия в общеобразовательных школах. В качестве альтернативы поборники других религий предлагают наряду с православием изучать в обязательном порядке и другие религии, по крайней мере, такие как мусульманство и иудаизм. Реализация такой инициативы подорвала бы фундаментальные основы светского государства и вернула бы нас к давно ушедшим темным страницам российской истории.

Значительно меньшие возражения вызывает предложение о введении в программу школьного обучения изучение истории религиозных учений. Это могло бы осуществляться либо в рамках курса общей истории либо в формате специальной дисциплины. При этом в любом случае необходимо как минимум выполнение двух обязательных условий: во-первых, этот курс должен преподаваться светскими учителями, а не священнослужителями, и, во-вторых, программа изучения такой дисциплины не должна содержать даже намеков на элементы миссионерства или косвенной пропаганды.

Соблюдение деликатного баланса между уважительным отношением к верующим и к церкви в целом и последовательным соблюдением принципа ее автономности является одной из важнейших функций государства. Сохранение такого баланса особенно актуально для переживаемого нашей страной переломного исторического периода, когда вместо коммунистической идеологии не предложено какой-либо альтернативной цельной и принятой большинством населения страны новой национальной идеи.

### **Наука, религия и жизнь**

Мне бы хотелось в заключение обратить ваше внимание на одно обстоятельство, которое, так же как и мораль, может быть полем компромисса между всеми людьми, независимо от их отношения к религии. Это природа и жизнь в их прекрасном многообразии и органичной связи. Человек рожден на Земле и наделен бесценной привилегией — жить на этой прекрасной планете с ее безбрежными океанами и морями, с ее лесами и долинами, с библейски скупыми и выразительно живописными пустынями, с белым безмолвием арктических и антарктических просторов, с ее изменчивым, но всегда прекрасным небом. Все мы должны любить свою родную Землю, беречь ее, стремясь, несмотря на неизбежный научно-технический прогресс и рост народонаселения, сохранить сложившееся равновесие в природе.

Что собой представляет наша жизнь, этот исчезающий краткий миг в океане бесконечного времени и пространства, нам, наверное, понять не суждено. Но то, что нам дана возможность ощущать этот миг, его цветное многообразие, гармонию, красоту и необъятную глубину — это несравненное счастье и наслаждение. Живите открыто и радостно, любите жизнь и любите людей. Верьте глубине и мощи человеческого интеллекта, постоянно обогащайте свои знания и гибкость мышления, воспитывайте в себе искусство соединять силу интеллекта с практическими делами.

Мы должны совершенствовать не только свой дух, но и тело, гармония и красота которого должны находиться в согласии с гармонией и красотой природы.

На основании опыта собственной жизни я пришел к твердому убеждению, что физическая культура (физкультура) является важной и органичной частью общей культуры человека, наряду с такими ее элементами, как, например, образование и воспитание. Лозунг времен первых лет советской власти «В здоровом теле — здоровый дух» не так тривиально прост, как это может показаться на первый взгляд. В этих словах заключен глубокий смысл, подтвержденный опытом многих поколений человеческих жизней.

Здоровый человек способен не только к активной жизни и плодотворной работе. Он наделен способностью полнее и ярче воспринимать красоту природы и человека. Например, для здорового телом и духом мужчины, что может быть прекраснее, чем наслаждение красотой, гармонией и совершенством женщины, ощущение непередаваемой словами окружающей ее таинственной и сладостной ауры.

Здесь уместно привести одну древнюю восточную притчу. Престарелый мудрец, отвечая на вопрос одного из своих учеников, как ему удалось так долго прожить, сохранив при этом отменное здоровье, активность и интерес к жизни, сказал: «Если хочешь быть здоровым телом и духом, как можно дольше смотри на зеленую траву, на текущую воду и на красивых женщин». Ученик переспросил: «Нельзя ли ограничиться только третьим?» «Если не будешь смотреть на зеленую траву и на текущую воду, на женщин не захочется смотреть само по себе», — ответил мудрец.



## Об ученых титулах\*

Недавно председателем Высшей аттестационной комиссии был назначен академик М. П. Кирпичников — уже третий с момента начала реформ в нашей стране. Приход нового руководителя связан обычно с новыми инициативами и веяниями. О своих взглядах и намерениях по проблемам подготовки и аттестации научных кадров он поделился на встрече с представителями экспертных советов, в которой удалось принять участие и мне. Многие из высказанных новым руководителем ВАК соображений представляются весьма актуальными, некоторые совпадают с теми предложениями, которые, в частности, были высказаны в моей заметке в «Бюллетене ВАК» (№ 1, 2003 г.). В то же время отдельные соображения представляются мне дискуссионными, о чем, кстати, предупредил и сам Михаил Петрович. Однако все эти инициативы, равным образом, как и некоторые другие соображения, касающиеся проблем аттестации научных кадров, мне бы хотелось рассмотреть не изолированно, а на фоне очень краткой исторической ретроспективы и описания той системы аттестации научных кадров, которая сложилась в советские годы и которая в основных чертах сохранилась до сегодняшнего дня. И вообще, мне представлялось бы полезным порассуждать с вами о том, когда и почему возникла в России система присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий, как она выглядит сегодня и как мне видятся ее перспективы в обозримом будущем.

Прежде всего, необходимо отметить, что градация ученых по степени их научных заслуг не является чем-то исключительным, свойственным только этой сфере деятельности.

Присвоение гражданам всевозможных титулов и званий — почетных и ординарных — является обычной практикой для любого структурированного общественного уклада. Наиболее традиционной и устойчивой является, например, система воинских званий. Несмотря на некоторые отличия, эта система в основе своей универсальна для различных государств.

Глубокие исторические корни имеют титулы, отражающие привилегированное общественное положение лиц, которым они присваиваются. В этом ряду можно отметить большое разнообразие всевозможных градаций, в числе которых лорды, пэры, графы, князья, принцы, бароны, шейхи и множество других титулов.

В нашей стране традиционно применяется система званий для работников прокуратуры, таможенной службы, налоговой службы. В послевоенные годы была разработана и применялась система званий для работников железнодорожного транспорта. Присвоение почетных званий с давних пор у нас практикуется для работников искусств, врачей, юристов и представителей других областей профессиональной деятельности.

---

\* (Выступление на выездном заседании Экспертного совета ВАК по проблемам флота и кораблестроению в Военно-морской академии им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова, Санкт-Петербург, 14 апреля 2006 г.)

Однако для всех приведенных примеров характерным является то, что звания и титулы присваиваются либо по наследственному признаку, либо по совокупности заслуг деятельности того или иного работника в соответствующей сфере. При этом заслуги могут учитываться либо непосредственно, либо опосредованно, когда звания присваиваются в соответствии с занимаемой должностью.

Но есть и еще одно общее обстоятельство, сопутствующее присвоению перечисленных титулов и званий. Ни в одном из этих случаев не используются публичные процедуры, предусматривающие участие персоны, удостоиваемой того или иного титула, в защите своего права на его получение.

Поэтому во всех этих случаях титулы и звания присваиваются либо без всякого учета личных способностей и заслуг (родовые, наследственные титулы), либо эти заслуги определяются соответствующими государственными органами или созданными по распоряжению этих органов специальными комиссиями.

Исключением из этого правила являются две сферы деятельности: спорт и наука.

Пожалуй, наиболее объективная система званий реализована в области спорта, где для оценки заслуг используются такие строго измеряемые параметры как метры, секунды, баллы, а в единоборствах и игровых видах — количество побед. Поэтому именно в спорте соответствие достижений и заслуг присваиваемым званиям является наиболее точным. А сами спортивные разряды и звания — кандидат в мастера, мастер спорта, заслуженный мастер спорта пользуются непререкаемым авторитетом и уважением. Я был немало удивлен, когда при моей первой встрече с трижды Героем Социалистического Труда, лауреатом множества премий академиком Яковом Борисовичем Зельдовичем увидел у него на пиджаке единственный знак отличия — значок теннисиста 3-го разряда.

Но совершенно особое место в ряду всевозможных титулов и званий занимают ученые титулы и прежде всего ученые степени. Эта особенность связана с тем, что ученые степени присуждаются по результатам публичной защиты, в ходе которой претендент на присвоение ему ученой степени участвует в научной дискуссии, где ему противостоят официально утвержденные оппоненты. В этой дискуссии, проводимой в формате публичной защиты, принимают участие также члены специализированного диссертационного совета.

Публичный характер защиты, высокий уровень квалификации официальных оппонентов, строгие критерии, используемые при комплектовании диссертационных советов, а также непременное тайное голосование по результатам защиты придают всей процедуре присуждения ученых степеней не только демократический характер, но и высокую степень объективности.

Несколько по-иному дело обстоит с присвоением ученых званий. И наконец, особое место в системе ученых титулов занимают академические звания. Но обо всем этом поговорим несколько позднее.

Сложившаяся к настоящему времени в мире система ученых титулов не является универсальной для всех государств, что нередко приводит к трудностям при сопоставлении и юридическом признании (нострификации) ученых степеней и званий, полученных в разных странах.

К настоящему времени в нашей стране сложилась двухступенчатая система научных степеней, универсальная для всех специальностей. Это кандидат наук и доктор наук. Такая система, на мой взгляд, вполне оправдала себя, и именно она обеспечивает исключительный престиж и авторитет ученой степени доктора наук. Наш доктор наук практически не имеет сопоставимых аналогов в зарубежной практике. При общении с зарубежными коллегами степень доктора наук обычно воспринимается эквивалентной званию профессора, которое пользуется устойчиво высокой репутацией в международном научном сообществе.

Требования к кандидатской степени в нашей стране таковы, что эту научную ступень могут преодолеть очень многие выпускники вузов. При этом совсем не обязательно наличие особых природных способностей или яркого таланта. Гарантацией успеха могут быть добротное высшее образование, умение самостоятельно работать и благоприятная научная среда.

Совсем по-другому дело обстоит со степенью доктора наук. Здесь, как правило, необходимы природные способности к творческому мышлению, соответствие этих способностей предстоящей научной работе как своей основной профессиональной области деятельности. Поэтому неслучайно, что длительная практика аттестации научных кадров привела к среднему статистическому соотношению между числом кандидатов и докторов наук как 10:1.

В большинстве других стран используется одноступенчатая система научных степеней, при которой единственной публично защищаемой ученой степенью является доктор философии (PhD). Доктор философии при этом может быть и по филологии и по астрономии и т.д. В ряде стран стандарты таковы, что PhD по уровню ниже нашего кандидата наук. Что касается, например, США, то американское PhD почти в точности сопоставимо с нашим кандидатом наук.

Одним из немногих исключений является Франция, где, как и у нас в России, имеются две ступени научной квалификации: доктор философии и доктор наук. Но установить прямое соответствие с нашим кандидатом и нашим доктором наук этих степеней довольно затруднительно.

Действующая в нашей стране система научной аттестации сложилась не одномоментно, а имеет достаточно длительную историю.

Начало подготовки научных кадров в нашей стране связано с университетами. В отличие от Запада российские университеты изначально образовывались как государственные учреждения. Поэтому аттестация научно-педагогических кадров в России с первых шагов принимает характер государственной системы. Вот основные вехи возникновения и эволюции системы аттестации научных кадров в нашей стране:

1. Зарождение государственной аттестации связано с созданием в 1724 г. Академии наук и художеств и открытием 25 января 1755 г. Московского университета.
2. 1791 г. — Указ Екатерины II «О предоставлении Московскому университету права давать докторскую степень обучающимся в оном врачебным наукам».
3. 24 января 1803 г. — Указ «Об устройстве училищ».

4. Московскому, Казанскому, Харьковскому и Дерптскому университетам предоставлено «право давать ученые степени и достоинства».
5. Установлены ученые степени: кандидат, магистр, доктор.
6. В 1804 г. указом Александра I были утверждены уставы трех университетов — Московского, Казанского и Харьковского. В уставы был включен раздел «Об испытаниях и производстве в университетское достоинство». Особая значимость Устава состояла в том, что он давал право присуждения ученых степеней всем российским университетам. Они должны были руководствоваться едиными требованиями к уровню подготовки претендентов на ученые степени и процедуре их получения. Подобного подхода в масштабе государства не было ни в одной стране мира. Именно поэтому этот год можно считать годом начала аттестации научных кадров в России.
7. 20 января 1819 г. утверждено «Положение о производстве в ученые степени». Узаконен унифицированный, обязательный для всех университетов процедурный регламент присуждения ученых степеней.

Российская система подготовки и аттестации научных и научно-педагогических работников получила дальнейшее развитие в советское время.

После революции система аттестации научных и научно-педагогических кадров, как и раньше, сохранила государственный характер. Формирование стройной системы аттестации в СССР началось в 1932 г. В 1934 г. был утвержден правительством состав высшей аттестационной комиссии (ВАК) во главе с академиком Г.М.Кржижановским. В целях поощрения научной работы и стимулирования повышения квалификации научных и научно-педагогических работников были установлены ученые степени кандидата и доктора наук, звания профессора, доцента, старшего научного сотрудника, а также ассистента и младшего научного сотрудника. Право присвоения последних званий со временем было передано самим вузам и НИИ.

В 1934 г. степень доктора получили 130 человек, и среди них И. В. Курчатов, М. А. Лаврентьев, Л. Д. Ландау, А. А. Скочинский, А. Н. Туполев. До 1974 г. ВАК входил в состав государственных органов, ведающих вопросами образования, и в течение ряда лет он находился в составе Министерства высшего и среднего специального образования СССР.

В 1974 г. ЦК КПСС и Совет министров СССР приняли Постановление «О мерах по дальнейшему совершенствованию аттестации научных и научно-педагогических кадров». В постановлении подчеркивалось, что подготовка научных кадров в современных условиях осуществляется не только в высшей школе, но и в Академии наук СССР, академиях наук союзных республик, научно-исследовательских институтах министерств и ведомств. Аттестация научных и научно-педагогических кадров приобрела межотраслевой, общегосударственный характер. ВАК Минвуза был преобразован в ведомство при Совете министров СССР. И этим актом было окончательно зафиксировано, что подготовка научных кадров имеет важное общегосударственное, а отнюдь не ведомственное значение.

Преобразование Высшей аттестационной комиссии в единый общегосударственный орган, а также новое «Положение о порядке присуждения ученых степеней и званий» стали крупным событием в жизни страны.

На основе Постановления о реорганизации системы аттестации были разработаны и утверждены Советом министров СССР «Положение о ВАК СССР», «Положение о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий».

Главным руководящим органом ВАК СССР стал пленум. Пленум формировался из числа крупных специалистов, на одну треть — из работников высшей школы, на одну треть — из работников академий наук и на треть — из ученых из научно-исследовательских институтов производства. В состав пленума вошел президент Академии наук СССР А. П. Александров, все президенты академий наук союзных республик, в том числе академик Б. Е. Патон, президент АН медицинских наук Н. Н. Блохин, так же как президенты других отраслевых академий. Членами ВАК СССР были Нобелевский лауреат Н. Г. Басов, председатель инженерных обществ СССР А. Ю. Ишлинский, выдающиеся медики Б. В. Петровский и Е. И. Смирнов, ректоры МГУ Р. В. Хохлов и МВТУ им. Н. Э. Баумана Г. А. Николаев, руководители крупных отраслевых НИИ академики Б. П. Жуков и В. М. Глушков. Пленум заслушивал отчеты о деятельности президиума, экспертных советов, советов по присуждению ученых степеней и присвоению ученых званий, рекомендовал к утверждению документы по аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации. Члены пленума рассматривали апелляции и жалобы на работу органов ВАК.

В период между заседаниями пленума руководящим органом системы аттестации был президиум ВАК. В его состав входили, помимо председателя, его заместителей и главного ученого секретаря, авторитетные ученые, организаторы науки и образования: вице-президент АН СССР Ю. А. Овчинников, заместитель председателя Госкомитета по науке и технике Г. В. Алексеев, заместитель Министра союзного Минвуза Н. С. Егоров, президент академии сельхознаук И. С. Шатилов, президент академии педагогических наук М. И. Кондаков, вице-президент академии художеств В. С. Кеменов, начальник артиллерийской академии генерал-лейтенант Ф. П. Тонких, директора крупных отраслевых научно-исследовательских институтов академики В. С. Семенихин и Н. П. Лаверов.

Президиум ВАК СССР разрабатывал порядок организации и размещения советов по присуждению ученых степеней, утверждал персональный состав советов по защите докторских диссертаций, выносил решения о создании экспертных советов, а главное — принимал решение о присуждении степени доктора наук и присвоении звания профессора. Президиум также периодически заслушивал отчеты председателей советов по присуждению ученых степеней и присвоению ученых званий, сообщения Государственной инспекции по вопросам аттестации. Если пленум ВАК собирался два раза в год, то президиум работал практически еженедельно. Заблаговременно аттестационные отделы готовили членам президиума на основании решений экспертных советов, советов вузов и НИИ справки по каждому аттестационному делу доктора или профессора. На возникающие вопросы ответы давали председатели соответствующих экспертных советов, давших рекомендации президиуму к положительному или отрицательному решению по делу соискателя.

Вопросы присуждения ученой степени кандидата наук и присвоения ученых званий доцента и старшего научного сотрудника были компетенцией коллегии ВАК СССР. В состав коллегии входили штатные сотрудники. Помимо руководителей ВАК, начальники трех аттестационных отделов и начальник Государственной инспекции ВАК. Основная функция коллегии — снятие с контроля решений советов о присуждении ученой степени кандидата наук и выдаче диплома, а в случае ходатайства о присвоении звания доцента или старшего научного сотрудника — выдаче соответствующего аттестата. На регулярно проводимых заседаниях коллегии также рассматривались вопросы текущей деятельности ВАК СССР, проверки исполнения принятых решений, подбора и использования кадров, отчеты руководителей отделов аппарата ВАК. Коллегия утверждала персональный состав советов по защите кандидатских диссертаций.

Состав пленума, президиума и коллегии ВАК СССР утверждался Советом Министров СССР. Все члены пленума, коллегии и начальники аттестационных отделов, Госинспекции, Отдела анализа и информации имели степень доктора наук. Таким образом, руководство, аппарат ВАК СССР состояли из ученых высшей квалификации.

Ключевым звеном в структуре ВАК СССР были экспертные советы. Именно их деятельность определяющим образом сказалась на итогах работы системы аттестации после 1974 г. Экспертные советы служили камертоном требований к соискателям ученых степеней и званий, определяли содержание кандидатских экзаменов, проводили работу по анализу тематики диссертаций ее актуальности, использования их результатов в практике. Экспертные советы комплектовались с учетом рекомендаций академий наук, советов высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений, а также заинтересованных министерств и ведомств. Возглавили экспертные советы ведущие авторитетнейшие специалисты в соответствующей отрасли науки. Так, первыми председателями экспертных советов стали по математике академик В. С. Владимиров, по машиностроению — К. С. Колесников, по терапии — Ф. И. Комаров, по строительству — А. Ф. Смирнов.

Только опираясь на рекомендации экспертных советов и их авторитет, президиуму и коллегии удавалось выстоять и не уступить давлению со стороны на окончательное решение о присуждении ученой степени.

Важно, что решения о присвоении звания профессора в ВАК СССР принимались не только работниками вузов, но и докторами наук, работающими на производстве, деятелями культуры. Этим повышалось качество экспертизы, поднимался авторитет звания профессора.

Принципиально новым в работе по аттестации научных кадров после 1974 г. стал анализ диссертационных работ силами экспертных советов и рекомендации по их реализации в практике.

Основным звеном системы аттестации стали специализированные советы по защита диссертаций вузов и НИИ.

Специализированным советам предоставлялось право не только присуждать, но и ставить вопрос о лишении ученой степени. Конкретные примеры о лишении степеней и званий публиковались в «Бюллетене ВАК СССР».

Официально ВАК СССР являлся ведомством Совета Министров СССР. Председатель Совета Министров СССР Алексей Николаевич Косыгин находил время, чтобы держать под контролем и деятельность ВАК. Он предложил ежегодно направлять в Совет министров справку в объеме не более 1,5 страницы об итогах работы системы аттестации, докладывать ему лично о возникающих проблемах. Так, с его помощью, были решены оперативно вопросы об оплате работы председателей экспертных советов, о строительстве здания ВАК. Здание ВАК, кстати, было построено за два года на ул. Грибоедова и позволило проводить в нем общесоюзные совещания ученых, обеспечить постоянную работу экспертных советов, в торжественной обстановке вручать дипломы докторов наук и аттестаты профессоров. Прекрасно спроектированное помещение для ВАК способствовало объединению ученых разных отраслей науки.

ВАК — пример единства государственного и общественного учреждений. С одной стороны, им выдавались документы, имеющие государственную силу. А с другой стороны, решить вопрос о присуждении или лишении ученой степени нельзя было без решения совета специалистов, то есть научной общественности.

Хорошо налаженная и, не побоюсь этого слова, уникальная в мировой практике система аттестации научных кадров, подверглась разрушительному воздействию с началом либеральных реформ в России. Первым актом демократов-реформаторов в отношении ВАК было выдворение этого уважаемого в советские годы ведомства из специально построенного для него здания на ул. Грибоедова.

Еще некоторое время после этого ВАК продолжал подчиняться непосредственно руководителю правительства, но вскоре его статус был снижен, и он был преобразован в одно из ведомств в составе Министерства науки. А однажды после очередной административной реформы про ВАК вообще забыли, и чтобы исправить ситуацию, специальным постановлением его определили как самостоятельный государственный комитет с прямым подчинением правительству. Причем это продолжалось очень недолго, и после очередной реформы, которые следовали одна за другой, ВАК был снова преобразован — теперь уже в ведомство Министерства образования РФ. В настоящее время ВАК еще более снижен в своем статусе и находится в подчинении Федеральной службы по надзору в сфере образования и наук Министерства образования и науки РФ. Таким образом, в процессе многократных административных реформ статус ВАК в Российской Федерации постепенно снижался, что наглядно свидетельствует о недооценке со стороны государства его роли как основного органа, отвечающего за подготовку и аттестацию научных и научно-педагогических кадров в стране.

Здесь уместно отметить, что во всех странах СНГ ВАК продолжает оставаться самостоятельным ведомством в составе правительств, а в Белоруссии его статус еще выше. Здесь ВАК находится в непосредственном подчинении Президенту страны.

Таким образом, ВАК в Российской Федерации оказался на обочине административного устройства, а дело подготовки научных кадров перестало быть одной из приоритетных задач государства. Все это объективно приве-

ло к снижению эффективности функционирования ВАК и прежде всего к понижению уровня требований при аттестации научных и научно-педагогических кадров.

Длительное время с первых лет перестройки ВАК возглавлял член-корреспондент АН СССР (затем РАН) Н. В. Карлов, хороший ученый с широкой эрудицией. Однако эта служба, по-видимому, рассматривалась им как своеобразное хобби, и эффективность работы ВАК стала обвальным снижаться. Достаточно сказать, что за все годы, в течение которых этим органом руководил Н. В. Карлов, не было созвано ни одного Пленума ВАК, диссертационные советы отправились в «самостоятельное плавание», начал размываться такой важный принцип аттестации научных кадров, как единство требований. Н. В. Карлова сменил уважаемый мною академик Г. А. Месяц, однако и при нем коренного улучшения положения дел не произошло, так как Геннадий Андреевич, будучи первым вице-президентом РАН, директором академического института и руководителем множества научных советов, комиссий и комитетов, физически не мог уделять должного внимания работе ВАК.

Все вышеизложенное не могло не привести к ряду негативных последствий в деле подготовки и аттестации научных кадров, на некоторых из которых хотелось бы специально остановиться:

1. Особенностью и краеугольным камнем системы аттестации научных кадров в нашей стране является ее государственный характер, корни этой национальной традиции очень глубоки, они уходят в далекие дореволюционные годы. Без особого преувеличения можно утверждать, что эта традиция является одним из наших национальных достояний, которая в немалой степени обеспечивала высокие достижения и престиж российской культуры и науки.

Сейчас в связи с появлением множества параллельных ВАК структур, самостоятельно осуществляющих присуждение ученых степеней и званий, по звучанию эквивалентных общепринятым и привычным для нас, происходит фактический подрыв государственного принципа аттестации. Присуждение ученых степеней и званий этими структурами (например, возникшими в последние годы многочисленными общественными академиями) производится с легкостью, ничего общего не имеющей со строгими едиными требованиями ВАК. В то же время носители таких званий и степеней обычно умалчивают об их происхождении и именуют себя просто докторами наук, профессорами и т. д.

Отмеченная тенденция — чрезвычайно тревожная и опасная, так как она приводит к девальвации авторитетных и уважаемых в научном сообществе научных титулов.

2. Весьма негативным оказался опыт создания так называемых разовых советов, когда специализированному совету разрешается осуществлять прием к защите диссертации, профиль которой не соответствует паспорту этого совета. Включение в состав совета для проведения такой разовой защиты специалистов соответствующего профиля является лишь паллиативом, так как в этом случае достигнуть уровня компетенции требуемого специализированного совета невозможно. Широкая практика использования



разовых советов подрывает другой важнейший принцип построения системы аттестации научных кадров — высокую степень специализированности диссертационных советов.

3. Представляются неоправданными ограничения на участие специалистов в работе нескольких советов. Эта норма препятствует многим ведущим авторитетным специалистам принимать максимально активное участие в процессе аттестации научных кадров, обедняет состав советов. Недоиспользование располагаемого научного потенциала в итоге не может не приводить к снижению уровня требований при защите диссертаций. По моему мнению, настало время снять эти ограничения и предоставить свободу участия крупных ученых в работе диссертационных советов в пределах их физических и временных возможностей.

4. Снижению уровня требований в ходе присуждения ученых степеней способствует достаточно большое число диссертационных советов, слабо укомплектованных квалифицированными, активно работающими в науке специалистами. Постоянные попытки ВАК сократить число диссертационных советов до оптимального уровня далеки от достижения цели. Учитывая совершенно недостаточную загруженность многих советов, работа в этом направлении должна энергично продолжаться.

5. Предложение Председателя ВАК о возможной ликвидации кандидатских советов требует тщательного анализа, особенно с учетом проблем, которые в этом случае могут коснуться интересов отдаленных регионов страны.

Что касается высказываемых некоторыми учеными предложений о создании специальных диссертационных советов при Президиуме ВАК для защиты в них диссертаций крупными административными и государственными чиновниками, то, на наш взгляд, это было бы крайне непродуктивной мерой, которая привела бы к негативным последствиям.

6. У меня складывается ощущение, что в последние годы имеет место тенденция, хотя и плавного, но неуклонного снижения научного уровня докторских диссертаций. В доперестроечные годы защита докторской диссертации была заметным событием в научном мире, докторские диссертации по масштабности и актуальности исследованных проблем, по глубине научной проработки решаемых задач, как правило, качественно отличались от кандидатских диссертаций. В наши дни это отличие в отдельных случаях бывает трудно обнаружить, нередко докторская диссертация отличается лишь объемом и тем, что она защищается после кандидатской диссертации (кстати, иногда всего лишь через 2-3 года).

7. В последние годы заметно проявляется тенденция увеличения доли руководителей в общем контингенте лиц, защищающих докторские диссертации. Само по себе это явление могло бы не иметь негативного оттенка, если бы представляемые административными руководителями работы были естественным обобщением многолетних собственных научных исследований. Я всегда считал, что руководитель, прошедший добротную школу исследователя, больше внимания уделяет развитию науки в подведомственном учреждении, с уважением относится к ученым, заботится о росте научного потенциала.

Я бы мог привести ряд таких похвальных примеров защиты диссертаций достаточно высокопоставленными руководителями. Прекрасную работу на соискание степени доктора наук защитил начальник Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны РФ адмирал Комарицын Анатолий Александрович по истории гидрографической службы и перспективам ее развития на базе синергического подхода. После защиты он продолжает проводить активную творческую работу, руководит научными советами, пишет статьи и монографии.

Проблемам развития корабельной авиации была посвящена кандидатская диссертация командующего морской авиацией Военно-Морского Флота генерал-полковника авиации Дейнеки Владимира Григорьевича. Его труд явился итогом творческого осмысления многолетней практической работы соискателя в должности командующего авиации ВМФ. Прекрасное владение предметом, глубокая обоснованность выводов, смелость и нетривиальность предложений — все это произвело на меня самое благоприятное впечатление.

К сожалению, в последние годы все чаще руководители, назначенные в научные и учебные заведения с практической работы, а иногда и просто занимающие высокие административные должности, не имеющие непосредственного отношения к научной деятельности, защищаются ради пополнения джентльменского набора титулов, пристойного для начальника института, начальника или ректора вуза, главного конструктора и т. д. Нередко уже через 2–3 года после назначения на должность к нам поступает кандидатская или докторская диссертация таких соискателей. При этом внешне все выглядит законно и благопристойно. Хорошее голосование, положительные отзывы, достаточное количество публикаций и т. д. и т. п.

Но мы хорошо понимаем, как все это может делаться при связях такого руководителя и его возможностях организовать помощь в выполнении работы со стороны подчиненных.

В советское время при беседах в ЦК КПСС перед назначением на номенклатурную должность, если человек имел ученую степень, его прежде всего спрашивали, когда он защитил диссертацию — до того, как он стал уже каким-то начальником, или после. Там хорошо понимали, в чем состоит разница между этими двумя вариантами.

К сожалению, в этом случае единственным механизмом отсеять недоброкачественные работы, который доступен нам, является приглашение таких руководителей на заседание Экспертного совета с основной целью — попытаться выяснить, насколько самостоятельно автором выполнена диссертация.

Однако это, как правило, мало что может изменить. Поэтому остается обеспечить более высокую требовательность и принципиальность на ранних стадиях приема к защите таких диссертаций в советах. В решении этой задачи большая роль отводится членам Экспертного совета, которые могут повлиять на формирование соответствующего общественного мнения, много сделать на местах, чтобы перекрыть возможности для защиты недоброкачественных, выполненных к тому же несамостоятельно, работ.

Одной из причин активного стремления администраторов к получению ученых степеней является отсутствие в нашей практике специальных званий, отражающих уровень квалификации работников руководящего профи-

ля. В ряде западных стран для этих категорий профессиональной деятельности установлены особые степени: магистр бизнес-администрирования (Master of Business Administration, MBA) и более высокая ступень квалификации для администраторов — доктор бизнес-администрирования (Doctor of Business Administration, DBA). Введение по образцу западных стран подобных особых степеней для руководителей могло бы, по-видимому, несколько снизить стремление администраторов к получению ученых степеней. Во всяком случае, такое предложение мне представляется вполне заслуживающим специального обсуждения.

8. Защита диссертаций в виде научного доклада всегда занимала особое положение, имела весьма ограниченное применение и по многолетним статистическим данным составляла не более 3–4 % от общего числа защищаемых диссертаций. Ситуация изменилась в последнее время, когда число защит диссертаций в виде научного доклада стало заметно возрастать.

Все это сопровождается очевидным снижением научного уровня работ и объективно приводит к девальвации авторитета ученых степеней. Несомненно, прогрессивным шагом нового «Положения о присуждении ученых званий» является норма, в соответствии с которой исключена возможность защиты по докладу кандидатских диссертаций.

Другой важной нормой нового положения является требование, в соответствии с которым защита докторской диссертации в виде научного доклада проводится только с разрешения Экспертного совета ВАК на основании ходатайства Диссертационного совета.

Но даже эти более жесткие условия не смогут исключить попыток использования предоставляемой положением возможности защиты докторских диссертаций в виде доклада при отсутствии достаточных для этого научных оснований.

Поэтому к рассмотрению аттестационных дел по диссертациям в виде доклада Экспертный совет должен всегда относиться с повышенным вниманием.

По исходному замыслу право на защиту диссертаций в форме научного доклада должно предоставляться сложившимся ученым, достаточно известным научной общественности по публикациям в отечественных или зарубежных изданиях, по открытиям и изобретениям, имеющим большое народнохозяйственное значение, по активному участию на национальных и международных научных конференциях.

Поскольку уровень и объем научных достижений этих ученых в соответствующей области уже получил достаточно полное отражение в опубликованных работах и достигнутых практических результатах, а также признание широкой научной общественности, оформление диссертации в этом случае было бы излишним и чисто формальным актом.

Если подходить к защите диссертаций в форме научного доклада исходя из приведенных выше соображений, то следовало бы ожидать более высокого рейтинга таких диссертаций по сравнению с традиционными. На практике же в большинстве случаев ученая степень, полученная в результате защиты по научному докладу, не без оснований котируется научной общественностью ниже, чем степень, присужденная в результате защиты традиционной диссертации.

Этот парадокс объясняется тем, что из-за неполноты соответствующих формулировок «Положения о порядке присуждения ученых степеней» довольно часто в форме научного доклада защищаются откровенно слабые работы, и степень присуждается скорее не за личные научные достижения соискателя, а за его научно-организационные или административные заслуги.

Научный доклад, в отличие от традиционной диссертации, позволяет в определенном смысле «замаскировать» невысокий научный уровень работы, затрудняет ее объективное рецензирование, усложняет выявление творческого участия соискателя в научных исследованиях.

К сожалению, нередко к защите диссертации в форме научного доклада обращаются соискатели, отдельные работы которых, будучи собраны под обложку традиционной диссертации, из-за пестроты содержания и недостаточной научной значимости просто не смогли бы удовлетворить требованиям положения. Нередко представляемый к защите научный доклад оказывается искусно составленным рефератом плохо состыкованных друг с другом работ весьма посредственного научного уровня, который, по замыслу соискателя, должен компенсироваться его высоким административным положением.

Выбор для защиты формы научного доклада в ряде случаев объясняется нежеланием серьезно поработать над своим, может быть, первым солидным научным трудом и стремлением как можно быстрее и легче «остепениться». Это замечание особенно справедливо по отношению к сравнительно молодым соискателям, которых, как показывает практика, в числе защищающихся по докладу становится все больше.

В связи с отмеченными обстоятельствами, при рассмотрении докторских диссертаций Экспертный совет, по моему мнению, должен исходить из того, что защита в виде научного доклада является скорее исключением, чем правилом, а право на нее могут иметь лишь уже сложившиеся признанные ученые, выдающиеся конструкторы, авторы крупных научных достижений и открытий, важных технологий.

Несомненным требованием к диссертации в форме доклада должно быть обеспечение направленности содержания научных работ на решение конкретной научной проблемы, вынесенной в название диссертации.

Недопустимо механическое суммирование всех научных публикаций, слабо связанных идейным содержанием и целевой установкой.

Особое внимание должно быть уделено тому, что не очевидно: установлению личного творческого вклада соискателя в решение проблемы.

Для более обоснованной экспертизы таких диссертаций было бы целесообразным установить обязательную высылку в ВАК вместе с научным докладом всех основных публикаций и других материалов, относящихся к научной деятельности соискателя по теме диссертации, а не ограничиваться, как это делается сейчас, представлением аттестационного дела и текста доклада.

При соблюдении приведенного минимума требований можно рассчитывать на то, что защита диссертации в форме научного доклада перестанет быть лазейкой для слабых работ, а ученые степени, присужденные в результате такой защиты, займут достойный их наивысший рейтинг.

9. Необходимо очень внимательно подходить к оценке обоснованности грифа секретности диссертаций. Бывают отдельные случаи, когда гриф секретности присваивается с целью облегчить задачу выполнения требований положения ВАК о публикациях и ограничить возможности контроля качества диссертации со стороны широкой научной общественности. К сожалению, этому способствует принятый, как мне кажется, исключительно для удобства работы режимных органов порядок, при котором закрытым советам не разрешено принимать к защите открытые диссертации. Нередко для обоснования грифа секретности в открытых по существу работах включается ничтожный фрагмент из какого-либо грифованного документа. В процессе рассмотрения работ эксперты должны уделять этому аспекту должное внимание.

Обсуждая вопросы, связанные с учеными титулами, я пока ограничивался лишь учеными степенями. В то же время к категории ученых титулов относятся и всевозможные ученые звания, такие, например, как доцент, профессор, заслуженный деятель науки и т. п. Однако сделанный мною акцент на ученые степени вполне сознателен, так как именно ученые степени являются основой и ядром в системе ученых титулов. Ученые звания, при всем уважении к ним, являются все же производными от ученых степеней характеристиками научных или педагогических заслуг. Присвоение ученых званий не связано с процедурами публичной защиты, и поэтому их объективная значимость в иерархии ученых титулов не столь убедительна, как значимость ученых степеней и, в первую очередь, степени доктора наук.

Опираясь на свой многолетний опыт работы в учебных и научных заведениях, я убедился, что ключевым звеном в работе по повышению научного потенциала исследовательских коллективов является подготовка докторов наук. Именно количество добротных, активно работающих докторов наук является наиболее объективной характеристикой творческого потенциала того или иного научно-исследовательского института или учебного заведения.

Что касается ученых званий, то они в значительно большей степени характеризуют педагогические или научно-организационные заслуги, чем непосредственно научный потенциал.

Позволю себе высказать еще одну мысль, на первый взгляд, не совсем тривиальную. В научном сообществе, да и в обществе в целом, принято считать высшей степенью научных заслуг избрание ученого в Академию наук (я имею в виду наши государственные академии, а не появившиеся в последние годы всевозможные сообщества, именующие себя академиями). В какой-то мере это, конечно, справедливо, так как избрание в академики осуществляется самими академиками, а процедуры избрания сопряжены с очень жестким отбором. И все же, есть одно обстоятельство, а именно обязательность процедуры публичной защиты, которое позволяет мне, признавая высокий авторитет академических званий, все же специально отдавать должное весу и значимости ученых степеней, их особому месту в иерархии ученых титулов.

И в заключение хотелось бы подчеркнуть назревшую необходимость активизации деятельности ВАК в целом, что особенно актуально в условиях

негативных тенденций в области подготовки и аттестации научных кадров. Я имею в виду прежде всего усиление координирующей и консолидирующей роли ВАКа, которая была в значительной мере утрачена в последние десятилетия. Заседания Президиума ВАКа частично такую функцию выполняют, однако рутинный характер этих заседаний и достаточно узкий состав его участников существенно ограничивают их возможности. Полагал бы целесообразным возобновить практику советского периода, когда периодически созывались расширенные пленумы ВАК, с участием научной элиты страны, на которых рассматривались наиболее острые ключевые проблемы в работе по аттестации научных кадров и подготавливались предложения по назревшим важнейшим стратегическим решениям, нацеленным на совершенствование этой работы.

Необходимо также коренным образом изменить облик Бюллетеня ВАК, в котором помимо чисто информационных материалов должны регулярно публиковаться также аналитические статьи. Бюллетень ВАК должен стать общественной трибуной и дискуссионной площадкой по обмену положительным опытом работы, внося, таким образом, вклад в обеспечение единства требований при аттестации научных кадров и в повышение эффективности работы в целом в этой важной для государства сфере деятельности.

## О выборах в Академию наук\*

### Размышления на фоне актуальных реплик из сатирической повести Жоржи Амаду «Военный мундир, мундир академический и ночная рубашка» (Farda, fardão, comisoladedormir)

Российская Академия наук является одним из старейших институтов нашего государства, датой основания которого принято считать 8 февраля (по новому стилю) 1724 г., когда Сенатом был одобрен проект Петра I об учреждении в Санкт-Петербурге Академии наук и художеств. Подчеркивая при этом, что «невозможно, чтобы здесь следовать в протчих государствах принятому образцу», Петр далее формулирует цель вновь создаваемого учреждения: «Надлежит такое здание учинить, через которое не токмо слава сего государства для размножения наук нынешним временем распространилась, но и через обучение и расположения оных польза в народе впредь была». На протяжении почти 300 лет своей истории ученые Академии наук верно служили и служат своему Отечеству и народу. Естественно, что облик, структура, состав и цели Академии наук многократно изменялись, однако в течение всего этого времени она оставалась высшим научным учреждением страны, мировым центром исследований в области математики, естественных, технических, гуманитарных и общественных наук.

*«Думаю, Мариусия, что нет у нас в стране ничего более возжеленного, чем мундир академика. Академия — это вершина, Олимп, с ней ничто не сравнится. Нас, «бессмертных» избранных богов, всего сорок. Это честь, которая возносит, венчает, прославляет и радует».*

Уникальным является то обстоятельство, что на протяжении всей своей многолетней истории, несмотря на крутые исторические повороты, катаклизмы и общественные преобразования, Академия наук сохраняла устойчивость и положение одного из наиболее почитаемых и авторитетных институтов государства. Единственная реальная попытка ликвидировать Академию наук была предпринята в середине 1918 г., когда научный отдел Наркомпроса подготовил предложение о преобразовании Академии наук в Ассоциацию научных учреждений. К счастью, рассмотрение этого документа из-за бюрократических проволочек затянулось. Об этой инициативе стало известно непременно секретарю Академии С. Ф. Ольденбургу, который, не имея возможности лично обратиться к В. И. Ленину, попросил это сделать известного физика академика П. П. Лазарева. В ответе на обращение Петра Петровича Лазарева (в августе 1918 г.) Ленин строго указал Наркому А. В. Луначарскому прекратить нападки на Академию наук [1]. В связи с описанием этого эпизода уместно заметить, что академик С. Ф. Ольденбург был

---

\* Текст с незначительными изменениями, без цитат Жоржи Амаду опубликован в статье «Российская академия наук: какой ей быть?», Вестник РАН, т. 82, № 12, 2012 г.

избран непререкаемым секретарем Академии еще в 1904 г. и продолжал занимать эту должность вплоть до 1929 г.

Чтобы соблюсти историческую строгость, необходимо упомянуть также о скандальном конфликте между Академией наук СССР и руководителем партии и государства Н. С. Хрущевым в связи с известными событиями, связанными с именем академика Т. Д. Лысенко. Возмущившись тем, что общее собрание Академии наук не избрало на специально выделенные вакансии сторонников Лысенко, Н. С. Хрущев на состоявшемся вскоре после этого Пленуме ЦК КПСС (1964 г.) заявил: «Мы разгоним эту Академию к чертовой матери!» [2]. Однако и у него хватило ума не предпринимать каких-либо практических действий, ограничившись лишь этим непристойным выпадам.

Вторая в истории Академии наук попытка ее ликвидации начала предприниматься уже в новейшее время в ходе состоявшихся в 90-х годах поспешных и непродуманных реформ. Особенно пагубными для перспектив восстановления и развития страны явились реформы в области образования и науки. Не углубляясь в детали развернутой в последние годы кампании против Российской академии наук, можно лишь констатировать, что содержание предлагаемых реформ сводится к фактической ликвидации ее, как одного из последних рудиментов советской системы, к отторжению от нее научных учреждений, к преобразованию академии в почетный клуб избираемых в ее состав членов. Попытки такого пагубного реформирования академии были инициированы Б. Г. Салтыковым, занимавшим пост Министра науки и технической политики с 1991 по 1996 г. - сначала в правительстве Е. Т. Гайдара, а затем В. С. Черномырдина. Эти попытки не прекращаются и в наши дни, теперь уже при покровительстве и поддержке со стороны Министра образования и науки А. А. Фурсенко.

При этом прямые атаки в средствах массовой информации сопровождаются практическими шагами, направленными на планомерное подрыв лидирующей роли Академии наук, на распыление и без того скудных средств, выделяемых для проведения научных исследований, между неподведомственными Академии вновь создаваемыми структурами, такими как Федеральные научные центры или, к примеру, новообразования типа ОАО «Росnano» или инновационный центр «Сколково». Все эти структуры создаются в спешном порядке, без обсуждения широкой научной общественностью, без серьезного сравнительного анализа различных вариантов решения возлагающихся на них задач. Создание этих структур и обеспечение их повседневной деятельности требуют колоссальных, соизмеримых с выделяемыми для поддержки фундаментальных исследований финансовых затрат\*\*, окупаемость которых даже в перспективе представляется весьма проблематичной.

С другой стороны, совершенно очевидно, что отрицать необходимость серьезного реформирования Академии наук было бы, по меньшей мере, не-

---

*	Бюджет «Сколково»	Бюджет РФФИ	Бюджет РАН
2011 г.	19 168 млн. руб.	6 529 млн. руб.	37 000 млн. руб.
2012 г.	50 000 млн. руб.	6 800 млн. руб.	37 970 млн. руб.



дальновидно. Нельзя согласиться с когда-то сказанными то ли в шутку, то ли всерьез словами академика Л. А. Арцимовича: «В России есть только два принципиально нерепформируемых института — Православная церковь и Академия наук». Оставим в стороне Православную церковь. Что касается Академии наук, то безусловная необходимость ее глубокого реформирования диктуется не только накопившимися за многие предыдущие годы проблемами, но и происшедшими в стране коренными политическими, социальными и экономическими изменениями, новой конфигурацией мирового устройства, вызовами очередной волны научно-технической революции.

Поскольку анализ проблем реформирования Академии наук выходит за рамки настоящей статьи, кратко перечислю лишь некоторые из них. Первое, что хотелось бы отметить, — это чрезмерная громоздкость Академии, наличие в ее составе явно избыточного числа научных учреждений. На сегодня в составе Академии наук насчитывается более 430 институтов, различных центров и других научных организаций, не считая большого числа внеакадемических институтов, работающих под методическим руководством отделений Академии наук. При этом институты-«монстры» соседствуют с множеством карликовых учреждений, в отдельных случаях специально созданных «под» ушедших с высоких руководящих постов академиков. Обращает на себя внимание схожесть или идентичность названий многих институтов, наличие реликтовых и трудно воспринимаемых наименований, таких, например, как «Институт научной информации по общественным наукам» или «Институт проблем развития науки».

О громоздкости структуры Академии наук свидетельствует и то, что в ее составе функционирует около 400 научных советов, различных комитетов, обществ и ассоциаций, уже в названии которых просматривается очевидный параллелизм осуществляемых ими функций. Ряд научных советов малоэффективен, немалое число из них пребывают в анабиозном состоянии, не созываясь многие месяцы.

До сих пор отсутствуют убедительные, воспринимаемые научным сообществом объективные критерии оценки эффективности деятельности научных учреждений, что порождает почву для необоснованной критики и упреков в адрес Академии наук.

Все названные и многие другие проблемы могут быть успешно решены при сохранении проверенных временем основных концептуальных принципов организации Академии в ходе решительного ее реформирования на основе тщательно продуманного системного подхода. Первым безусловно необходимым шагом при этом должно явиться уточнение роли и места Академии наук с учетом сложившихся к настоящему времени общественно-политических реалий, четкое определение стратегических целей, траекторий и методов реформирования. К сожалению, осуществляемые в настоящее время изменения по сути своей носят преимущественно характер оборонительной реакции на спорадические решения Министерства образования и науки, а также на критику и нападки, содержащиеся в многочисленных «антиакадемических» публикациях в средствах массовой информации, авторами которых остается сравнительно устойчивая группа лиц. Некоторые

из них еще в недавнее время занимали видные посты, другие близки к представителям родственного им по идеологии крыла в руководстве страны.

Как уже было замечено выше, специальное рассмотрение проблем реформирования академии не является целью данной статьи. Вместе с тем, чтобы придать высказываемым здесь суждениям большую сбалансированность, полагал бы уместным очень кратко изложить свое собственное представление об институциональной роли и месте Российской академии наук в системе государственного устройства. Традиционно сложившаяся в нашей стране структура Академии наук, кроме избираемого сообщества ее действительных членов и членов-корреспондентов, включает большое число научно-исследовательских институтов, охватывающих широкий спектр фундаментальных научных направлений. Примеры такого устройства академий, вообще говоря, имеются и в других странах, однако значительно чаще они лишены собственных научных учреждений и выполняют роль высшего научного экспертного собрания. Отдельные функции Академии наук в этих странах реализуются вузами или специальными структурами, такими, например, как Общество Фраунгофера и Институт Макса Планка в Германии. Оба эти подхода, на мой взгляд, являются правомерными, однако конкретный выбор того или иного из них связан с множеством различных причин: с историческими обстоятельствами, характером и уровнем экономического развития страны, с уровнем научного потенциала и научными традициями, с особенностями и уровнем системы образования, с международной ролью и амбициями государства.

Нынешний облик Российской Академии наук, в основном, сформировался в советский период истории нашего государства и диктовался интересами консолидации научного потенциала для решения грандиозных задач построения современной индустриальной экономики и укрепления обороноспособности страны. Решение этих задач в исторически ничтожные сроки в стране с разрушенной войнами экономикой и с безграмотным в подавляющей своей массе населением было бы невозможным без опоры на богатые национальные научные традиции и концентрации ограниченных финансовых возможностей в интересах развития науки. Именно в этих условиях была принята концепция построения Академии наук СССР, которая предусматривала систему исследовательских институтов по основным наиболее актуальным направлениям фундаментальной науки. Оборонные интересы страны и интересы развивающейся экономики потребовали постепенного расширения профиля и увеличения числа академических институтов. Своеобразным штабом, определявшим стратегические направления развития науки и осуществлявшим оперативное управление деятельностью институтов, выступало относительно компактное по численности общее собрание действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук.

История АН СССР-РАН многократно подтвердила оптимальность такой конфигурации. В подтверждение этого утверждения ограничимся лишь одним из многих возможных примеров, а именно, примером создания в нашей стране ядерного оружия. Решение этой жизненно важной для сохранения нашей государственности стратегической задачи в кратчайшие сроки стало возможным лишь потому, что в области ядерной физики в рамках Академии

наук СССР к тому времени сформировались мощные научные школы мирового уровня. И хотя изменившаяся в стране социально-политическая и экономическая обстановка, равным образом как и отмеченные выше накопленные негативные проблемы, безусловно требуют серьезного реформирования академии, на наш взгляд, нет никаких объективных оснований к пересмотру концептуальных основ ее построения. Критическое и в то же время бережное отношение к Академии наук, как к нашему выдающемуся национальному достоянию, является неперменным условием ее совершенствования, оптимизации и расцвета в интересах России и ее народов.

В ряду приоритетных направлений реформирования отдельное место занимает задача совершенствования качественного состава академиков и членов-корреспондентов, от уровня которого зависит не только моральный и профессиональный авторитет Академии наук, но и, в решающей степени, эффективность ее функционирования в целом, как высшего научного учреждения страны. Как известно, в соответствии с Уставом РАН [3] академики и члены-корреспонденты Академии избираются самим академическим сообществом в ходе тайных выборов, которые проводятся не реже 1 раза в 3 года. Общее количество вакансий определяется числом ушедших из жизни членов академии в пределах установленной на данный период ее численности. При этом время проведения выборов, наименования специальностей и количество вакансий по каждой специальности устанавливаются президентом Академии наук с учетом предложений отделений Академии, ее региональных отделений и региональных научных центров.

*«В кабинете начальника департамента печати и пропаганды полковника Перейра раздался телефонный звонок от академика, профессора коммерческого права Лизандро Лейте.*

*— Полковник, сегодня утром умер Антонио Бруно.*

*Полковник, услышав эту скорбную весть о смерти члена Академии известного поэта Антонио Бруно, открывающую перед ним широчайшие горизонты, не смог удержаться от восклицания и подавить улыбку. Но тут же спохватился, собрался, притушил улыбку, несовместимую с выражением скорби, которое требовало печальное (вовсе даже не печальное!) известие.*

*— Открылась вакансия! — Академик произнес эти слова с пафосом, словно дарил полковнику нечто редкое и бесценное».*

Последние выборы состоялись в декабре прошедшего года. Это были большие выборы, в ходе которых избрано 81 действительных членов и 132 члена-корреспондента Российской академии наук. В числе избранных немало достойных ученых, внесших выдающийся вклад в развитие отечественной и мировой науки. Вместе с тем выборы высветили ряд негативных тенденций, которые в той или иной степени имели место и ранее, но проявление которых от одних выборов к другим становится все более масштабным.

При достаточно высоком общем уровне научного потенциала членов Академии наук, который во все времена определял ее традиционно достой-

ный престиж и положение в ряду других государственных учреждений, состав академии никогда не был однородным и отличался той или иной степенью пестроты. Несмотря на очевидность этого утверждения, все же уместно вспомнить известную эпиграмму нашего великого поэта А. С. Пушкина, адресованную вполне реальному персонажу — одному из членов Петербургской Академии наук, чиновнику Министерства народного просвещения князю Дондукову-Корсакову (1794 г.—1869 г.) [4]:

*«В Академии наук/ Заседает князь Дундук./ Говорят, не подобает Дундуку такая честь;/ Почему ж он заседает?/ Потому что (---) есть.»* [5].

Любопытное суждение по поводу неоднородности состава академии высказал выдающийся советский математик А. Н. Колмогоров: «Для устойчивого существования академии нужно, чтобы, по крайней мере, треть ее членов составляли те, кого по их заслугам нельзя не избрать, каковы бы ни были их личные качества, иначе это ослабит Академию наук. Еще 40 % могут составлять ученые, которые, если их избрать, будут хорошими академиками, но если их не избрать — катастрофы не будет. И только при этих условиях на оставшуюся часть можно избирать тех, кого нельзя выбирать».

К сожалению, приходится констатировать, что даже эти обозначенные А. Н. Колмогоровым весьма либеральные пропорции в последние годы все более смещаются в правую сторону. И в то же время, несмотря на постоянные агрессивные выступления в средствах массовой информации в адрес академии, на целенаправленно создаваемые для ее эффективной деятельности трудности, на возникновение параллельных конкурирующих структур, а также множества общественных академий всевозможного, в том числе и весьма сомнительного толка, престиж членства в Российской академии наук продолжает сохраняться высоким и, по-видимому, именно поэтому жесткий конкурс при выборах в академию в течение последних двух десятилетий не снижается. Однако при этом отмечается тенденция роста числа всевозможных администраторов, государственных чиновников, депутатов и даже бизнесменов, стремящихся быть избранными в академию, хотя эти попытки за редкими исключениями получают решительный отпор со стороны академической общественности.

В то же время хотелось бы обратить внимание на то, что среди избранных оказывается непомерно большое число лиц, которые хотя и работают в научных учреждениях, но для которых непосредственное участие в научных исследованиях не является основным содержанием их повседневной профессиональной деятельности. Так, на последних выборах, из числа 81 избранных академиков около 60 человек являются директорами институтов, заместителями директоров, ректорами вузов, сотрудниками аппаратов региональных научных центров. В несколько меньших, но также впечатляющих масштабах эта тенденция проявилась и при избрании членов-корреспондентов. Из 132 избранных членов-корреспондентов лиц, представляющих перечисленные выше категории, оказалось более 60 человек. Особенно тревожная ситуация в группе членов-корреспондентов, избранных с ограничением возраста. Здесь из общего числа избранных (31) категорию руководи-

телей различного ранга представляют 15 человек. Эти данные получены из «Справки-аннотации на кандидатов в действительные члены РАН и члены-корреспонденты РАН (*Выборы 2011 г.*)». При этом следует иметь в виду, что приведенные цифры являются нижней оценкой, так как справки-аннотации практически готовились самими претендентами, некоторые из которых по понятным соображениям старались не называть основное место своей работы, если оно не имело ничего общего по характеру решаемых задач с профилем научной организации, а указывали лишь занимаемую ими по совместительству должность в каком-нибудь вузе или НИИ.

В этой связи вполне адекватной мерой могло бы стать формирование на время выборов мандатной комиссии, одна из функций которой состояла бы в проверке подлинности данных, содержащихся в представленных кандидатами документах.

Отмеченная тенденция в какой-то мере является закономерной, так как возрастающие сложность и масштабы фундаментальных исследований в ряде научных областей требуют консолидации усилий крупных коллективов, что объективно приводит к возрастанию роли института научного руководства. Несомненно, среди руководителей научных учреждений немало настоящих, в том числе и выдающихся, ученых, однако нередки случаи, когда на директорские посты выдвигаются скорее эффективные менеджеры, чем люди, имеющие склонность к научной деятельности и достигшие в этой сфере сколь-нибудь значимых результатов. Тревожащим является не сам факт избрания в академию отдельных руководителей, а устойчивая тенденция возрастания их доли. Все-таки надо признать, что наука делается не в директорских креслах и не в ректорских кабинетах, а в лабораториях, в научных отделах, на экспериментальных комплексах и научных полигонах. Если отмеченная тенденция не будет приостановлена, то мы придем к абсурдной ситуации, при которой непременным условием избрания в академию станет высокое должностное положение соискателя.

Не углубляясь в дальнейшие детали анализа итогов прошедших выборов, можно в предельно концентрированной форме отметить, что их основной недостаток связан, во-первых, с тем, что в списке соискателей академических званий по разным причинам не оказалось многих очень достойных крупных ученых, и, во-вторых, с тем, что окончательный выбор из представленного списка во многих случаях оказался неоптимальным, далеко не всегда победителями стали сильнейшие кандидаты.

Осмысливая причины отмеченных негативных тенденций, связанных с имевшими место в последние годы выборами в РАН, разумно было бы разделить их на три группы: недостатки, связанные с отдельными положениями Устава академии, организационные недостатки в ходе подготовки и проведения выборов и, наконец, некоторые морально-этические аспекты, которые касаются всех участников избирательного процесса — и тех, кто избирает, и тех, кого избирают. Хотелось сразу же оговориться, что автор не претендует на исчерпывающий анализ рассматриваемой сложной и многогранной проблемы, а лишь делится личными соображениями, которые сформировались у него по свежим впечатлениям о недавно прошедших выборах.

## 1. Соображения, касающиеся отдельных положений Устава академии

После некоторого уменьшения числа академиков и членов-корреспондентов, связанного с Великой Отечественной войной, начиная с 1945 г. и до настоящего времени, происходит почти монотонный рост общей численности Академии наук, — как членов академии, так и персонала подведомственных ей учреждений. В течение указанного периода численность членов Академии наук возросла с 383 до 1300 человек, то есть более чем в 3 раза. Если рост численности академии сразу после войны до начала так называемой перестройки можно еще как-то объяснить необходимостью решения задачи восстановления разрушенной экономики и ее масштабной модернизации, сопровождавшейся такими грандиозными проектами, какими были атомный проект, космическая программа, авиастроение, военное кораблестроение, то дальнейший ее рост на фоне резкого снижения численности населения страны, упадка экономики и все большего доминирования сырьевых отраслей трудно объяснить и, тем более, оправдать.

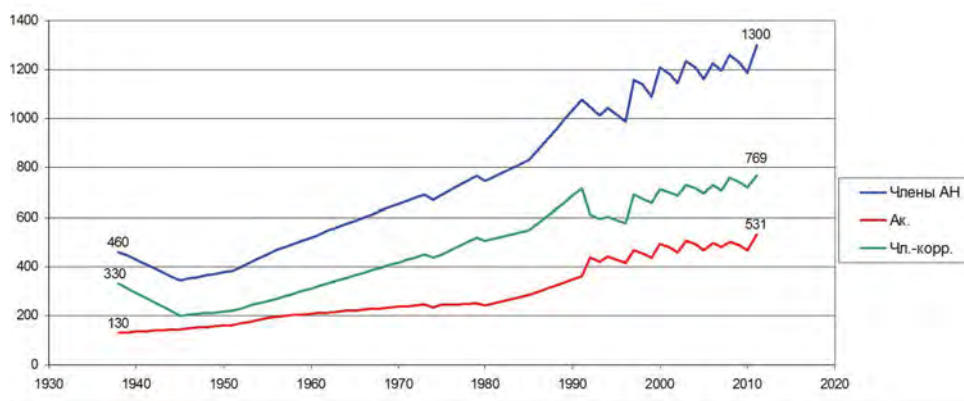


Рис. 1. Изменение численности АН СССР—РАН в период с 1940 по 2010 гг.

Совершенно очевидно, что неуклонное возрастание численности академии объективно не может не оказывать негативного влияния на средний качественный уровень ее персонального состава. В качестве минимальной меры можно было бы предложить на будущее недопущение ни при каких обстоятельствах превышения достигнутого к настоящему времени уровня численности членов академии.

Второе, на что хотелось бы обратить внимание в связи с обсуждением уставных положений, это очевидная ошибочность решения о введении специальной квоты для кандидатов в академики и члены-корреспонденты с ограничением возраста. Это решение в свое время было принято в обстановке охватившей страну демократической эйфории и агрессивных нападок на все сохранившиеся институты советского периода. Именно в те дни раздавались призывы бесноватых экстремистов «сбить золотой набалдашник»

с главного здания Российской академии наук. Тогда же, кстати, было принято решение о включении в состав общего собрания РАН так называемых представителей академической общественности, не являющихся членами академии, оказавшееся, как показала практика, совершенно бесполезной мерой.

В ряду многих претензий, предъявлявшихся Академии наук, чаще всего слышались голоса о возрастном составе членов академии. Проблема существенного омоложения творческих коллективов научных институтов и учреждений академии, где реально делается наука, является несомненно остро актуальной, необходимость ее радикального решения находится в ряду важнейших стратегических направлений реформирования академии. Что касается членов академии, то введение для них каких-либо возрастных ограничений не представляется критически необходимым, притом, что проблема омоложения персонального состава академии реально существует. Однако решение ее чисто административными мерами невозможно, проблема связана не столько с Уставом, сколько с той ролью, которая отводится науке в государственном строительстве, с условиями, которые создает государство для ее функционирования и развития.

Условия избрания в Академию наук четко определены в Уставе РАН [3]: «Действительными членами Российской академии наук избираются ученые, обогатившие науку трудами первостепенного научного значения. Членами-корреспондентами Российской академии наук избираются ученые, обогатившие науку выдающимися научными трудами». Было бы уместным дополнить эти требования положением, которое гарантировало бы при избрании приоритет для ученых, получивших международную известность и признание. Несмотря на некоторую условность и неполноту содержащихся в Уставе требований, опыт многолетней истории Академии наук все же дает основание считать их в целом достаточными. Поэтому не вызывает никакого удивления, что в те времена, когда не существовало никаких возрастных квот, в Академию наук задолго до достижения своего 50-летия избирались выдающиеся представители науки, в числе которых можно назвать, например, Ж. И. Алферова, И. И. Артоболевского, Е. П. Велихова, В. Л. Гинзбурга, Е. И. Забабахина, Я. Б. Зельдовича, П. Л. Капицу, С. П. Королева, М. В. Келдыша, Л. Д. Ландау, С. Н. Мергеляна, М. Д. Миллионщикова, Ю. А. Овчинникова, Ю. С. Осипова, А. А. Самарского, Н. Н. Семенова, А. Н. Тихонова, А. Н. Туполева, Л. Д. Фаддеева, В. Е. Фортова, Ю. Б. Харитона, М. К. Янгеля. Этот список ученых с мировыми именами, избранными академиками и членами-корреспондентами в относительно молодом возрасте, можно было бы многократно продолжить, но и представленный перечень наглядно свидетельствует о том, что при наличии достаточных оснований двери в Академию наук независимо от возраста всегда были открыты для достойных ученых, представлявших самые разные области знания: математику, физику, химию, биологию, машиностроение, энергетику и др.

В результате компьютерной обработки данных, содержащихся в справочнике [6], легко получить значение среднего возраста нынешнего состава академии. Он составляет 70,2 года.

*«Полковник и Лейте принялись подводить баланс возраста и состояния здоровья академиков, и сальдо оказалось в их пользу: было ясно, что некоторым «бессмертным» уже недолго оставаться таковыми. Например, великий Персио Менезес заболел раком».*

Без учета членов академии, избранных с ограничением по возрасту, средний возраст членов академии увеличивается на очень малую величину и практически остается тем же — 70,8 года. Таким образом, введение специальной возрастной квоты, не оказывая сколь-нибудь значимого влияния на величину среднего возраста членов академии, создает в то же время вполне определенные послабления и привилегии для искусственно выделенной категории участников выборного конкурса. Опыт теперь уже многократных выборов по новым правилам показывает, что избрание ярких выдающихся ученых из числа кандидатов, входящих в возрастную квоту, является скорее редким исключением, нежели правилом. К настоящему времени имеется более чем достаточно оснований для отказа от этой, в свое время принятой по конъюнктурным обстоятельствам, а теперь явно устаревшей и бессмысленной нормы.

Более детальное представление о возрастном характере персонального состава академии можно получить из рассмотрения рисунков 2 и 3, на которых представлено возрастное распределение академиков и членов-корреспондентов по состоянию на 30 марта 2012 г. В соответствии с приведенными фактическими данными средний возраст действительных членов Академии наук составляет 74,6 года, а средний возраст членов-корреспондентов — 67,4 года. При этом существенно отметить, что доля академиков в возрасте 70 лет и менее от их общей численности составляет 28,2 %, а доля членов-корреспондентов в возрасте до 50 лет — 6,4 %.

То обстоятельство, что в наши дни средний возраст избираемых в Академию наук ее членов выше, чем это было в дореформенный советский период, является не виной, а скорее бедой академии и всего нашего общества в целом, так как оно является лишь адекватным отражением невосребованности науки на фоне общего экономического спада в стране, коснувшегося, в первую очередь, высокотехнологичных отраслей экономики.

Отмеченной тенденции постепенного снижения требований к научному уровню избираемых членов академии в определенной степени способствует осуществленное в последние годы укрупнение отделений одновременно с созданием большого числа малочисленных секций, единственным правом и задачей которых является проведение выборов на первом и, безусловно, самом решающем этапе. Совершенно очевидно, что влияние на результаты выборов консолидированных групп и всевозможных корпоративных сговоров, что несовместимо как с моральными, так и элементарными демократическими принципами, возрастает с уменьшением численного состава выборщиков. На наш взгляд, было бы разумнее первый этап выборов проводить всем составом отделения, а на секции возложить более естественные для них научно-организационные задачи по кругу входящих в рамки их компетенции научных проблем. При этом все другие предусмотренные действующим Уставом функции отделения, естественно, должны быть сохранены.



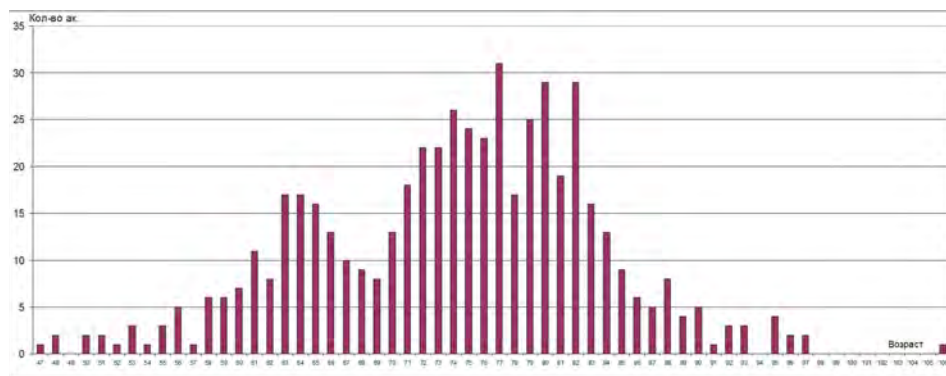


Рис. 2. Возрастное распределение действительных членов РАН на 30.03.2012 г.

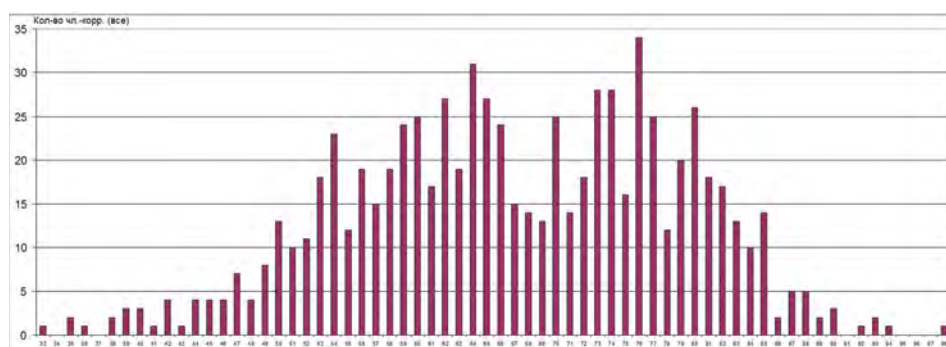


Рис. 3. Возрастное распределение членов-корреспондентов РАН на 30.03.2012 г.

Полагаю также назревшим обсуждение нормы Устава, предусматривающей специальные вакансии для региональных отделений и центров Академии наук. На начальных этапах создания и становления этих подразделений выделение таких целевых вакансий было естественным и вполне обоснованным. Однако к настоящему времени некоторые из этих подразделений достигли такого уровня самостоятельности, что они уже не нуждаются в каких-либо особых преференциях. К примеру, Сибирское отделение представлено таким мощным по численности и авторитету коллективом, который способен защищать в академии свои любые, в том числе и связанные с выборами, региональные интересы.

*«Ты когда-нибудь слышал, чтобы места в Академии занимали по традиции?! Одно место принадлежит армии! Другое — флоту! третье — авиации, так что ли? Завтра явятся полицейские, а за ними пожарники и тоже потребуют себе место в Бразильской академии!».*

В пользу актуальности обсуждения этой проблемы можно привести и участвовавшие в последние годы случаи избрания в состав академии чле-

нов из региональных отделений и центров сверх выделяемых для них целевых вакансий.

Здесь, кстати, уместно заметить, что, например, для Санкт-Петербургского научного центра специальные вакансии при выборах в академию не выделяются. На этом фоне сохранение такой привилегии для столь крупного и влиятельного подразделения, каким является Сибирское отделение РАН, может выглядеть как обидная в отношении его дискриминационная мера.

В связи с обсуждением уставных проблем полагал бы необходимым кратко коснуться вопроса об экспертных комиссиях. В «Положении о выборах в РАН» [7] в отношении этих комиссий записано: «В 2-х недельный срок после публикации в печати объявления о выборах в РАН бюро отделений РАН назначают экспертные комиссии из числа действительных членов РАН. Экспертные комиссии рассматривают представленные материалы, составляют заключения по всем кандидатурам и рекомендуют наиболее достойных для избрания кандидатами в действительные члены и члены-корреспонденты».

Обращает на себя внимание крайняя расплывчатость и небрежность формулировок в этом нормативном документе. Полным абсурдом является избрание «кандидатами в действительные члены и члены-корреспонденты», поскольку все лица, выдвинутые для участия в выборах, по смыслу уже являются таковыми. Нечеткость прописанного порядка формирования экспертных комиссий порождает произвол и разнообразие подходов. Так, при формировании состава экспертных комиссий в одних случаях в них включаются все входящие в секцию действительные члены академии, в других — только те академики, которые являются членами бюро отделения, и, наконец, в-третьих — отбираемая по непонятному принципу лишь часть академиков. При этом, строго говоря, во всех трех случаях соответствующая норма положения формально не нарушается. Что касается требования «Положения о выборах» к экспертным комиссиям о необходимости составлять заключения по всем кандидатурам, то оно изначально является нереалистичным и практически никогда не исполняется.

Уже эти, содержащиеся лишь в одном пункте (7) «Положения о выборах», явные пробелы и небрежности в немалой степени определяют серьезные недостатки в работе экспертных комиссий и, в частности, граничащую с их полной бесполезностью крайне низкую эффективность.

Я далек от мысли, что в ходе проведения академических выборов могут допускаться какие-то подтасовки или фальсификации, хотя не однажды приходилось слышать от своих коллег о якобы имеющих место таких явлениях. Чтобы надежно исключить не только возможность подобных несовместимых с академической моралью фактов, но и разговоров об этом, было бы правильным отказаться от практики избрания счетных комиссий по заранее подготовленному руководством отделения списку, обеспечить подлинно демократический характер выдвижения кандидатов в комиссию и утверждения ее состава. Кроме этого, в «Положении о выборах» следовало бы прописать норму, обязывающую сразу после подсчета голосов все запечатанные в конверт бюллетени доставлять в здание Президиума РАН для их последующего хранения в течение определенного времени, в установленном положением месте.

## 2. О некоторых недостатках, связанных с организацией подготовки и проведения выборов

*«— А книги? — Эвандро, задавая этот вопрос, даже понизил голос. — Книжки-то у него каковы?»*

*Родриго, не щадя себя для общего дела, прочитал последнее творение генерала.*

*— Очень самодовольно и категорично, но читать можно. Пишет без ошибок, чего вам еще?».*

Главное, что хотелось бы отметить в первую очередь, это отсутствие в отделениях академии постоянной селекционной работы по поиску и выявлению с максимально широким географическим охватом наиболее талантливых и перспективных ученых, работающих в научных, учебных, конструкторских и других творческих коллективах. Выдвижение кандидатов для избрания академиками и членами-корреспондентами формально является прерогативой организаций, а практически в немалой степени зависит от активности самих выдвигаемых персон. В результате список кандидатов в немалой своей части определяется не их объективными достоинствами, а скорее их активностью и напористостью. И лишь на заключительной стадии этого процесса соискатели академических званий обращаются к членам академии с просьбами об официальном выдвижении или поддержке, в которых им, как правило, не отказывают.

Об отсутствии системного подхода и во многом о стихийном характере этого важнейшего этапа выборного процесса свидетельствует крайне неравномерный конкурс претендентов по отдельным специальностям. Только в ходе последних выборов, с одной стороны, были случаи, когда на одну вакансию претендовали три, два и даже по одному кандидату, а в это же время с другой стороны зафиксированы далеко не единичные аномально высокие уровни конкурса — свыше 40 претендентов на одно место! Таким образом, при достаточно высоком среднем конкурсном уровне на одном полюсе мы наблюдаем практическое отсутствие конкурса, а на другом — столпотворение претендентов, в котором совсем непросто сориентироваться, чтобы принять оптимальное решение.

*«Одни академики поддакивали, давая болтливому генералу выговориться, другие слушали молча — Морейра воспринимал и то и другое как одобрение и согласие. Единственный кандидат может позволить себе роскошь не скрывать своих взглядов».*

Отсутствие системного подхода и постоянной работы по выявлению и отбору достойных к избранию в академию талантливых ученых приводит к тому, что ознакомление с кандидатами и их трудами приходится, в основном, на последние перед выборами месяцы. Это происходит обычно в ходе научных сессий, на которых соискатели выступают с 15-минутными сообщениями. Сама идея проведения таких сессий, безусловно, является правильной, однако их организация вызывает неудовлетворенность и справед-

ливую критику со стороны членов академии и самих соискателей. Не говоря о том, что после такого краткого сообщения трудно получить сколь-нибудь полное впечатление о научных достижениях докладчика, следует отметить, что на этих слушаниях, кроме председательствующего академика, в редких случаях присутствуют более 2-3 членов академии, а заполняющие аудиторию остальные присутствующие — это сами соискатели. Назрела необходимость принятия строгих административных мер, обязывающих присутствовать на слушаниях, как минимум, всех членов отделения соответствующих специальностей.

Большая роль в предварительном отборе наиболее достойных кандидатов и выработке рекомендаций собранию выборщиков по замыслу должна отводиться экспертным комиссиям. Недостатки, касающиеся статуса этого формируемого в предвыборный период органа, были отмечены выше. Эти недостатки многократно усиливаются из-за крайне неудовлетворительной организации их работы. Заседания экспертных комиссий часто носят формальный характер, некоторые члены не скрывают, что все кулуарные договоренности уже состоялись и позиции давно определены, так что необходимости в широкой дискуссии и серьезном обсуждении кандидатур нет. Иногда откровенно предлагается сразу же без обсуждения приступить к голосованию. Если же обсуждение проводится, то оно носит характер обмена короткими репликами с перечислением фамилий рекомендуемых кандидатов без сколь-нибудь развернутых обоснований.

*«Берите пример с меня: делайте вид, что всецело его поддерживаете. Будьте с ним приветливы и любезны. А уж когда придет время опустить бюллетень в урну... Пусть попробует отгадать, кто именно проголосовал против!».*

*«Он приезжал ко мне, я принял его любезно и обещал поддержку — я всем обещаю поддержку, потому что хорошо воспитан. Но ясно, что голосовать я буду за генерала: он, по крайней мере, участник эпопеи тридцать второго года».*

Само голосование на заседании экспертной комиссии не всегда соответствует действительной позиции голосующего, а является своеобразным «маневром», чтобы продемонстрировать выполнение данных обещаний или достигнутых договоренностей. Именно по этой причине корреляция между окончательными результатами выборов и результатами рассмотрения кандидатов на заседании экспертной комиссии очень слабая. Нередко кандидат, получивший почти единодушную поддержку экспертной комиссии на стадии реальных выборов, оказывается в числе аутсайдеров. В истории Отделения физико-технических проблем энергетики известен ставший хрестоматийным случай, когда за очень достойного кандидата в действительные члены академии члена-корреспондента Е. на экспертной комиссии проголосовали 100 % ее членов, а на собрании отделения он не получил ни одного голоса. Полагаю, что такие же или похожие абсурдные ситуации случались и в других отделениях.

Учитывая важную функцию экспертных комиссий, как первого предвыборного этапа отбора наиболее достойных из числа зарегистрированных кандидатов, полагаю актуальным принятие мер, которые могли бы способствовать повышению эффективности их работы. В качестве таких мер можно было бы, в частности, предложить:

1. Избрание (а не назначение) членов экспертных комиссий тайным голосованием из числа наиболее авторитетных в профессиональном и моральном плане членов отделения.

2. Включение в состав экспертных комиссий не только действительных членов РАН, но и членов-корреспондентов, которые могли бы участвовать в работе комиссии при рассмотрении кандидатур на вакансии для членов-корреспондентов.

3. Избрание экспертных комиссий на весь период между очередными выборами и возложение на них задачи по поиску и отбору наиболее достойных к избранию в академию потенциальных кандидатов и подготовке предложений по вакансиям на предстоящие выборы.

### **3. О морально-этических аспектах академических выборов**

Хотя большая часть моей биографии связана с Военно-Морским Флотом, я в то же время уже 30 с лишним лет состою членом Академии наук СССР — Российской академии наук. Вслед за ушедшим недавно из жизни Виталием Лазаревичем Гинзбургом могу убежденно повторить: «Я очень люблю нашу академию!». Именно такой фразой он начинал свои, как правило, очень критические и всегда яркие выступления на общих собраниях Академии наук. Несмотря на неизбежные издержки, многие из которых связаны с происшедшими в стране далеко не всегда позитивными процессами и преобразованиями, академическое сообщество было и продолжает оставаться одним из наиболее уважаемых и авторитетных институтов государства. Быть причастным к этому сообществу — это большая честь и привилегия. Высоко ценю возможность повседневного общения со многими своими коллегами — выдающимися учеными и замечательными высокоинтеллектуальными личностями, которые составляют костяк и основу нашей академии. На этом фоне особенно болезненно воспринимаются недостойные академии отклонения морально-этического характера, которые особенно заметно проявляются в период выборов. Переходя к обсуждению некоторых морально-этических аспектов практики академических выборов, считаю необходимым подчеркнуть, что автор далек от того, чтобы выступать в качестве некоего безгрешного арбитра, так как в той или иной степени и он вынужден был следовать сложившимся традициям и практике. Пишется об этом с единственной целью, чтобы откровенно придать гласности и объективно оценить морально-этические издержки, ставшие повседневной нормой, спутниками и элементами выборных технологий.

*«Лизандро Лейте, «просвещеннейший корифей юридической литературы», состоял членом Академии уже более десяти лет и считался*

*крупным специалистом по выборам: как свои пять пальцев знал он все хитрости и тонкости, все тактические маневры и стратегические удары, которые неизменно приводили его протекже к победе. Прозорливый покровитель кандидатов в Академию умудрялся получать немалые барыши с каждой выборов».*

Пожалуй, самая большая беда из этого ряда - это используемая в процессе выборов договорная практика, когда какая-то отдельная корпоративная группа, связанная теми или иными общими интересами, берет на себя обязательство (кстати, не всегда затем выполняемое) поддержать при голосовании некого кандидата X при условии, что другая корпоративная группа поддержит их кандидата Y. Эти переговоры, естественно, носят кулуарный характер и начинают проводиться задолго до выборов, продолжаются во время выборов и даже в перерывах между очередными выборами турми.

*«— Зачем же мне голосовать за генерала? Я примкну к компании Портелы. Не исключено, что после этих выборов я все-таки окажусь в кресле председателя Верховного суда! Если генерала не выберут, если он не наберет нужного числа голосов...».*

По моему глубокому убеждению, такая практика аморальна и недопустима. Договорная практика противоречит также и фундаментальным принципам демократических выборов, при которых каждый принимающий участие в голосовании должен действовать свободно, независимо и по собственной совести. Именно благодаря таким сговорам в состав академии нередко избираются не самые достойные (а иногда далеко не самые достойные) кандидаты.

Здесь вполне уместно напомнить, что в спортивной практике договорные матчи давно получили не только общественное осуждение, но и, в соответствии с действующим законодательством, квалифицируются как уголовное преступление.

Очевидным нарушением положений Устава РАН является требование вакансии с определенной географической привязкой лишь на том основании, что эта вакансия освободилась после кончины проживавшего именно в данном конкретном месте члена академии. Выдвигаемое в довольно настыпательной манере, это требование обставляется всевозможными аргументами о недопустимости ослабления соответствующей региональной научной школы. Истинный же интерес реализации такой практики преследует совсем другую цель — не допустить уменьшения численности соответствующей корпоративной группы, так как это неизбежно ослабит ее влияние на ход и результаты всех последующих выборов в академию. При всем этом уровень научных заслуг и конкурентоспособность выдвигаемого группой кандидата не имеет существенного значения и практически не обсуждается.

Традиционным почти обязательным в предвыборный период является посещение кандидатами голосующих членов академии. Сам факт таких,

ставших ритуальными, индивидуальных визитов, преследующих внешне благовидную цель ознакомления очередного академика (члена-корреспондента) со своими трудами, в моральном отношении для соискателя выглядит унижительным.

*«— Да, я знаю, что в уставе ни слова не сказано о предвыборных визитах. Тем не менее этот неписанный закон больше, чем любой параграф устава Академии. Это sine qua non (лат., необходимое условие) для того, чтобы кандидат прошел на выборах.*

*Ни один кандидат ни под каким видом не смеет уклониться от посещения того или иного академика. А вот академик имеет право отложить прием кандидата или вовсе отказать ему. Дело кандидата — почтительно испросить разрешения навестить члена Академии в удобном тому месте и в удобное для того время.*

*Любезный друг Агналдо никак не хотел понять, что кандидат в академии ни в коем случае не должен высказывать свое мнение, если даже таковое у него имеется. Вот и поплатился. Дело кандидата — слушать и кивать. Если же он не согласен, все равно он обязан молчать и улыбаться. Упаси Бог спорить и доказывать. Всегда прав тот, кому принадлежит право выбора. Это привилегия «бессмертных»».*

В связи с обсуждением морально-этических аспектов нельзя обойти и такую деликатную тему, как привлечение соискателями союзников из числа голосующих членов академии. Арсенал применяемых для достижения этой цели средств широк и весьма разнообразен: выделение грантов и заказов на выполнение научных исследований от различных министерств и фондов, которое зависит от претендентов на академические звания, занимающих нужные позиции «на раздаче»; оформление на работу по совместительству с весьма приличными зарплатами и без ощутимого обременения обязанностями; проведение так называемых выездных расширенных заседаний бюро отделений, которые заканчиваются хлебосольными застольями и раздачей «памятных сувениров», порою весьма недешевых; преподнесение подарков по разным торжественным и не очень торжественным поводам. Можно было бы продолжить этот перечень, но, думаю, в этом нет надобности. Замечу лишь, что интенсивность всех этих действий экспоненциально возрастает с приближением очередных выборов. Все сказанное выше в какой-то мере объясняет, почему в последние годы наблюдается тенденция роста числа избираемых в академию администраторов разного толка и всевозможных руководителей.

*«Скажу вам по секрету, милый мой Лизандро: самое лучшее в нашей Академии — это выборы. Кандидаты так любезны, так обходительны. Кому бы понадобился я, дряхлый старик, отставной посол, получающий от Итамарати жалкую пенсию — только-только с голоду не умереть — если бы не выборы? Никому. Но стоит лишь появиться вакансии, и вот, полюбуйтесь: за десять дней это уже вторая корзина с фруктами, винами и сладостями — все заграничное и высшего каче-*

*ства... С этими словами он обмакнул кусочек английского бисквита в португальский портвейн».*

И последнее, что хотелось бы затронуть в этом разделе — это проблема семейственности. Принято считать, что Всевышний отдыхает на детях гениев. Это утверждение во многих случаях подтверждается, но нередко случаются и приятные исключения. Одно из наиболее известных — двое выдающихся российских математиков, отец и сын Андрей Андреевичи Марковы. Приведу еще один, близкий мне пример. Одним из действительных членов нашей академии является выдающийся ученый-математик Людвиг Дмитриевич Фаддеев. Мне довелось в свое время изучать высшую алгебру по книгам его отца — тоже выдающегося математика Дмитрия Константиновича Фаддеева. К сожалению, такой высокий и достойный уровень преемственности не характерен для участвовавших в последние годы при выборах в Академию наук случаев «семейного подряда». Конечно, никаких запретов в таких случаях быть не может. Однако при этом неукоснительно должны выполняться, по крайней мере, два условия. Первое из них — это не вызывающее ни у кого сомнений безусловное наличие требуемого уровня научных заслуг соискателя академического звания и второе — категорическое исключение участия отца (брата, родного дяди и т. д.) в предвыборных делах своего близкого родственника вплоть до воздержания от голосования.

Мне хотелось закончить эти заметки на оптимистической ноте, и с этой целью я просмотрел публикации последнего времени, чтобы отыскать высказывания руководства нашего государства о роли и месте науки в целом и фундаментальной науки, в частности. Не найдя высказывания, которое четко отражало бы цельную позицию в отношении роли, значения и места науки в контексте перспектив развития нашего государства, я вынужден привести цитату из выступления Барака Обамы, которое он сделал 27.04.2009 г. вскоре после избрания на пост президента США во время 146-го ежегодного собрания Национальных Академий Наук, где присутствовало 600 членов НАН, а также министр энергетики Стивен Чу и ряд других высокопоставленных правительственных чиновников [8]. Ссылаясь на связанное с наступившим кризисом тяжелое экономическое положение страны, он заявил:

«В такой тяжелый момент есть люди, которые говорят, что мы не можем инвестировать в науку, потому что поддержка исследований так или иначе является непозволительной роскошью в период более острых потребностей. Я категорически не согласен с такой позицией. В настоящее время наука еще более важна для нашего процветания, нашей безопасности, нашего здоровья и нашего качества жизни, как никогда до этого».

Эти слова, прозвучавшие из уст главы государства, которое официально называют нашим стратегическим партнером, но которое по факту его реальной политики является нашим отъявленным стратегическим соперником, в полной мере актуальны и справедливы и для нашей страны, обреченной своим геополитическим положением и всем ходом исторического развития на место в ряду великих мировых держав.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «В. И. Ленин и Академия наук», Сборник документов под редакцией акад. П. Н. Поспелова, Москва, «Наука», 1969 г.
2. В. Ю. Афиани, С. С. Илизаров. «...Мы разгоним к чертовой матери академию наук», — заявил 11 июля 1964 года первый секретарь ЦК КПСС Н. С. Хрущев, «Вопросы истории естествознания и техники», 1999, № 1.
3. Устав Российской академии наук, Москва, «Наука», 2008 г.
4. Отчеты Императорской академии наук за 1866-1891 гг., Санкт-Петербург, 1903 г.
5. Собрание сочинений А. С. Пушкина в десяти томах, том 2, Москва, Государственное издательство Художественной Литературы, 1958 г.
6. Российская академия наук, Часть 1, Члены Российской академии наук, Москва, «Наука», 2012 г.
7. Положение о выборах в РАН (Утверждено Постановлением общего собрания РАН № 12 от 16 мая 2002 г.), Москва, 2002 г.

## О проблемах и перспективах российской науки\*

В связи с 275-летним юбилеем Академии наук журнал «Вопросы истории естествознания и техники» провел опрос некоторых известных представителей отечественной науки. Анкета включала следующие вопросы:

1. Как, под влиянием каких причин, мотивов и жизненных обстоятельств Вы пришли в науку?
2. Какие совершенные в XX в. открытия отечественных ученых Вы считаете наиболее значительными (назовите 2-3 открытия)?
3. Какой Вам видится роль Академии наук в истории нашей страны и отечественной науки?
4. Что Вы думаете о проблемах современной российской науки и ее перспективах?

*Саркисов Ашот Араkelович, академик с 1994 г., Советник РАН в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Область научных интересов: корабельная ядерная энергетика, исследование стационарных и аварийных режимов ядерных энергетических установок, проблемы безопасности атомной энергетики, экологические последствия аварии ядерных установок, а также теория автоматической аварийной защиты ядерных энергетических установок.*

1. Трудно обозначить какой-то определенный момент, внезапно пробудивший у меня интерес к науке. Но об одном эпизоде своей биографии хотелось бы все-таки рассказать. До начала Великой Отечественной войны я жил в Ташкенте, там я учился и заканчивал среднюю школу. Надо сказать, что в то время в большинстве русских школ Ташкента был сильный преподавательский состав, основу которого составляли интеллигенты-подвижники, добровольно приехавшие еще до революции в среднеазиатскую провинцию с благородной миссией оказать помощь в организации местного образования.

В школе, где я учился, математику преподавал талантливый педагог Николай Семенович Краснов. К сожалению, как это иногда случается, его высокие профессиональные и добрые человеческие качества уживались с чрезмерным увлечением спиртными напитками. Однажды, выдавая задание на контрольную работу и будучи в заметно рассеянном состоянии, он допустил ошибку в условии задачи. Мне удалось с помощью, как мне тогда казалось, достаточно хитроумных построений доказать, что условие содержит противоречие и задача не имеет решения. Николай Семенович высоко оценил мою смелость и выставил нестандартную оценку «5+». Пожалуй, именно этот эпизод подтолкнул меня к углубленному изучению математики, которая и до этого была моим любимым предметом.

---

\* Интервью, Журнал «Вопросы истории естествознания и техники» №1 2000 г.

С 9 класса я начал посещать математический кружок при Ташкентском госуниверситете, который вели такие преподаватели, как, например, выдающийся специалист в области математической статистики профессор В. И. Романовский и известный алгебраист А. П. Доморяд. Большую роль в моем образовании и пробуждении интереса к творчеству сыграл также учитель физики Василий Семенович Вонсовский, выпускник Московского государственного университета, ученик профессора Н. Е. Жуковского и отец недавно скончавшегося академика С. В. Вонсовского, который в течение многих лет возглавлял Уральский научный центр Академии наук. Василий Семенович никогда не проводил занятий в форме монолога, он естественно приобщал нас к увлекательным физическим проблемам в ходе живой беседы с постановкой множества вопросов и вовлечением в активную дискуссию. При этом, что далеко не типично для школьного учителя, он преподавал физику не как сумму канонизированных представлений и фактов, а как живую развивающуюся науку, которая еще не все знает и не все может.

Так что, отвечая на этот вопрос, я должен сказать, что моему приходу в науку я обязан, в первую очередь, моим учителям.

2. Открытие деления ядер некоторых тяжелых изотопов и становление атомной энергетики. В условиях неизбежного в обозримом будущем истощения органических энергоресурсов использование атомной энергии уже сегодня создает для человечества гарантии энергообеспечения на практически не ограниченную во времени перспективу. Масштабы использования атомной энергии будут возрастать постепенно при определяющей роли фактора экономической целесообразности. Сегодняшние дискуссии между сторонниками и противниками развития ядерной энергетики во многом беспредметны. Сама жизнь отвечает на вопрос: «Можно ли обойтись без атомной энергетики?». В ряде стран атомная энергетика уже стала основным источником электро-снабжения (во Франции, например, около 80 % электричества вырабатывается на АЭС), потому что в конкретных экономических условиях это оказывается вполне оправданным. В то же время широкомасштабное применение атомной энергетики в более отдаленной перспективе станет возможным при условии успешного решения двух проблем: дальнейшего повышения безопасности АЭС до социально приемлемого уровня и создания системы обращения с радиоактивными отходами, гарантирующей экологическую безопасность для нынешнего и будущих поколений. Для решения этих проблем, вообще говоря, не существует каких-либо принципиальных препятствий.

Открытие механизма наследственности и достижения в области генной инженерии. Не являясь специалистом в этой области, я решусь все же высказать предположение, что следующий этап нашей цивилизации будет развиваться под преимущественным влиянием революционных приложений уже сделанных и грядущих биологических открытий. Современная биология вторгается в наиболее сложную, в некотором смысле интимную, область познания мира. Достижения биологических наук качественно изменяют наше представление о мире, порождают новую философию, этику и мораль и вооружают человека принципиально новыми практическими методами повышения эффективности сельскохозяйственного производства, открывают новые захватывающие перспективы в медицине.

Создание микропроцессора, компьютерной техники и развивающаяся на их основе информатизация всех сфер человеческой деятельности. На первых этапах развития ЭВМ их роль связывалась прежде всего с возможностями качественного повышения производительности при выполнении рутинных вычислительных операций. Однако скоро стало ясным, что компьютерная техника обладает мощным интеллектуальным потенциалом, позволяющим ставить и решать сложные задачи, не поддающиеся решению традиционными методами. Именно это послужило стимулом для широкого внедрения вычислительной техники во все сферы научной, производственной и управленческой деятельности. После создания персонального компьютера этот процесс приобрел характер новой технологической революции.

3. Огромная роль Академии наук в истории нашей страны и отечественной науки настолько очевидна, что, отвечая на этот вопрос, трудно избежать банальных утверждений. Создание атомного оружия и атомной энергетики, запуск первого в мире искусственного спутника Земли и вывод на околоземную орбиту пилотируемого космического корабля с человеком на борту, крупные достижения в создании ракетной и авиационной техники теснейшим образом связаны с институтами и именами многих выдающихся членов Академии наук. Достижения академических ученых в области фундаментальных наук выдвинули нашу страну в число передовых государств мира. Определяющая роль Академии наук в развитии фундаментальных наук и научно-техническом прогрессе были обусловлены политикой стратегической поддержки науки со стороны государства, наличием продуманной системы управления научными исследованиями и обеспечением приоритетного финансирования наиболее актуальных ключевых направлений и проблем. Престиж науки всегда поддерживался государством на высоком уровне, труд ученого был в почете, в науку после окончания высших учебных заведений шла наиболее талантливая молодежь.

4. Политические потрясения последнего десятилетия, плохо просчитанные и крайне неудачно реализуемые экономические реформы поставили отечественную науку в тяжелое положение. Начался отток ученых, и прежде всего талантливой молодежи, в другие сферы деятельности, «утечка мозгов» в зарубежные научные центры, практически приостановилось обновление оборудования и приборного арсенала. Вместе с тем произошли и некоторые другие изменения, которые можно квалифицировать как позитивные. Уменьшилось число институтов, заметно сократилась численность чиновничьего аппарата, совершенствовалась тематика научной работы. Многие институты сумели адаптироваться к новым условиям, их деятельность оказалась востребованной не только в России, но и за рубежом. В будущее я смотрю с надеждой и оптимизмом, основанием для которого являются богатая история и замечательные традиции отечественной науки, продолжающие плодотворно трудиться преданные делу ученые, вузовский резерв талантливой молодежи. Подъем науки в стране и восстановление утраченной роли науки невозможны без поддержки государства. Только такая поддержка в разумном сочетании с механизмами рыночной экономики могут обеспечить достижение этой приоритетной для государства цели.

## О роли Сталина в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.\*

Я не являюсь профессиональным историком или политологом и поэтому, естественно, не могу претендовать на глубокое и исчерпывающее освещение этой чрезвычайно острой, сложной и полной многих противоречий темы. При жизни И. В. Сталина официальная пропаганда идеализировала и обожествляла его. В последние 15–20 лет усилиями не менее конъюнктурных идеологов праволиберального толка Сталин изображается средоточием всех возможных пороков, а его историческая роль оценивается исключительно негативно.

Мою статью прошу рассматривать как личный взгляд на эту проблему непосредственного участника Великой Отечественной войны, значительная часть биографии которого к тому же совпала со сталинской эпохой. Конечно, мое видение и мои сегодняшние оценки личности и роли Сталина основываются не только на впечатлениях и ощущениях предвоенного и военного периодов. На эти оценки, несомненно, наложились и повлияли новые, ставшие доступными в послевоенные годы факты и приобретенный жизненный опыт.

Несмотря на выдающийся исторический масштаб личности Сталина, чего не могут отрицать даже непримиримые антисталинисты, я никогда не был его слепым апологетом, далеко не все, что делалось по его указаниям и под его руководством, воспринимал с пониманием и внутренним одобрением.

Я был непосредственным свидетелем массовых репрессий 1937–1938 гг., жертвами которых стали не только некоторые мои родственники, но и родственники многих моих школьных товарищей. В те трагические и тревожные дни утро начиналось с рассказов об очередных ночных арестах. Не вдаваясь в анализ проблемы, я хотел бы только сказать, что каковы бы ни были истинные масштабы необоснованных репрессий, они не могут иметь никаких исторических оправданий и должны квалифицироваться не иначе как государственное преступление.

В то же время я был свидетелем происходивших в сталинскую эпоху исторических свершений, постоянного укрепления экономического и военного могущества нашего государства и его роли на международной арене, расцвета науки, культуры и образования. Поэтому я испытываю чувство неприятия в отношении развернутого в последние годы против Сталина и связанной с ним исторической эпохи нашего государства тотального идеологического наступления, которое достигает особой остроты и активности в преддверии празднования каждого очередного Дня Победы советского народа в Великой Отечественной войне. Крайней, попросту абсурдной и бессовестной формой искажения роли Сталина в войне с гитлеровской Германией являются высказывания и утверждения, в том числе устами ве-

---

\* ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, 2013, том 83, № 10, с. 899–905

душих наших государственных телевизионных каналов, о том, что война была выиграна народом не благодаря, а вопреки руководству Сталина.

Для меня роль Сталина в Великой Отечественной войне представляется безусловно позитивной и выдающейся. Трудно назвать кого-либо другого из политических фигур того времени, кто мог бы после тяжелых потерь первых месяцев войны мобилизовать народ, страну и ее вооруженные силы, проводить гибкую и прагматичную международную политику, успешно руководить масштабными сражениями на огромном, протянувшемся от Заполярья до Черного моря фронте, и в конечном счете добиться заслуженной Великой Победы. Выполнение такой исторической миссии могло быть по плечу только выдающемуся деятелю.

Я попытаюсь показать, что Сталин был личностью именно такого масштаба. Известно, что он не получил солидного систематического образования. В его активе — оконченное по первому разряду (четырёхклассное) Горькийское православное духовное училище (1888–1894) и несколько лет обучения в Тифлисской духовной семинарии (1894–1899), из которой он был исключен за революционную деятельность. Однако этот пробел в образовании Сталин сполна преодолел путем интенсивного самообразования, которым занимался всю жизнь. Он много читал и благодаря аналитическому складу ума, цепкой памяти, умению выделить главное постоянно обогащал и углублял свои знания.

Назвать Сталина высокообразованным в обычном смысле человеком было бы натяжкой. Например, он не знал ни одного иностранного языка, хотя и понимал разговор на английском и немецком. Полагаю также, что его познания в области физики, химии, математики были скудными, так как эти предметы он никогда серьезно не изучал. В то же время не должно вызывать сомнения, что он хорошо разбирался в вопросах, касающихся истории, философии, литературы, культуры, его знания в гуманитарных областях вполне отвечали высоким стандартам систематического образования. Одним из свидетельств этого является тот факт, что Сталин все свои работы, а также доклады и речи писал лично, что было совершенно не свойственно многим его соратникам и большинству современных политических деятелей. Сталин отличался высокой грамотностью и самобытным стилем изложения, характерные особенности которого заключаются в краткости, простоте и доходчивости. Его работы и выступления сопровождались (без утраты чувства меры) пословицами и поговорками, примерами из народного фольклора и классической литературы. Поэтому они легко воспринимались и запоминались читателями и слушателями.

Подтверждением скрупулезности Сталина в любом деле является то, что, по свидетельству очевидцев, он лично прочитывал все представленные к Сталинской премии произведения, а также просматривал фильмы. Можно, конечно, спорить с позиции сегодняшнего дня о литературных вкусах и обоснованности вердиктов вождя, но это всегда было его личным, а не кем-то подсказанным мнением, основанным на собственных убеждениях.

Вместе с тем необходимо отметить, что многим работам Сталина свойственна излишняя упрощенность и схематичность анализа событий и явлений; нередко необходимые глубокие обоснования и доказательства подме-

нялись догматическими схемами, что, на мой взгляд, стало следствием полученного им церковного образования. Однако с учетом социального состава населения СССР в те годы и среднего уровня его образованности стиль работ и выступлений Сталина в целом все же следует оценивать как адекватный актуальным целям и потребностям того периода.

Стране, оказавшейся в состоянии полной разрухи после Первой мировой, а затем Гражданской войны, к тому же объявившей амбициозные цели построения справедливого коммунистического общества, нужен был не просто руководитель, но вождь. Сталин, без сомнения, обладал качествами, необходимыми для этой роли. Совокупность этих качеств сейчас принято определять словом «харизма». Используя это слово, можно с полной определенностью сказать, что Сталин был в высшей степени харизматичной личностью.

Своим авторитетом, стилем руководства и повседневного поведения он резко выделялся среди политических деятелей того времени. Обладая железной волей — тем качеством, которое совершенно необходимо любому харизматичному лидеру, — он был последователен и непреклонен в достижении поставленных целей, не считаясь со страданиями, а порой и жизнями людей. Всю войну работавший с Верховным главнокомандующим маршал А. М. Василевский писал: «Конечно, Сталин, принимая руководство сражающимися с врагом Вооруженными Силами, не обладал в полной мере военными знаниями, какие требовались в области современного оперативного искусства. По моему глубокому убеждению, И. В. Сталин, особенно со второй половины Великой Отечественной войны, являлся самой сильной и колоритной фигурой стратегического командования. Он успешно осуществлял руководство фронтами, всеми военными усилиями страны на основе линии партии и был способен оказывать значительное влияние на руководящих политических и военных деятелей союзных стран по войне» [1, с. 227].

В общении с народом Сталин придерживался мудрых пушкинских строк из «Бориса Годунова»:

*Не должен царский глас  
На воздухе теряться по-пустому.  
Как звон святой, он должен возвещать  
Велику скорбь или великий праздник.*

Обращения вождя к народу и стране были очень редкими, даже в суровые годы войны. Зато каждое выступление, устное или письменное, сразу же становилось событием не только государственного, но и международного масштаба, воспринималось с огромным вниманием и вызывало мощный общественный резонанс. Эти обращения были лаконичными, легко усваивались теми, кому были адресованы, и прочно откладывались в памяти народа.

Авторитет Сталина как вождя нации, особенно возросший в годы военных испытаний, во многом основывался на том, что он воспринимался как человек, полностью посвятивший себя служению великой коммунистической идее. А он был именно таким романтиком революции, глубоко убежден-

ным в правоте и справедливости коммунистического учения и в благородстве его целей. Эта убежденность была настолько глубокой и бескомпромиссной, что стала его верой и религией. Вся биография Сталина подтверждает правоту такой оценки. Его революционные устремления не остановили ни тюрьмы, ни многократные ссылки, ни болезни, ни лишения.

Уже став единоличным руководителем огромного государства, с практически неограниченными правами и возможностями, он оставался чрезвычайно воздержанным и скромным в быту. После его кончины не осталось никаких счетов в советских или иностранных банках, никаких личных особняков и драгоценностей, а гардероб поражает своей простотой. Столь же требовательным был Сталин и к своим ближайшим родственникам.

Государственная политика в советские годы была в высшей, можно сказать, гипертрофированной, степени социальной. Разрыв в доходах отдельных групп населения был минимален. Конечно, неквалифицированный рабочий получал меньше квалифицированного, последний — меньше инженера, инженер — меньше директора предприятия. Такая же дифференциация имела место и в сфере образования, науки, медицины и т. д. Но эти различия были настолько умеренными, что не создавали качественной разницы в условиях жизни разных слоев общества. В несколько более привилегированном положении находились административные и партийные руководители высокого ранга. Но и здесь, хочу подчеркнуть, не было столь большой диспропорции, которая могла бы вызвать раздражение в обществе.

Кстати, в наши дни, когда разрыв между богатыми, составляющими не более 10% населения, и всеми остальными достиг неприличного даже для западных стран уровня, апологеты уродливой отечественной рыночной экономики апеллируют к советским временам, вспоминая пресловутые закрытые распределители для номенклатуры. Я не понаслышке знаю, что собой представляли эти привилегии, так как моя старшая сестра Розалия Аркадьевна именно в те годы занимала высокие государственные должности — заместителя председателя Ташкентского горисполкома, заведующего отделом Совета министров, заместителя министра строительства и первого заместителя председателя Госплана Узбекской ССР. До 1959 г. ее семья из пяти человек проживала в центре города в небольшой трехкомнатной квартире на первом этаже. Другими словами, пресловутые привилегии советской номенклатуры являются искусственно раздуваемым мифом и ничего не имеют общего с той неприличной и вызывающей роскошью, в которой живет новая российская буржуазная номенклатура.

К началу войны Сталин подошел с солидным политическим и экономическим опытом управления государством, с опытом военного руководства, приобретенным еще в годы Гражданской войны. И хотя этот военный опыт был специфическим, Сталин в период Гражданской войны проявил способности стратегического мышления, умение увязывать чисто военные задачи с более широкими проблемами — политическими и экономическими. Именно этот опыт военного руководства оказался важным для него в ходе Великой Отечественной войны, несмотря на ее коренное отличие от Гражданской войны. Таким образом, можно заключить, что в лице Сталина страна уже имела лидера, подготовленного к вы-



полнению миссии Верховного Главнокомандующего. И это была несомненная историческая удача.

В качестве другого примера для сопоставления полезно вспомнить, что в Великобритании с началом войны произошла вынужденная смена главы государства. Великобритания встретила войну, когда премьер-министром этой страны был один из самых неудачных политиков прошлого века Невилль Чемберлен, прославившийся подписанием в Мюнхене капитулянтского договора с Гитлером. За этим политиком закрепились многие прозвища, наиболее характерное из них — «триумфатор безволия». Такой человек не мог бы успешно руководить страной в военное время, поэтому вновь стал востребован после длительного отстранения от активной политической деятельности выдающийся лидер Уинстон Черчилль, которого по праву называли образцовым премьер-министром военного времени.

Здесь вполне уместно привести оценку личности Сталина, данную Черчиллем в Палате общин в самый разгар войны, 8 сентября 1942 г.: «Для России большое счастье, что в час ее страданий во главе стоит этот великий, твердый полководец. Сталин является крупной и сильной личностью, соответствующей тем бурным временам, в которых ему приходится жить. Он является человеком неистощимого мужества и силы воли, простым человеком, непосредственным и даже резким в разговоре, что я, как человек, выросший в Палате общин, не могу не оценить, в особенности когда я могу в известной мере сказать это и о себе. Прежде всего, Сталин является человеком с тем спасительным чувством юмора, которое имеет исключительное значение для всех людей и для всех наций, и в особенности для великих людей и для великих вождей. Сталин произвел на меня также впечатление человека, обладающего глубокой хладнокровной мудростью с полным отсутствием иллюзий какого-либо рода. Я верю, что мне удалось дать ему почувствовать, что мы являемся хорошими и преданными товарищами в этой войне, но это докажут, в конечном счете, дела, а не слова» [2, с. 7].

Высокую оценку вклада русского народа в достижение Великой Победы и свое уважительное отношение к руководителю Советского государства Черчилль четко выразил и в «Фултонской речи», произнесенной 5 марта 1946 г. в Вестминстерском колледже в США. Парадоксально, что такая оценка содержится именно в этой речи, которую историки считают стартовой точкой «холодной войны» западных союзников против СССР, но это лишь подтверждает последовательность предыдущих высказываний Черчилля, касающихся выдающейся роли Сталина в строительстве Советского государства, руководстве страной и ее Вооруженными Силами в военный период. Привожу эти малоизвестные слова У. Черчилля: «Я лично восхищаюсь героическим русским народом и с большим уважением отношусь к моему товарищу по военному времени маршалу Сталину» [3, с. 754].

Высокую оценку деятельности Сталина в разное время высказывали также Ф. Рузвельт, Ш. де Голль и другие лидеры стран антигитлеровской коалиции.

Говоря о Сталине как о Верховном Главнокомандующем, нельзя обойти такие его качества руководителя, как решительность, четкость организации управления, включающую жесткую требовательность и хорошо отстро-

енную систему проверки исполнения решений. При этом требовательность подчас перерастала в жестокость по отношению к нерадивым руководителям.

Сталина боялись, и это факт. В условиях мирного времени страх, испытываемый перед руководителем, — явление деструктивное, которое не может иметь ни морального, ни рационального оправдания. В условиях же военного времени, особенно в критических ситуациях, страх мог способствовать успеху дела и в этом смысле имеет основания быть оправданным в моральном отношении. Для подтверждения такого, на первый взгляд парадоксального, утверждения стоит привести пример другого выдающегося полководца — маршала Г. К. Жукова. Многие блестящие операции, проведенные под его руководством, обязаны своим успехом не только полководческим талантам маршала, но и его беспощадной жестокости и требовательности к подчиненным, которые при этом его уважали, доверяли ему, но в то же время, конечно, и боялись.

Нельзя не сказать и о таком качестве Верховного Главнокомандующего, как его личная храбрость. Смешно сегодня слышать из уст ниспровергателей нашей героической и славной истории о том, что в первые дни войны Сталин испугался, растерялся, не знал, какие шаги надо предпринимать, самоустранился от управления страной и вооруженными силами.

7 ноября 1941 г. я в составе только что сформированной 85-й морской стрелковой бригады перед отправкой на фронт принимал участие в военном параде в Самаре. На временной трибуне, сколоченной из неструганных досок, в полном составе стояло наше правительство и неизменный «староста» М. И. Калинин. Присутствовало все руководство страны, кроме И. В. Сталина, который перевел правительство в Самару, чтобы обеспечить устойчивое управление страной в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Сам же он оставался в подвергавшейся систематическим бомбардировкам Москве, на подступах к которой уже сосредоточились немецкие войска. Сталин хорошо понимал, что если бы он покинул Кремль и Москву, это могло быть расценено как демонстрация возможности сдачи столицы врагу. И поэтому он продолжал оставаться в Москве в течение всей войны, вплоть до ее полного завершения.

В моих воспоминаниях четко отложилось, что даже в самые критические периоды войны, когда страна находилась на краю катастрофы, Сталин для нас был не только символом, но верой и надеждой на окончательную победу. Я понимаю, что такое отношение к Сталину и на фронте и в тылу было в значительной степени следствием тотальной пропаганды культа его личности, не столько осознанным выражением или любовью, сколько верой. Эта вера во время войны носила черты религиозного фанатизма и в определенной степени заменяла религию.

От современных политологов я много раз слышал о том, что клич «За Родину, за Сталина!», с которым солдаты на фронте шли в атаку, является придуманным сталинскими пропагандистами клише, но я сам, как и мои фронтовые товарищи, много раз шел в атаку именно с этими словами. Помню, как во время первой моей атаки при взятии безымянной сопки на Карельском фронте в районе Ондозера я так надорвал голос, что в течение нескольких дней после этого разговаривал шепотом.

Не вдаваясь в то, было ли оправданным такое отношение к Сталину, следует признать, что оно имело место со стороны большей части фронтовиков и тружеников тыла и в тех тяжелых, критических условиях объективно играло позитивную роль, так как служило одним из важных средств консолидации общества и мобилизации страны перед лицом нависшей над ней смертельной опасности.

Далее я должен коснуться проблемы, по которой в последние годы ведутся острые дискуссии и привнесено особенно много фальсификаций. Утверждения о том, что страна не была готова к войне, что вражеское нападение явилось полной неожиданностью, далеки от истины, они в корне ошибочны. В то же время проблема не столь проста, чтобы дать на нее однозначный ответ. Страна, безусловно, к войне готовилась, и вероятный противник был определен вполне однозначно: в довоенное время в 90 % советских школ в качестве иностранного изучался немецкий язык.

В СССР велась широкая и весьма эффективная идеологическая пропаганда, приоритетными целями которой стали воспитание патриотизма и готовность к обороне страны. Идеологическая работа велась на фоне отдельных ярких достижений, таких как строительство Магнитогорского металлургического комбината, Беломорско-Балтийского канала, Днепрогэса, Большого Ферганского канала, покорение Северного полюса, героические беспосадочные перелеты советских летчиков. При этом были задействованы все инструменты и средства: радио, литература, кино, театральное искусство. Возросла престижность военной профессии, что я могу отметить и на собственном примере. Окончив в 1941 г. среднюю школу с «золотым» аттестатом (золотые медали были введены после войны), я имел возможность поступить в любой вуз, но выбрал Высшее военно-морское инженерное училище им. Ф. Э. Дзержинского.

Важными направлениями подготовки к войне населения, особенно молодежи, были массовое физкультурное и оборонное движение БГТО («Будь готов к труду и обороне») и ОСОАВИАХИМ (Общество содействия обороне, авиационному и химическому строительству), а также учреждение знаков ГСО («Готов к санитарной обороне») и «Ворошиловский стрелок».

Об укреплении обороноспособности свидетельствовало создание в довоенные годы в аграрной стране, какой, по сути, была Россия после революции 1917 г., мощной тяжелой и оборонной промышленности. До конца 1930-х годов в СССР практически не было специализированной военной промышленности, а наркоматы оборонного профиля появились лишь в 1939 г. Как справедливо отмечает В. Шлыков («Известия». 2005. 16 мая), секрет успеха заключался в системе мобилизационной подготовки экономики, принятой в конце 1920-х годов. Тогда за основу была сознательно взята американская модель, где делалась ставка на оснащение армии вооружением, производство которого базировалось на использовании технологий, пригодных для выпуска и военной, и гражданской продукции. С помощью США строились огромные, самые современные для тех лет тракторные и автомобильные заводы, а трактора и автомобили конструировались так, чтобы их основные узлы и детали можно было использовать для выпуска танков и самолетов.

В результате уже в 1938 г. СССР имел мощности по выпуску 35,4 тысячи танков, что стало основой их массового производства в годы войны. Третий пятилетний план 1938–1942 гг. предусматривал увеличение мощностей до 60,7 тысячи танков в год. На гражданских предприятиях достичь таких показателей было уже невозможно. Началось строительство военных заводов. Такой же прогресс был достигнут и в производстве другой военной техники — самолетов, военных кораблей, артиллерийских орудий, минометов, стрелкового вооружения, а также боеприпасов.

Несмотря на колоссальный урон от вторжения, советская промышленность смогла производить вооружений больше, чем германская. Так, в 1941 г. СССР произвел танков вдвое, а в 1942 г. в 6 раз больше, чем Германия. Красная Армия буквально задавила немцев танками. За годы войны она потеряла около 100 тысяч танков — в несколько раз больше, чем немцы, и, тем не менее, закончила войну, имея 35 тысяч танков — в полтора раза больше, чем в начале войны (немцы начали вторжение в СССР с 3500 танками). Все это сыграло решающую роль в том, что страна выдержала натиск самой мощной в мире механизированной фашистской армии, выстояла в длительной изнурительной войне и в итоге добилась блестящей победы.

Однако, оценивая подготовку страны к войне в целом, необходимо отметить целый ряд серьезных проблем, которые в определенный период не были решены. Страна интенсивно готовилась к войне, но, как обнаружилось, не совсем к той войне, которая на нас обрушилась. Не углубляясь в эту проблему, я хотел бы ограничиться следующими фактами. Во-первых, нужно сказать о несоответствии профиля подготовки командных кадров характеру и задачам войны с массированным применением мотомеханизированных войск. Многие военачальники, в том числе и высокого ранга, вышли из кавалерии и слабо представляли себе особенности и характер современной войны. Им пришлось переучиваться «с колес», преодолевая тяжелые потери и поражения. Во-вторых, обнаружилась неадекватность структуры вооруженных формирований и состава вооружений Советской Армии реалиям начавшейся войны. В частности, явно недовое танковых и особенно мотомеханизированных соединений, в то время как удельный вес пехотных (стрелковых) дивизий был неоправданно высок. Явным анахронизмом можно считать также заметное число кавалерийских формирований в структуре Вооруженных Сил в начале войны. И наконец, недостаток вооружения, который остро ощущался в первые дни войны. Приведу в подтверждение пример из личных воспоминаний. В октябре 1941 г. закончилось формирование 85-й морской стрелковой бригады, куда я был откомандирован с I курса Высшего военно-морского инженерного училища. Несмотря на привилегированный статус этого соединения, только специальная рота автоматчиков и взвод разведки были снабжены автоматами. Все же остальные бойцы бригады получили трехлинейные винтовки образца 1891 г. конструкции Мосина, извлеченные из каких-то старых арсеналов.

Говоря о роли Сталина в Великой Отечественной войне, нельзя забывать о внезапности нападения фашистской Германии на Советский Союз. Если в широком плане страна готовилась к войне, и готовилась достаточно фундаментально, то, как показали события, момент начала войны оказался не-

ожиданным. Многие понесенные в самые первые дни войны потери и поражения предопределили неблагоприятное развитие последующих событий на фронтах. При этом вина за неподготовленность к внезапному нападению 22 июня 1941 г. обычно возлагается на Сталина, в распоряжении которого имелись данные агентурной разведки о точной дате начала вражеских действий. Другие историки объясняют этот факт тем, что Сталин в предвоенные месяцы получал множество противоречивых агентурных данных, из которых трудно было выделить достоверные. На мой взгляд, это не может быть оправданием нашей неготовности к внезапной фашистской агрессии. Ответственность за неподготовленность Красной Армии, за многие тяжелые потери личного состава и боевой техники, за беспорядочное отступление должна быть возложена на руководство страны и лично на Сталина. Конечно, значительная часть вины ложится и непосредственно на военное командование, которое обязано было в инициативном порядке принимать необходимые превентивные меры с учетом реально складывающейся политической и оперативной обстановки, как это сделал, например, адмирал Н. Г. Кузнецов, сведя тем самым к минимуму потери Военно-Морского Флота в первые дни войны.

Мне, даже с позиции нынешнего времени, трудно судить о непосредственных полководческих способностях Сталина, о том, насколько профессионально он руководил действиями Красной Армии как Верховный Главнокомандующий, но утверждения о том, что он руководил стратегическими операциями по глобусу, выглядят совершенно абсурдными и могут расцениваться как исторический анекдот. Однако не вызывает сомнений, что главные стратегические решения, определявшие ход и исход всей войны, принимались и утверждались лично Сталиным, а свидетельством их профессионализма, грамотности и обоснованности являются успехи наших войск в крупнейших операциях и победное завершение войны в целом.

В ряду выдающихся стратегических решений, реализованных в годы войны, необходимо отметить предпринятую по решению вождя своевременную и беспрецедентную по масштабам эвакуацию многих промышленных предприятий из регионов предполагаемых военных действий на восток страны. При этом в кратчайшие сроки в тяжелейших условиях удалось ввести эти предприятия в строй и в дальнейшем последовательно увеличивать на них производство необходимого фронту вооружения и военной техники.

В то же время не все действия и решения генералиссимуса в ходе войны можно считать безошибочными. В качестве одного из таких спорных, по моему мнению, шагов было издание в июле 1942 г. знаменитого приказа № 227, в котором, в частности, предусматривалось создание штрафных рот, штрафных батальонов и заградительных отрядов. Оглядываясь назад, на уже отошедшие в историю фронтовые годы, я пытаюсь ответить на вопрос, выполнили ли штрафные роты и батальоны предназначенную им роль. С точки зрения человека, находившегося в самой гуще фронтовых будней, могу с полной уверенностью сказать, что никакой заметной позитивной роли эти меры не сыграли. Перелом в войне должен был наступить и наступил в силу глубоких объективных обстоятельств, о которых сказано в многочисленных серьезных исследованиях по истории Великой Отече-

ственной войны. Что касается заградительных отрядов, то, по моему глубокому убеждению, их присутствие не только не способствовало успеху дел на фронте, но и играло явно отрицательную роль. Хорошо экипированные и ухоженные бойцы заградительных отрядов, находившиеся под боком у опаленных порохом фронтовиков, нагруженных вещмешками, оружием и боеприпасами, кое-как одетых, с обмотками вместо сапог, вызывали негативные настроения, ощущение раскола в войсках. Благо, что эти формирования просуществовали недолго и вскоре были упразднены.

Мне кажется, приказ Сталина № 227 был в какой-то степени проявлением стресса и отчасти неуверенности руководства страны, оказавшегося перед лицом неожиданных колоссальных территориальных и людских потерь, понесенных в первый год войны. Это был своеобразный психологический громоотвод в условиях, когда ничего более действенного в расчете на немедленную отдачу руководство предпринять было не в состоянии.

На фоне всего изложенного все чаще встречающиеся в наших «демократических» СМИ высказывания о том, что война была выиграна народом, но не Сталиным, более того, вопреки Сталину, исторически несостоятельны и абсурдны. Подобные утверждения являются классическим примером оксюморона. Они столь же нелепы, как, например, фраза: «Вчера большой симфонический оркестр Петербургской филармонии вопреки главному дирижеру заслуженного коллектива Юрию Темирканову блестяще исполнил Третью (Героическую) симфонию Бетховена».

Конечно, войну выиграл не Сталин, ее выиграл ценой большой крови и беспримерного героизма великий советский народ, руководимый и в тылу и на фронте лидером государства Верховным Главнокомандующим И. В. Сталиным.

В этих заметках я не ставил себе целью всесторонне оценить такую сложную, противоречивую и масштабную историческую личность, какой, несомненно, является И. В. Сталин. Эту нетривиальную задачу может решить только история. Цель моя много скромнее — довести до уважаемого читателя собственное восприятие личности Сталина лишь в плане оценки его роли в Великой Отечественной войне, причем с позиции современника Сталина, активного участника этой войны.

В заключение считаю своим долгом выразить благодарность доктору исторических наук О. А. Ржешевскому за консультацию по некоторым вопросам источниковедения, относящимся к содержанию статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Василевский А. М.* Дело всей жизни. Изд. 6-е. Кн. 2. М.: Политиздат, 1988.
2. Public Resort Office. FO 371 50804.
3. *Черчилль У.* Мировой кризис. Автобиография. Речи. М., 2003.

## В огне Первой мировой\*

*Минуло 100 лет с тех пор, как мир погрузился в войну, известную как Первая мировая, в результате которой прекратили существование четыре империи: Российская, Германская, Османская и Австро-Венгерская. Для России конец Второй Отечественной, как ее называли современники, стал началом войны Гражданской, последствием которой были преданы забвению десятки тысяч героев. На долгие годы память о ней была перечеркнута государственными переворотами, сепаратизмом и позорным Брест-Литовским договором. Систематическая забывчивость упоминания русских союзников в мероприятиях памяти Первой мировой связана с игнорированием современным Западом роли русской армии, понесшей самые большие людские потери в битвах 1914–1918 гг. К сожалению, эта забывчивость свойственна не только Западу... Высказывая свое мнение о Первой мировой войне, Президент России В. В. Путин сказал: «Это забытая война. Забыта она понятно почему. Наша страна много достигла в советский период времени, это очевидный факт, но есть вещи, которые тоже являются очевидными. Эту войну называли империалистической в советское время».*

*Первая мировая война представляет интерес не только как конкретное историческое событие планетарного масштаба, очень важно внимание к ее духовной составляющей. Это одно из ключевых событий мировой истории, так как она определила меняющийся облик мира всего последующего времени. Сейчас Россия возрождает историческую правду о Первой мировой войне. Открываются несчетные примеры личного мужества, воинского искусства, истинного патриотизма русских солдат и офицеров, всего российского общества. Открывается сама роль России в то сложное для всего мира время.*

*В интервью журналу «ЭС» академик, советник РАН, вице-адмирал Ашот Аракелович Саркисов рассказал об этом событии, его исторической интерпретации. Значительное внимание в интервью было уделено обсуждению уникального издания «Европа и Россия в огне Первой мировой войны. К 100-летию начала войны», выпущенного Клубом православных предпринимателей, Институтом экономических стратегий и Русским биографическим институтом по благословению Святейшего Патриарха Московского и всея Руси Кирилла. Это не просто книга по изучению боевых действий той войны, она воссоздает полную картину событий тех времен: начиная от зарождения идеи войны в головах политиков до ее реализации и реакции населения на военный конфликт.*

**— В этом году человечество вспоминает о событии столетней давности — начале Первой мировой войны. Почему сегодня столь актуально осмысление уроков этой войны?**

---

\* Журнал «Экономические стратегии», № 8/2014

— На мой взгляд, в наши дни, как и сто лет назад, мир находится на грани войны. Если суммировать тлеющие и разгорающиеся ныне локальные конфликты, можно сказать, что война уже идет. И причина этой войны, как и в начале XX века, — имперские амбиции нескольких держав, избравших в качестве основного метода вооруженные конфликты, раскачивание внутреннего положения в зарубежных странах и вмешательство во внутренние дела суверенных государств. Вся система международных договоров оказалась под ударом из-за такой политики.

**— Как Вы считаете, почему Первая мировая война в России была забыта?**

— В последовавшей за ней Гражданской войне на стороне Белого движения оказалась значительная часть русских офицеров, принимавших участие в Первой мировой войне. Поэтому в первые годы советской власти для широкой публики эта война стала забытой. Но военные практически всех стран-участниц, в том числе и нашей страны, тщательно изучали опыт Первой мировой. Однако каждая страна и армия сделала свои выводы из этих событий.

**— Обратимся к событиям начала XX века. Сейчас часто говорят, что Россию втянули в ту войну. А был ли у нее шанс избежать участия в мировой войне?**

— Россию действительно втянули в ту войну, втянули против ее воли — вспомним миротворческие инициативы Николая II, которые были проигнорированы руководителями великих держав. Кстати, эти державы перевооружали Японию накануне Русско-японской войны. России пришлось вступить в войну еще и потому, что она была вовлечена в союзнические договоры. Кроме того, ведущие европейские державы всячески поощряли националистические, сепаратистские и откровенно русофобские движения в западных губерниях России. Этот факт ранее замалчивался, но в новой коллективной монографии, изданной Институтом экономических стратегий, «Россия и Европа в огне Первой мировой войны» он освещается достаточно подробно. Было бы наивно полагать, что в этих условиях Россия могла бы избежать участия в войне. Так или иначе, в рамках геополитики кайзеровской Германии наша страна рассматривалась не как равноправный партнер, а как будущая жертва. Вопрос заключался лишь в том, будет ли она воевать против Тройственного союза вместе с союзниками по Антанте или к моменту нападения на Россию те уже будут разгромлены.

**— Ранее общепринятой была точка зрения, согласно которой кайзер Вильгельм II сделался врагом Англии, когда укрепил свой флот. Считаете ли Вы этот тезис верным, и если нет, то почему?**

Флот — объект самого пристального внимания британской короны. И причина этого хорошо известна: острая зависимость Британии от внешних источников сырья. Поэтому Великобритания после разгрома испанской



Непобедимой армады делала все, чтобы не допустить усиления в Европе чьих-либо военно-морских сил. Показательно, что У. Черчилль в конце Второй мировой войны предложит затопить весь немецкий военно-морской флот.

**— Вы называете июльский кризис 1914 года «самым сложным событием всех времен». Какой урок мы можем извлечь из него сегодня?**

— Этот кризис был настолько глубоким и многогранным, что вытекающие из его анализа уроки и выводы могут быть экстраполированы и на сегодняшнюю действительность. Но главный урок, на мой взгляд, заключается в следующем: война не должна являться средством разрешения международных противоречий. Также неприемлемо и балансирование на грани войны как способ добиться каких-либо внешнеполитических уступок. Надо отметить, что и в начале XX, и в начале XXI века мировое сообщество располагает большим набором межгосударственных соглашений и иных дипломатических инструментов, которые должны сменить порочную практику «двойных стандартов».

**— Первая мировая война явилась также и первым военным конфликтом в истории, когда воюющие стороны столкнулись с небывалым числом пленных. По разным оценкам, в плен с обеих сторон попало примерно 13 процентов солдат и офицеров. Ни одна из стран-участниц не была к этому готова. В наиболее сложном положении оказались русские военнопленные. Почему это произошло и что такое вообще плен во время Первой мировой войны?**

Тема военнопленных Первой мировой войны совсем недавно привлекла внимание отечественных исследователей. В связи с этим стоит отметить работы о российских военнопленных в Германии О. С. Нагорной, монографию о немецких военнопленных в России Н. В. Суржиковой. В кандидатской диссертации Оксаны Сергеевны Нагорной, защищенной в 2011 году, рассматриваются международно-правовые аспекты положения военнопленных в свете межправительственных соглашений того времени, их лагерный быт, взаимоотношения, а также влияние плена на дальнейшую жизнь этих людей. В монографии же Натальи Викторовны Суржиковой, которая увидела свет несколько месяцев тому назад, рассматривается пребывание военнопленных кайзеровской армии на Урале и в Сибири.

Возвращаясь к Вашему вопросу, отмечу, что из более чем 60 миллионов комбатантов в плену в годы Первой мировой войны оказалось около 5 миллионов человек. Из общего числа потерь пленные составили в российской армии 25–31 процент, что примерно соответствует аналогичному показателю в австро-венгерской армии — 30,3–37 процентов.

Всего было пленено более 2,4 миллиона русских, большую часть пленных (1,4 миллиона человек) составляли раненые. На положении российских военнопленных в Германии и Австро-Венгрии негативно сказалась неготовность практически всех стран-участниц к такому размаху войны. Такие факторы, как революционные потрясения и политическая пропаганда, а также транспортный коллапс привели к тому, что процесс репатриации российских военнопленных растянулся вплоть до 1922 года. Русские военноплен-

ные, как свидетельствуют документы, были не только объектом, но и субъектом отношений. В лагерях они погибали от голода и плохих санитарно-бытовых условий — в немецком плену от голода умерли примерно 190 тысяч человек. В то же время более 200 тысяч россиян совершили побег из плена. В числе бежавших — М. Н. Тухачевский, Л. Г. Корнилов.

**— У нас в России мало художественной литературы о Первой мировой войне. Ей посвящены отдельные страницы в «Тихом Доне» Шолохова, «Хождении по мукам» Толстого, а также в романе «Доктор Живаго» Пастернака — пожалуй, это все. Великая русская литература эту тему практически не освещала. Почему? Не потому ли, что у нас все кончилось революцией и гражданской войной, а потом было многолетнее замалчивание? Эта война не вошла в плоть и кровь, в сознание народа.**

Она, действительно, не вошла в плоть и кровь, ибо изменилась страна. Российская империя умерла, а новое государство — Советская Россия — только начинало жить, ему нужны были положительные герои, строители будущего. Как бы жестоко это ни звучало, но следует признать, что трагедия тех, кто пережил великую войну, была отринута.

**— А как Вы оцениваете исторические исследования, проведенные учеными за прошедшее столетие? Какие основные мировоззренческие тенденции Вы могли бы отметить в этих исследованиях?**

— За прошедшее столетие вышло огромное количество книг. В 1994 году Институт всеобщей истории РАН даже выпустил небольшую, но весьма пухлую брошюру с перечнем основных трудов, посвященных различным аспектам Первой мировой войны. Стоит отметить, что разработка этой темы имела страноведческую специфику. Так, в Советском Союзе в 1930-е годы разрабатывались в основном военно-прикладные вопросы — фортификация, форсирование крупных водных преград, штурм крепостей и т. д., а в США и нейтральных странах больше внимания уделялось дипломатии в годы войны.

**— Чем в этом смысле будет отличаться новое исследование, проведенное Министерством обороны и ИНАС? В чем его уникальность?**

— В книге «Россия и Европа в огне Первой мировой войны», как мне думается, удалось решить главную задачу: показать войну от начала до конца. Авторы раскрыли ее предпосылки и причины, в частности планы по переделу мира, рассмотрели реализацию этих планов в международных договорах, проанализировали боевые действия и их влияние на основные страны-участницы, в том числе на западные земли Российской империи.

**— Какие принципиально новые выводы Вам удалось сделать в данном исследовании? Опишите самый яркий момент, впечатление, открытие в рамках исследования.**

— Принципиально новым был вывод о происхождении, спонсорах и значении украинофильского движения в годы Первой мировой войны, с которым в немалой степени связана трагедия Талергофа — я имею в виду геноцид подкарпатских русинов. Эта тема, незаслуженно забытая почти на столетие, в ближайшее время найдет свое воплощение в сборнике соответствующих документов, над которым работают авторы данного проекта.

**— На основании каких источников проводилось исследование? Были ли среди них источники, закрытые до сего дня?**

— Авторы использовали широкий круг исторической литературы и источников из России, Германии, Австро-Венгрии, Болгарии, Испании, Османской империи, Молдавии, Беларуси. Им удалось решить проблему смычки локальной истории и геополитики, они смогли показать, как масштабные геополитические планы влияли на повседневную жизнь обычных людей.

**— Насколько сегодня доступны архивные материалы? Все ли фонды открыты?**

— Я хотел бы от всей души поблагодарить наших архивистов за ту большую и кропотливую работу, которую они делают. Знаете, ведь дело не в закрытости архивов. Проблема, прежде всего, в том, что во время Гражданской и Великой Отечественной войн значительная часть архивных дел погибла. Сложным делом является сохранение письменных источников, но в этом направлении успешно трудится ВНИИДАД, и я верю, что при помощи компьютерных технологий нам удастся в том или ином виде спасти большую часть архивных дел.

**— Чем книга, изданная ИНЭС, может быть интересна рядовому обывателю, будет ли научный труд понятен непрофессионалу?**

— Знаете, говорят, что величие ученого в том, что он умеет разговаривать на одном языке и со своими коллегами, и с непрофессионалами. Поэтому доступность труда была одним из критериев работы. С другой стороны, историк найдет в книге необходимый методический аппарат. Поэтому я полагаю, что книга будет интересна и важна. Рядового читателя она погрузит в самый сложный мир политики, он узнает, как сановники одним росчерком пера до неузнаваемости меняли жизнь широких народных масс, а историки (из России и других стран), купив эту книгу, узнают о том, как переживали эту войну народы.

**— Скажите, пожалуйста, несколько слов о Ваших коллегах — членах авторского коллектива.**

— В первую очередь я хотел бы поблагодарить Александра Ивановича Агеева, который, как Титан, держит на своих плечах этот и множество других проектов. Он автор оригинального предисловия к книге, которое сразу же задает системный подход, «раскладывает по полочкам» интересы дер-

жав и народов, освещает мнение салонов и его связь с массовым сознанием, знакомит читателя с парадигмами и императивами «большой игры». Хочется также отметить вклад выдающегося военного историка Владимира Антоновича Золотарева — мотора проекта «Военная история Российского государства». Новый труд, созданный под его руководством, в известной мере отличается от предыдущих. Если раньше авторами выступали не более трех известных ученых, а в книге, как правило, рассматривалась одна большая проблема, то в данном случае все иначе.

Поскольку концепция монографии предполагает показ самых разных аспектов подготовки, ведения войны и ее последствий, В. А. Золотарев привлек к работе над книгой ведущих специалистов по «узким темам», а также талантливую молодежь. К последней можно отнести руководителя авторского коллектива, выросшего в Институте всеобщей истории РАН, кандидата исторических наук Дмитрия Викторовича Суржика. Он успешно справился с организацией работы многочисленного коллектива авторов из разных стран. Среди них Сергей Викторович Артамошин — пожалуй, самый крупный специалист по кайзеровскому и гитлеровскому рейхам, Алексей Михайлович Литвин — заведующий сектором войн и межгосударственных отношений Института истории Национальной академии наук Беларуси, Сергей Яковлевич Лавренев — доктор политических наук из Института стран СНГ, Григорий Давыдович Шкундин — замечательный балканист из Института всеобщей истории РАН и отзывчивый человек, который очень нам помог на заключительном этапе подготовки труда, Игорь Юрьевич Медников — знаток иберийских стран из Российского государственного гуманитарного университета, Сергей Михайлович Назария — руководитель Ассоциации политологов «ProMoldova» и очень сердечный человек, а также другие выдающиеся ученые.

**О РОЛИ НАУКИ  
В РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ  
ПРОБЛЕМ  
СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ  
ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
ПОДВОДНОГО ФЛОТА**

## **Научный и гражданский подвиг академика А. П. Александрова в разработке методов создания технических средств и проведении работ по практическому размагничиванию кораблей в период Великой Отечественной войны\***

Из многих незаурядных качеств А. П. Александрова мне хотелось бы выделить две особенности стиля его деятельности.

Во-первых, это высокая гражданственность и патриотизм. А. П. Александров обладал исключительным чутьем и умел выделить наиболее важные для укрепления обороноспособности и экономики страны задачи. Так было, в частности, когда он еще до войны занялся поиском методов размагничивания кораблей, так было, когда он взялся за решение грандиозной задачи создания атомных подводных лодок. Точность выбора цели проявилась и в его работе по созданию единственного в мире атомного ледокольного флота. В последние годы жизни А. П. Александров возглавлял работы по актуальной и сложной проблеме снижения уровней физических полей подводных лодок с целью повышения их скрытности.

Другая особенность стиля работы А. П. Александрова — умение доводить любое начатое дело до успешного конечного результата. Это достигалось не только благодаря его выдающимся качествам ученого и инженера, но и благодаря его уникальным организаторским способностям. А. П. Александров умело руководил большими коллективами, координировал работу многих научных и производственных организаций, на каждом этапе концентрируя их усилия на решение ключевых задач.

Это качество стиля работы А. П. Александрова уже ярко проявилось при выполнении первого флотского задания, полученного им в 1932 г. от академика А. Ф. Иоффе: разработать электрический сетеперерезатель для дизельных подводных лодок. С этим заданием он быстро и блестяще справился. В своей лаборатории А. П. Александров сделал макет устройства, затем с помощью конструкторов-подводников разработал чертежи и выехал в Севастополь. Там изготовил образец, установил на подводную лодку «АГ-3» (командир П. Л. Литвиненко), испытал свое первое изобретение в море и сдал его в эксплуатацию флоту в том же 1932 г., назвав его электрический сетеперерезатель «Сом».

В последующем при решении более масштабных задач в немалой степени успеху всех начинаний А. П. Александрова способствовало и то, что в необходимых случаях он всегда мог рассчитывать на поддержку со стороны высших руководителей государства, которые, благодаря его огромному авторитету и личным качествам, относились к нему с большой симпатией и уважением.

---

\* (Сообщение на Научной конференции РАН, посвященной 100-летию со дня рождения А. П. Александрова)

За свою долгую, насыщенную до самых последних дней неустанным трудом жизнь Анатолий Петрович сделал много выдающегося. О различных направлениях деятельности А. П. Александрова было рассказано в предыдущих выступлениях. Любое из отмеченных сегодня свершений А. П. Александрова было бы достаточным, чтобы увековечить имя этого видного ученого и замечательного человека. Я расскажу об одном из этих достижений, а именно о его работах по противоминной защите кораблей, начатых еще задолго до Великой Отечественной войны.

Зная, что мое сообщение будет последним на этой сессии и предвидя неизбежное утомление слушателей к этому времени, я решил оживить изложение материала демонстрацией 10-минутного фильма, смонтированного из нескольких снятых ранее документальных лент. Этот ролик кратко показывает хронологию и основное содержание работ по размагничиванию кораблей ВМФ, проводившихся под руководством А. П. Александрова накануне и в первые годы Великой Отечественной войны.

После демонстрации фильма мне останется лишь сделать некоторые комментарии.

Несмотря на то, что к началу XX века из всего многообразия физических полей магнитное поле корабля представлялось наиболее изученным, и именно оно было использовано для создания неконтактных мин, проблеме магнитной защиты кораблей приходилось решать практически с нуля. Это первое, что мне хотелось бы отметить. С позиций сегодняшнего дня многие принятые и проверенные многолетней практикой научно-технические решения являются для нас очевидными, однако не следует забывать, что таковыми они стали в результате огромных усилий многих ученых и прежде всего коллективов, которые возглавлялись Анатолием Петровичем Александровым.

Серьезную ошибку допускают те, кто, признавая бесспорно выдающееся практическое значение работ по размагничиванию кораблей, в то же время недооценивают роль их научной составляющей.

В ходе создания и внедрения методов и средств защиты кораблей от неконтактных и индукционных мин разработчикам пришлось столкнуться с необходимостью решения целого ряда фундаментальных научных задач. Принимая личное участие в решении этих задач, Анатолий Петрович при необходимости привлекал к работе и других талантливых ученых.

Приведу лишь один пример. Зимой 1942—1943 гг. работавший с АФТИ И. Е. Тамм, в то время член-корреспондент АН СССР, разработал теорию распределения магнитного поля под кораблем и совместно с А. П. Александровым предложил формулу и кривые для расчета уменьшения магнитного поля корабля по мере удаления от корпуса (т. н. «кривые ЛФТИ»). Им же были разработаны методы расчета вертикальной составляющей магнитного поля намагниченного эллипсоида и экранирования магнитного поля обмотки корпуса корабля. Результаты этих исследований научно обосновали возможность и целесообразность размещения обмоток размагничивающего устройства внутри корпуса корабля, что резко повысило их живучесть.

Нельзя не отметить новаторский для того времени характер работы в целом и оригинальность использованных научных подходов и принятых ин-

женерно-конструкторских решений. Путь, избранный в ЛФТИ группой Анатолия Петровича, неоднократно подвергался критике со стороны ряда специалистов, которые утверждали, что правильнее не размагничивать, а намагничивать корабли, чтобы вызывать взрывы мин на почтительном и вполне безопасном расстоянии. Попытку действовать именно по этому пути предприняли на начальном этапе своих работ англичане, что на практике привело к значительным потерям их кораблей от немецких неконтактных мин.

Об уровне работ, которые велись под руководством А. П. Александра, свидетельствует и другой факт. Прибывшая в нашу страну в начале войны для оказания материально-технической помощи английская делегация к большому своему удивлению обнаружила, что советскими специалистами освоено и практически применяется безобмоточное размагничивание кораблей. Изучая английские инструкционные материалы, Анатолий Петрович пришел к выводу о том, что и в этой области руководимая им группа продвинулась заметно дальше англичан.

Оценивая содержательную часть работ по размагничиванию кораблей, нельзя вместе с тем забывать и о том, что Анатолий Петрович и его сотрудники блестяще решили жизненно важную для нашего флота научно-техническую задачу, работая в сложнейших условиях военного времени, нередко с прямым риском для собственной жизни. И это мой второй комментарий к просмотренному фильму.

Естественно, что после окончания войны работы по совершенствованию методов и средств защиты кораблей продолжались. Но при этом принципиально важно подчеркнуть, что научный поиск и техническая реализация полученных результатов велись в рамках той концепции магнитной защиты кораблей, которая в свое время была разработана А.П. Александровым и его сотрудниками.

Развитие минного оружия, а также создание более совершенных поисковых магнитометров, с помощью которых обнаруживаются подводные лодки, находящиеся в подводном положении, усложнили задачи по снижению магнитного поля кораблей. Если чувствительность неконтактных взрывателей во время войны составляла единицы миллиэрстед, то в настоящее время она составляет единицы гамм и менее. В еще большей степени возросла чувствительность поисковых средств. Например, чувствительность находящихся на вооружении ВМС Франции аэромагнитометров составляет сотые доли гамма.

Современные размагничивающие устройства представляют собой сложные автоматические системы, исполнительными органами которых являются компенсационные обмотки, смонтированные на корабле. Управление токами в обмотках ведется либо в функции магнитного поля Земли, либо в функции косвенных параметров, таких, например, как углы крена и дифферента корабля на качке.

В последние годы интенсивно развивались новые перспективные направления магнитной защиты кораблей. В частности, был исследован принцип построения средств защиты, базирующийся на использовании циркулярного магнитного поля и эффекта намагничивания ферромагнетиков



в ортогональных магнитных полях. Было установлено, что, подмагничивая корпус корабля циркулярным магнитным полем, замкнутым в шпангоутных сечениях, можно уменьшать величину его магнитной восприимчивости, доводя ее в пределе до нуля.

Результаты послевоенных исследований отечественных специалистов позволили не только расширить арсенал технических средств магнитной защиты, но и совершенно по-новому вести проектирование систем магнитной защиты кораблей в целом. В основу проектирования теперь закладываются мероприятия по формированию магнитной структуры корабля, включающие уменьшение его магнитной восприимчивости и увеличение его размагничивающего фактора. Для подготовленного таким образом корпуса должна проектироваться система модифицированных компенсационных обмоток.

Как показали оценки, эффективность таких систем магнитной защиты возрастает примерно на порядок по сравнению с существующими.

Без преувеличения можно сказать, что, благодаря трудам А. П. Александрова, наш Военно-Морской Флот приобрел не имеющие аналогов в мире средства и опыт борьбы с неконтактным минно-торпедным оружием.

Логическим продолжением работ по противоминной защите кораблей явилась деятельность Анатолия Петровича в области снижения акустических полей подводных лодок.

Если в предвоенные и военные годы в области защиты кораблей по физическим полям основное внимание уделялось проблеме уменьшения магнитного поля, то в послевоенные годы, когда началось строительство нового мощного флота, в том числе атомных подводных лодок, на первый план выступили вопросы акустической скрытности.

Здесь необходимо отметить, что наши атомные подводные лодки первых поколений по многим определяющим тактико-техническим параметрам, таким как скорость хода, глубина погружения, состав и характеристики вооружения, живучесть, вполне отвечали требованиям времени. Однако, к сожалению, они отличались большой шумностью, что снижало их скрытность и как следствие боевые возможности.

В этой связи задача улучшения акустических характеристик отечественных АПЛ приобрела особенно большое значение. И в решении этой актуальной, имеющей общегосударственное значение задачи Анатолий Петрович принял самое деятельное участие. Достаточно сказать, что в течение многих лет своей жизни и даже будучи Президентом АН СССР он возглавлял Научный Совет Академии наук по комплексной проблеме «Гидрофизика», который осуществлял координацию всех ведущихся в стране работ в этой области.

Не имея возможности более подробно останавливаться на этой проблеме, приведу лишь итоговые данные, характеризующие достижения работавших под руководством Анатолия Петровича научных и конструкторских коллективов, по снижению уровня физических полей АПЛ. За 30 лет — с 1970 по 2000 гг. — подводная шумность атомных подводных лодок уменьшилась более чем в полтора раза, а удельный магнитный момент более чем в три раза. Как мы видим, и в этом деле Анатолий Петрович остался верным своему неизменному принципу — доводить каждое начатое им дело до успешного конечного результата.

В истории нашей Родины не раз случалось, когда выдающиеся ученые и патриоты, прогнозировавшие возможный ход событий, обращали внимание на необходимость заблаговременного решения тех или иных актуальных проблем обороны.

Накануне событий 1904–1905 гг. именно так поступали вице-адмирал С. О. Макаров и профессор А. Н. Крылов, которые в своих многочисленных выступлениях и публикациях настойчиво обращали внимание на серьезные конструктивные недостатки боевых кораблей и считали недопустимым промедление с внедрением разработанных ими средств и методов обеспечения их непотопляемости.

Нет сомнений в том, что научный, гражданский и военный подвиг А. П. Александрова находится в ряду таких выдающихся свершений.

Кто знал А. П. Александрова, тот хорошо помнит, что из многих достижений Анатолий Петрович выделял два главных дела всей своей жизни — размагничивание кораблей и создание атомного флота. Судьба распорядилась так, что на берегу бухты Голландия удивительным образом сошлись свидетельства именно этих двух выдающихся достижений академика А. П. Александрова — площадка, где во время войны была расположена станция размагничивания, и Севастопольское высшее военно-морское инженерное училище, являвшееся основной базой подготовки офицерских инженерных кадров для атомного флота страны.

В 70–80-е годы я руководил СВВМИУ, и у меня возникла идея в честь выдающегося подвига советских ученых соорудить на берегу бухты вблизи площадки, на которой осуществлялось во время войны размагничивание кораблей, мемориальный знак. Это удалось осуществить в 1976 г. Сооруженный знак был занесен в реестр исторических и архивных памятников Украины.

P.S. У меня имеется записанное на диктофон выступление академика А. П. Александрова на торжественном собрании ветеранов противоминной защиты, посвященном 30-летию службы защиты ВМФ, состоявшемся 2 июля 1971 г. в Ленинградском доме ученых. Эту запись сделал и передал мне мой коллега, капитан-профессор 1 ранга В. Б. Ярцев, возглавлявший кафедру физических полей корабля в Военно-морской академии. Этот чрезвычайно любопытный документ, до сих пор нигде не опубликованный, я решил поместить в конце своих воспоминаний. В этом выступлении, сделанном в свойственной Анатолию Петровичу простой и яркой манере, содержится много очень важных исторических фактов. Обращает на себя внимание исключительная деликатность А. П. в отношении своих коллег, их роли и вклада в решение этой сложной и жизненно актуальной для ВМФ проблемы. Привожу это выступление без каких-либо редакторских правок.

**Выступление академика А. П. Александрова  
на торжественном собрании ветеранов  
противоминной защиты кораблей, посвященном  
30-летию Службы защиты ВМФ  
2 июля 1971 года в Ленинградском доме ученых**

Товарищи! Мне было очень приятно получить приглашение на эту встречу и очень приятно было здесь встретить многих тех, с кем мы действительно 30 лет тому назад и даже больше начинали эти работы. Так как я, по всей видимости, уже должен скоро окочуриться, исходя из средней продолжительности жизни, то, вероятно, не мешает вспомнить начало этих работ, потому что они сейчас буквально во всем, что приходится читать, освещаются совершенно неправильно. История не существует сама по себе — ее делают. Вот тут тоже делают историю усердно и мало похоже на то, что было на самом деле. Так что мне хотелось остановиться на этих давних вопросах.

Я прошу прощения заранее, потому что я забыл многие фамилии, забыл, конечно, и массу всяких событий, потому что после этого пришлось прожить столько, что этого хватает на полную человеческую жизнь, чтобы ее наполнить, но все-таки кое-что, вероятно, я смогу рассказать вам интересное.

Как мы, Ленинградский физико-технический институт, попали, как говорится, в эту историю? Было принято решение о строительстве крупного флота. И вот тогда из тогдашнего СКБ-4, которым, по-моему, руководил Чиликин (я с ним именно дело имел), к нам появился в ЛФТИ инженер Александр Александрович Картиковский. Это был уже очень пожилой человек. И вот он стал с нами советоваться. Иоффе привел его прямо ко мне в лабораторию, потому что он знал, что всеми легкомысленными предприятиями я обычно с охотой занимаюсь. Ну и мы стали обсуждать, что же тут можно сделать. В это время мы были в довольно тесном контакте с Минно-торпедным институтом, директором которого был Брыкин Александр Евстафиевич. И вот когда я ему рассказал про то, что с таким делом к нам товарищи появились, он сразу же к этому делу проявил очень большой интерес. До был нам материалы по поводу магнитных мин, которые применили впервые англичане в 1918 г. на Северной Двине против кораблей, тогда, можно сказать, молодой Северной флотилии советской. И оказывается, что тогда там была извлечена одна из мин. То ли благодаря приливу и отливу она была обнаружена, то ли по какой-то другой причине, то ли они ее поставили на мелком месте. В общем, эта мина была обнаружена, была разоружена, и были определены характеристики магнитного взрывателя, который там был. Этим делом, по-моему, занимался Павлинов, который играл большую роль в магнитных делах для флота.

Вот таким образом мы получили сведения о том, какими могли быть тогда мины. Кое-что мы и сами, как говорится, сообразили и посчитали и т. д. и решили, что это не безнадежная задача. И вот тогда небольшим коллективом (а коллектив этот состоял из Бориса Александровича Гаева, который,

к сожалению, сегодня не мог приехать, неважно себя чувствует), вот здесь присутствующего (тогда он назывался Димка Регель), теперь он зам. директора ЛФТИ, Кости Щербо, который тоже здесь присутствует, который был у нас лаборантом. Еще был такой Митька Филимонов, но он погиб потом. И мы попробовали рассудить, что тут можно сделать. Костя Щербо первым делом взял лист железа и согнул из него корабль пятиугольный. Дальше мы сделали так: мы сделали с Гаевым магнитометр. Лабораторный. Это все было сделано примерно за два дня, насколько я помню. Дима? Примерно так, да? Этот магнитометр мы сделали как? Мы брали безопасные бритвы, ставили на хорошие оси и намагничивали. Потом ставили коммутирующую катушку, и такой магнитометр довольно прилично мог (в зависимости от того, как его ставили) мерить любую составляющую поля. Мы померили поля железной нашей посуды и потом увидели, что она довольно здорово намагничена. Потом мы поняли, что технология постройки корабля должна сильно влиять на это дело. Костя лупил ее кувалдой, эту самую штуку, она перемагничивалась в любом направлении. Все было, как говорится, честь честью. Тогда мы поняли, что, в сущности, и постоянное, и курсовое намагничивание, и широтное должно быть. Общая схема нам тогда стала понятна. Мы, наша лаборатория была очень далека от вопросов магнитных. Поэтому нам пришлось тут делать все сначала. Если бы мы, например, занимались бы когда-нибудь магнитными компасами, там близкие вопросы уже стояли давно. Но тут нам пришлось все делать сначала и, может быть, это было и очень хорошо, как потом оказалось.

Вот после того, как мы эти опыты проделали, мы решили, что нам надо перейти на настоящий корабль, посмотреть, что там может получиться. Тогда мы обратились к Брыкину, и он разрешил использовать его корабль, «Дозорный» тогда назывался. Маленький такой кораблик был, кажется 150, что ли, тонн водоизмещением. Набрали мы каких-то проводов в институте, несколько катушек, и отправились с этим «Дозорным» попробовать, что будет. И тогда мы уже соорудили другие магнитометры, которые можно было совать в воду и которые, в общем-то, довольно успешно, до самой войны, помогли нам сделать все работы.

Но когда мы это готовили, к «Дозорному», в это время произошло такое событие. Флот предложил нам попробовать на лидере «Ленинград», который стоял тогда в доке, в сухом. Попробовать, можем ли мы каким-либо образом менять его магнитное поле. А у нас задача была именно такая: как нам перейти от масштаба этой метровой модели к кораблю. И вот мы отправились в Кронштадт. Там сделали несколько разных типов обмоток на лидере «Ленинград» и убедились, что действительно довольно легко мы можем в широких пределах менять магнитное поле корабля. После этого (для сухого дока) у нас был сделан такой магнитометр: мы просто взяли катушку проволоки, и она у нас переворачивалась на 180 градусов и на баллистический гальванометр. Вот таким образом мы тогда мерили поле лидера «Ленинград». Это было, конечно, страшно несовершенно, получили грубую картину, но она была совершенно ясна и очень похожа на то, что мы получили (могли получать) на модели. После этого мы работали еще с каким-то

кораблем, небольшим, я не помню. Это был какой-то из старых миноносцев. В Кронштадте тоже мы вели работу, тоже в сухом доке. После этого уже приступили к опытам с «Дозорным» в Кронштадтской гавани. Там мы поставили (это уже ЦНИИМТИ нам выделило) индукционные мины, естественно без взрывчатки. Реле мы вытащили на берег, и «Дозорный» с нашими обмотками стал ходить над этой миной. Все это выглядело тогда прелестно, потому что оказалось, на той глубине, которая там была (это было около 8 или 9 метров), уже одна основная обмотка на всех курсах защищала «Дозорный» от срабатывания реле этой мины. Это нас, естественно, вдохновило, мы доложили Брыкину эти результаты и стали готовиться к уже более серьезной работе с тем же «Дозорным», но с тем, чтобы провести все это обстоятельно, с изменением, всеми возможными курсами ходить и т. д. Стали подготавливать такую работу.

К этому времени у нас в лаборатории появились лучшие магнитометры, мы сделали их более приличными. И вот мы стали готовиться. В этот момент было собрано, как говорится, совещание на верхах. Это совещание было из такой компании: был Иоффе, был Крылов Алексей Николаевич, был Брыкин А. Е. и кто-то еще был четвертый. По-моему, был такой минер Верещагин, в НИИМТИ. По-моему, он там был четвертым. Он как раз и занимался там магнитными и индукционными минами и хорошо понимал в этих делах. Вот это высокое совещание послушало мой доклад. Я им рассказал про модельные опыты. После этого Алексей Николаевич сказал таким образом, что да, это все хорошо на моделях, но как будет на кораблях — непонятно, потому что ведь вы хотите, в сущности, задачу, которую мы решали для компасов, вы хотите решать не для точки, а для плоскости и это, конечно, очень трудно. Он очень интересно рассказывал тогда. «Я, — говорит, — помню, как в тысяча девятьсот, кажется, двенадцатом году на императорской яхте «Держава» (была, видимо, такая) возник вопрос относительно влияния динамо-машины, которую там установили, на компас. И вот тогда поручили эту задачу мне, и я создал обмотки в трех перпендикулярных плоскостях так же, как вы сейчас докладывали нам. Но только у самого компаса я их включил в виде шунтовых обмоток к этой динамо-машине, и, подобрав токи, мы добились очень хорошей компенсации электромагнитной девиации». Вот такую он рассказал вещь. После этого я им рассказал уже про опыты, которые велись на кораблях. Там были сняты все кривые подробные, на «Дозорном», какие поля, что, как, как срабатывает это реле, когда оно срабатывает, когда не срабатывает. В конце концов, все это совещание убедились, что стоит это дело вести дальше, и, так сказать, благословили эту работу.

Потом было другое совещание. В НИИМТИ. Там была обстановка значительно хуже, потому что там меня очень здорово заклевали специалисты тамошние и привлеченные, но тем не менее после того как совещание кончилось, каждый остался при своем мнении, а Брыкин сказал, что он корабль нам даст и мы можем работать дальше. И приказал, чтобы личный состав НИИМТИ помогал бы всячески в этой работе. Тут была очень важная его роль в этом деле.

Теперь дальше возникло неожиданное осложнение. Оно заключалось в том, что мы решили отправиться на Ладожское озеро на «Дозорном».

Там у них была своя программа, а кроме того, там выполнить нашу программу. Там есть большие глубины. С большими глубинами тут нам было трудно. И хотели все это там проделать. После того как такое соглашение состоялось, вдруг мне звонит Брыкин и говорит: «Вы знаете, не так просто, оказывается. Мы Вам не можем дать корабль бесплатно. Вы нам должны заплатить». Я говорю: «С чего я должен платить? У нас денег нету. Мы не такой институт». Я приехал к нему, и тут разыгралась необыкновенно комичная вещь. Он вызвал своего бухгалтера, бухгалтер говорит: «Конечно, они нам должны платить. Они должны нам за столько-то дней, там программа. Они должны заплатить около 100 тыс. рублей». Конечно, у нас таких денег нет. Он говорит: «Чего же вы смущаетесь? Вы должны заключить договор на эту работу с 45-м институтом (ЦНИИ-45). ЦНИИ-45 даст вам эти 100 тыс. по договору, вы их нам уплатите. Больше того, вы должны с них взять не 100 тыс., а больше существенно. Вы можете в 3-4 раза взять больше, потому что по закону 400 % можно. А они, уже в свою очередь, заключат договор с флотом и тоже наложат свои 400 %. И тогда все будет хорошо. Вы с нами спокойно рассчитаетесь». Товарищи! Это я ничего не придумываю! Это так и было! Это на меня произвело сильное впечатление, и я говорю Брыкину: «Слушайте, ну какой же смысл флоту получать 100 тыс. от меня за пользование его корабля для его же надобностей, а потом за это заплатить почти 1 млн 45-му институту?». Тот действительно возмутился, и потом они придумали так, что они прописали, что мы эту работу будем выполнять параллельно работам НИИМТИ и, таким образом, все эти финансовые трудности обошли. Но дальше нам все равно с ними пришлось встретиться.

Мы вели работу на Онежском озере. Тогда нам пришлось усилить нашу группу. Еще брат Регеля, Анатолий Робертович, тоже в нее включился (директор Института полупроводников теперь), еще несколько человек. Да, Петр Степанов, которого я здесь не вижу. Мы всей компанией отправились на Онежское озеро. Мы все там приготовили. У нас уже были движки, от которых мы питали все наши устройства, было до черта магнитометров. Все было сделано, как следует быть. И больше того, мы сделали такие лабораторные образцы магнитометров, которые должны были следить за изменением поля корабля в некоторых выбранных точках при его изменениях по курсу, кренах и т. д., с которого мы могли брать обратную связь на обмотки, которые ставили на корабле. Но мы тогда не применяли, мы только посмотрели, как эти приборчики наши работают для дальнейших целей. И вот тогда, собственно, мы остановились на двух системах: одна система была система из трех горизонтальных обмоток, из которых носовая и кормовая должны были не полностью компенсировать продольное намагничивание корабля (они, конечно, не могли полностью компенсировать; под кораблем они могли поля уменьшить), и бортовые батоксовые обмотки. А затем мы пробовали также шпангоутное расположение обмоток, которое потом уже стали тоже применять. Но мы остановились как на главном варианте (первом варианте) именно на трех обмотках: основная, носовая и кормовая.

Тогда было забавное происшествие, в результате которого могло бы не состояться сегодняшнего 30-летия, т. е. я бы на нем не состоялся. Командир «Дозорного», Александр Иванович Шаханов, потащил нас туда на плотике. Гаев, я и все мы — на плотике и там вся наша аппаратура стоит. Он тащит нас, тащит... Потом с корабля что-то падает за борт. И нам оттуда кричат: «Поднимите, ради Бога, эту штуку, которая упала. Мы потеряли». Мы доплываем (буксируют нас туда), я тогда плавал недурно. Конечно, я прыгнул в воду, Гаев прыгнул в воду. Стали мы там эту штуку ловить. Оказалось, что они, смеясь ради, бросили какой-то кранец. А когда я поплыл, они поддали ходу немножко. Я плыву с этим окаяннм кранцем, не могу догнать плот, хоть ты тут тресни. Я нажимаю, как могу, а они там стоят, посмеиваются. Тогда я повернул и к берегу поплыл. А там километра два до берега было в этом месте. Когда они увидели такую решительность, они остановились все-таки и подобрали меня. А я чувствовал, что уже не в силах...

В это время мы провели там очень хорошую серию испытаний, и, в сущности, там начали закладываться и все способы расчетов приближенных, которые мы потом применяли. Но и тут произошло такое событие. В какой-то момент меня вызывают. Так мы довольно спокойно работали как-то более-менее сами по себе. Что такое? Приехал Тевосян. А Тевосян был тогда министром судостроительной промышленности (наркомом). И тут на набережной, где-то в домике, было совещание с Тевосяном. И как раз по этому вопросу. И ставился вопрос о том, можно ли действительно тут чего-то путного добиться. Ну, в конце концов, дошла очередь до меня. Я доложил, что можно. Нужно провести серию испытаний на кораблях различных классов. «Что вам мешает?» Я говорю: «Нам нужен кабель, прежде всего. В большом количестве кабель. И потом, чтобы предоставляли корабли тогда, когда это будет возможным. Ну и нужно, чтобы измерения на больших кораблях, чтобы мы вели с какого-то устройства, а не просто с борта корабля, потому что нужно как-то делать это дело более солидно».

Вот тогда к нам через короткое время (мы все-таки заключили договор с ЦНИИ-45) был прикреплен товарищ Гордон Лев Аркадиевич и Фомин. А Фомин должен был непосредственно нас обеспечивать. И был такой приказ. Это уже после этого я встречался с Исаковым здесь, в «Астории», он приехал сюда и попросил Абрама Федоровича. Потом меня оттуда тоже вызвали по этим делам. Очень подробно обсуждали, что и как надо. И тогда произошел приказ насчет того, чтобы выделить нам для опытных работ (для измерений, собственно говоря) линкор «Марат». Александр Александрович Картяковский знал «Марат», понимаете, буквально. В любом месте, если его спросить, какой номер шпации, он сразу мог сказать, какая шпация, какое бронирование, какие толшины листов. Все это он знал прекраснейшим образом. И очень дружно мы с ним работали. Была назначена экспедиция, где мы должны были промерить поля «Марата» и сделать пробные эксперименты с тем, что можно, какими магнитными полями можно вызвать... *(запись прерывается)*.

Мы туда погрузили все наше имущество, много катушек кабеля, массу всего мы туда погрузили, измерительных приборов много погрузили и погрузили сейф. Вот с этого момента, собственно, началась серьезная секрет-

ность. Нам выдали железный ящик, который мы должны были обратно с секретными сведениями везти в запечатанном виде. А туда мы его набили напитками всякими. И он тоже был опечатан. Ну что вы хотите? Молодая была компания. И потащили нас на Красногорский рейд. Тащил, тащил нас буксир, и вдруг от переднего плашкоута отваливается вся передняя часть, и мы начинаем тонуть. Мы стали перекачивать катушки с кабелем, переносить приборы, все это делать. Обошлось. Этот буксир кругом трос обвел, уже с другой стороны стал тащить. Тащит, тащит и притаскивает нас на Кронштадтский рейд, и в это время там начинается портиться погода. А в те времена, чтобы вышел линкор туда, его должна была сопровождать двадцать одна единица, включая линкор или не включая, я не помню уже. Кораблей стоит до черта. Но начинает нас болтать, и наши плашкоуты начинают дышать на ладан явно. Мы получаем команду: идти в Пейпию и там, в Пейпии, отстояться. Мы отстаиваемся в Пейпии, через два дня плохая погода кончается, и нас опять тащат, уже в совершенно жалком виде, к линкору. Стоит такой красавец, серый, погода великолепная, все стоят по борту в белом, вся команда, и тут вдруг притаскивают ужасный хлам. Но наш Павел Степанов (он уже «оморячился» несколько на этих работах), он становится на нос плашкоута, берет конец, гордо замахивается и бросает его на линкор. И этот конец в воздухе разлетается на три части. Он был совершенно тухлый. Ну, потом ему там быстро помогли военные, как-то привели эти штуки в порядок, очень хорошо привели в порядок, и мы стали там работать. Надо сказать, очень хорошо, тогда Флот в высшей степени энергично помогал в работах. Их выполнили довольно прилично, и после этого стало ясно, что действительно можно ставить вопрос о создании такого рода систем.

Тогда к нам прикрепили по линии Судпрома ЦКБ-52 для этих работ. Вот тогда я познакомился со многими товарищами, здесь присутствующими. Тогда и ЭМТ (Электромортрест)...*(Пропущено)* ...Василий Сидорович Евдокимов... *(Пропущено)*. С ним мы больше всего работали по конкретным проектам для разных кораблей. Как раз группа Евдокимова вела это проектирование. И мы стали очень серьезно готовиться к тому (это было назначено), чтобы весной 41-го года провести испытания в Севастополе на всех классах кораблей, которые там были. Для них уже были сделаны промышленные проекты (это не были какие-то временки, а промышленные проекты). И там мы должны были все эти работы провести. К этому времени (немного раньше), к нам назначили товарища Климова, который сидит здесь, такой же лысый, как я. Тогда он был капитан 3 ранга, да? И вот он очень воодушевился этими работами. Прошло немного времени, он эти дела хорошо воспринял и со своей стороны сделал предложение относительно безобмоточного размагничивания кораблей. Это вот было предложение Ивана Васильевича. Тогда по этому поводу он сам и начал работы. Оказалось, что это дело делать можно. Но поначалу не было ясно, куда это надо делать. Потом в какой-то момент (это было в 40-м, по-моему, году) нас командировали в Киев на Днепровскую военную флотилию, и там мы должны были провести испытания на мониторах. Там были такие «утюги», эти самые мониторы. И вот надо было попробовать с ними. А там мелко очень. Тогда с нами был от



НТК, по-моему, Годзевиц. И был назначен начальником гос. комиссии (уже по этим работам) капитан 1 ранга Хорошкин. Он был, кажется, командующим Днепровской флотилией. Вот мы тоже провели эти работы. Причем Годзевиц из нас там выжимал, чтобы мина не срабатывала даже под самым дном корабля. Ну а эти «утюги» разводили страшную волну. Я помню, мы поставили мину на малой глубине, а у него осадка была небольшая, около метра. И вот он прошел над этой миной, мина покатила, за концы, которые выведены, весь наш стол со всеми приборами, все это полетело к чертям. Ну конечно, при этом реле замкнулось, и Годзевиц был очень недоволен. Но все-таки в результате кончилось все благополучно. И вот там мы очень долго возились с батоксовыми обмотками, потому что при таком широком корабле без этого уже невозможно было обойтись. Они там существенно помогали делу.

Потом, в феврале 42-го года учинилась наша экспедиция на Черное море под водительством Ивана Васильевича Климова. Мы были тогда все молодые и легкомысленные довольно-таки, вели себя разнообразно. И я помню, была тогда популярная песня «Дядя Ваня, хороший и пригожий». Вот это мы все время пели Ивану Васильевичу. А он только и делал, что вызволял нас из каких-то неприятностей, потому что в это время там были затемнения, мы нарушали эти затемнения, и еще что-то такое было. В общем, довольно много мы ему доставили хлопот.

Но вот тогда были проведены опыты на крейсерах. В общем, для всех классов кораблей были готовы системы реальные, которые можно было ставить. Но дело двигалось медленно. И вот, то ли в конце марта, или в начале апреля меня вдруг вызвали в Москву на Военный совет флота. И вот там рассматривался вопрос о размагничивании кораблей. Там был Исаков, который мне там же показал журнал «Шип билдинг», что ли, и там были нарисованы обмотки, как их делали англичане. А до того один из кораблей коммерческих (кажется, датский или голландский) приходил сюда, в Ленинград. И наш Гаев ездил на этот корабль (уж не помню, под каким видом его туда пускали) и там осматривал обмотки размагничивания. Оказалось, что они применяли тогда одну основную обмотку. Так же, как и в английском флоте. Тогда была, главным образом, одна обмотка. В этом журнале было так. Там был Жданов, который чрезвычайно резко напал на Кузнецова (Кузнецов вел этот Военный совет), и тут я в первый раз услышал про войну. Он сказал: «Что, ты хочешь, чтобы мы вступили в войну без этого вооружения?». Тот говорит: «Да вот, кабеля нет, того нет». «Так мы сейчас этот кабель можем достать у немцев, а потом-то мы его нигде не достанем! А ты смотри, англичане делают, кто-то еще делает, немцы усиленно применяют магнитные мины. Как же нам без этого вооружения?»

И вот после этого дело было совершенно коренным образом развернуто. И тогда была включена очень большая группа военных. Управление кораблестроения за это дело очень прилично взялось, и начались эти дела разворачиваться дальше. Но все равно до войны был очень маленький кусочек, практически успели только кое-что подготовить, но ничего сделать реально-го еще не сделали.

Началась война. И тогда мы сделали такую вещь: у нас в ЛФТИ тогда произошла такая картина. Очень многие лаборатории включились в эту работу. И. В. Курчатов, вместе со всей своей лабораторией, захотел в эту работу вступить тоже. Ну, просто по такому разговору, что эта работа для войны необходима, а у меня ничего сейчас нет. Давай забирай мою лабораторию, будем как-то действовать вместе. И целый ряд других товарищей. Постепенно они включились в эту работу. Вот Тучкевич, Федоренко, целая большая рать получилась! Теперь, в это время уже НИИМТИ и МТК здесь (тогда Жуков был, по-моему, начальником МТК) очень энергично включились в это дело, выделил очень большую группу офицеров из МТК (большинство здесь присутствующих были выделены на это дело). И это создало совершенно другой темп в работе.

В первые дни войны мы были в Прибалтике. Тут вот, в Кронштадте, сначала делали тралы магнитные. На деревяшках ставили 60 кВт дизеля. Два или четыре таких трала сделали. Конечно, это было гадостное устройство, оно было не живучим, но все-таки какую-то роль они должны были сыграть. Ну а большую группу тогда мы отправили в Прибалтику. Отправили тогда же группу в Севастополь. Вот с этого началось. Теперь, 26 июня 41 г. я защищал докторскую диссертацию. Я отпросился на один день, меня отпустили, и я ее защитил. После нее я (уже когда я ее защитил), приехали два офицера, чтобы меня забирать куда-то. Потом я только забежал домой на пять минут, приехал сюда, в НТК, там было совещание с Жуковым. Он сказал, что завтра утром мы двигаем в Прибалтику. Завтра утром, в 6 часов, свидание возле Нарвского универмага. Я приезжаю туда, меня провожает жена. Я говорю: «Да ты не бойся, ничего не будет». Мы подходим к машине (стоит машина ЗИС-101), открываю я туда дверь — там стоит пулемет. Потом, Жуков там был, еще кто-то с ним, и старшина-пулеметчик. Поехали мы в Прибалтику, и там в полном разгаре были работы по оснащению кораблей. Тогда это называлось «Система ЛФТИ».

Я помню, на один корабль я приезжаю, меня туда срочно вызвал Питерский (был начальник штаба, может, зам. НШ). Оказывается, какая произошла история. На этом корабле был очень крепкий замполит. Или как он тогда назывался, я уж не помню. И этот крепкий замполит очень ценился Регелем, который делал там обмотку. Я не помню, ты это делал или Толя делал? Ты делал? А для того, чтобы проверить: а так ли сделал? — он взял среднешкольный учебник физики, посмотрел, куда должна отклоняться стрелка, если ток идет туда-то, и убедился, что он делает как раз наоборот. И решил: фамилия Регель, да еще Робертович, и ток в обратном направлении. В общем, дело было плохо. А все дело в том, что рассчитывают на школьников иначе, чем на нас с вами. Нам с вами дали правило штопора. Каждый из нас знает, куда крутится штопор. А школьникам нарисовали там какую-то ерунду. Вот я ему показываю: смотрите, вы берете провод, вот тут нарисовано все правильно, в учебнике. Но только в учебнике-то у вас стрелка магнитная нарисована под проводом, а Регель-то ставит шлюпочный компас для проверки направления токов над проводом. Значит, у него должно в другую сторону отклоняться. В конце концов, я ему показал, где же, куда что отклоняется, и вопрос был снят.

Потом было очень интересно. Где-то там, неподалеку, в Пальдиски, вероятно, был «Марта», минзаг тогда. Мы приехали туда. А там они, не дожидаясь ничего, но, имея какие-то инструкции, которые мы к этому времени уже распространили по кораблям (временные инструкции), командир БЧ-5 сам стал делать размагничивающую систему. Где-то они набрали кабелей, обмотали корабль, все честь честью. Но у них не было, чем токи регулировать. Они взяли кастрюли с камбуза и сделали водяные реостаты. Причем довольно толково сделали. Ну, там немножко это дело пришлось поменять, выкинуть эти кастрюли. Но, в общем-то, уже это показывало, что и обычный состав флота начинает к этому делу относиться всерьез, а не только НТК или Управление кораблестроения. Вскоре здесь создалось положение очень тяжелое. Флот уже весь был в Кронштадтском районе, и тогда произошло следующее: меня и И. В. Курчатова командировали в Севастополь. А здесь вся работа перешла в руки В. М. Тучкевича. Товарищ Щадеев с ним был главный, кто руководил этой работой по военной части. А Тучкевич собрал под себя всех физтеховцев, которые еще были. Тогда работала в этой группе дочь А. Ф. Иоффе, Валентина Абрамовна Иоффе, и довольно много еще наших товарищей. Но тут довольно скоро положение стало получаться тяжелым, потому что уже началась гололедица, блокада. А нас вытащили туда, потому что там создалось (в Севастополе, на Черном море) очень острое положение. Ну и там, надо сказать, что работа сразу развернулась очень хорошо. Там был, по-моему, начальник техотдела Стеценко И. Я. Он очень хорошо эту работу воспринял. И вот тогда, тут многие из присутствующих, и вы тогда тоже в это дело включились, группой ведали. Тогда приехала туда группа от Управления кораблестроения с Гуменюком во главе. Он, собственно, руководил всей этой работой в целом. Там соорудили (Иван Васильевич очень энергично работал на кораблях все время) пробный полигон минный, где пропускали корабли после размагничивания (это было в Северной бухте). Ну и работа эта шла. И вот, к этому времени стали начинать применять способ, который предложил Иван Васильевич Климов — безобмоточное размагничивание. Но только одну, по-моему, лодку успели тогда сделать, попробовать на ней. В это время туда приехала английская делегация, как раз по вопросам размагничивания кораблей. Они привезли с собой приборы, вот эти пистолы, которые пошли потом у нас в ход. Это было для нас полезное приобретение. Но что касается размагничивания безобмоточного, то, можно сказать, они были ничуть не дальше, чем мы. И даже, пожалуй, мы были несколько дальше. В их инструктивных материалах были крупные ошибки, которые мы обнаружили тогда. Сознательные это были ошибки или нет — неизвестно, но, в общем, они там начали действовать. И вот им дали для размагничивания лодку, которую уже, собственно, размагничивали. Вы ее тогда, кажется, размагничивали, да? Вот Виктор Дмитриевич ее размагничивал, а потом ее англичанам дали. Они сразу охнули: ага, значит, у вас есть безобмоточное размагничивание? Ну, в общем, не знаю, уж как там от них отбредались, но с этого времени у нас вот этот метод, впервые предложенный тогда Иваном Васильевичем, хорошо пошел в ход. Раньше мы лодки не размагничивали, а тут это дело пошло полным ходом.

Затем, через некоторое время, меня из Севастополя вызвал Галлер и отправил на Северный флот. Туда я прилетел, пришел к Головки (в его пещеру), и говорю ему то, что говорил мне Галлер: вероятно, отсюда корабли придется выводить. В горле Белого моря такая ситуация, что они могут встретить очень серьезные минные поля. По этому случаю здесь есть мои ребята, они занимаются этим делом. Дополнительно меня прислали сюда тоже. Тогда много было товарищей: Неменов был, Щепкин был (теперешние все наши деятели в Институте атомной энергии). Они были из курчатовской лаборатории. После этого все разыгралось так: эта группа стала работать на Севере, а Головки мне ответил очень четко: «Я никуда ни один корабль отсюда выводить не буду, кроме как на Запад. Но раз вам поручено это дело, вы его делайте. Вот вам флагман Зятков. Будет вас там обеспечивать, что и как вам нужно, а корабли мы выводить не собираемся». Вот такой был четкий ответ. Ну и действительно, надо сказать, режим он очень жесткий завел, и это был флот, который действительно за все время войны никуда не сдвинулся от наших границ. Он меня тогда поразил. Очень сильный был командующий. Это был следующий этап. Потом, наконец, в феврале 41-го, мы с Годзевицем приехали сюда с некоторыми товарищами (тут встретились и готовили некоторые работы). Собственно, это была такая переподготовка по размагничиванию. Тут я был до мая.

В июле месяце 42-го года наша группа работала на Волге. Товарищ Лазуркин тогда был там во главе этой группы. Потребовалось, чтобы туда послать подкрепление. Вот Дима Регель, я, Костя Щербо — мы все туда отправились. И там была трагическая картина. Как раз, собственно, когда мы туда прибыли. Там размагничивали бронекатера, которые перегнали на Волгу. И вот тогда Лазуркин запретил одному бронекатеру, что нельзя ему выходить — у него поле очень безобразное, плохое. Но был приказ. Хорошкин, который был в это время там, который раньше был председателем этой комиссии (какая ирония судьбы!), он сам на этом катере пошел. И тут же погорелся. Вот он там уже был контр-адмиралом. Он погиб.

Но там мы немножко занимались и не по специальности. Сделали какой-то трал очень хитрый. Потом отправили нас. В одном месте мина магнитная попала на берег на «обсушку». Мы занимались этой миной. Я не помню, как фамилия этого минера. Такой Михал Михалыч с нами там был. Мы очень хотели раскрыть эту мину, посмотреть, нет ли там, внутри, еще чего-то такого. Были какие-то странные горловины, не открытые. Он говорит: «Это пустяк. Я сейчас заложу туда шашечку. Я ее обкручу сеном, с миной ничего не будет. Она только разломится». Но на всякий случай он нас отогнал. Мы залегли за кустами. Как эта шашечка даст! И вся мина к черту взорвалась.

Вот, собственно говоря, к тому времени была уже отправлена группа Федоренко на Дальний Восток. Были всюду группы пущены. Уже были флотские станции размагничивания, с хорошим квалифицированным составом. Мы только занимались тем, что какие-то инструкции выправляли, преподавали составу флотскому. Флот взял в свои руки очень хорошо, и система работала... *(запись повреждена)*.

С тех пор мне редко очень приходилось встречаться с вопросами размагничивания. Тогда была создана (уже в 47 или в 48 году) специальная лаборатория в Институте физических проблем, где я тогда был. Виктор Дмитриевич Панченко ею руководил. Там эта работа шла, развивалась, целый ряд вопросов решался. В это время 45-й институт (там, по-моему, специальный институт даже выделился, в конце концов, отделение). Они с нами очень много работали во время войны, после войны и перед самой войной. И в результате, надо сказать, что действительно флот наш понес очень небольшие потери, благодаря вашим, в основном, усилиям.

И, простите. Я заболтался. Просто мне было приятно вспомнить эти события. Это, конечно, был крупный этап в жизни. Потом я перешел на другие дела, и мне только сейчас иногда приходится встречаться с тем, еще корабль не пускают, потому что он не прошел СБР и т. д. и т. д. И все тогда ходят ко мне, особенно судостроители, и говорят: «Подпиши, что не надо СБР». И я, честно, ни разу не подписывал.

Извините, что я однобоко все это рассказал с точки зрения нашего ЛФТИ. Очень приятно, что такая работа так дружно, хорошо, была сделана большим коллективом организаций. И, надо сказать, сейчас это дело вроде успешно. По крайней мере, никто, нигде не подрывается, хотя и ругают за все размагничивание.

## **Роль Академии наук в обеспечении защиты и скрытности кораблей ВМФ\***

В Санкт-Петербурге 7 и 8 октября 2011 г. состоялось торжественное собрание ученых РАН, вузов, специалистов ВМФ России и организаций промышленности, а также ветеранов флота, посвященное 70-летию создания в стране службы защиты кораблей ВМФ по физическим полям. Сопредседателями Организационного комитета являлись авторы настоящей статьи. С докладами и сообщениями выступили академик А. А. Саркисов, доктор технических наук В. Н. Пархоменко, доктор технических наук В. Л. Маслов, кандидат технических наук Ю. М. Патраков, член-корреспондент РАН Е. И. Якушенко, доктор технических наук Ю. В. Гурьев, доктор технических наук А. А. Родионов, кандидат физико-математических наук Б. Б. Дьяков, академик Э. С. Горкунов, кандидат физико-математических наук С. М. Задворкин, А. Н. Мушников и другие. В докладах освещались история создания, современное состояние и перспективы развития средств и систем защиты кораблей. Было отмечено, что в послевоенное время работы по защите кораблей в области физических полей значительно расширились, что связано, в первую очередь, с развитием радиоэлектронных средств обнаружения, совершенствованием всех видов морского оружия, автоматизацией управления, оснащением кораблей и подводных лодок ядерными энергетическими установками.

Созданные в начале войны группой ученых Ленинградского физико-технического института под руководством А. П. Александрова станции размагничивания кораблей на Балтийском, Черноморском и Северном флотах явились прообразами будущих эффективных систем защиты кораблей ВМФ. Чтобы понять значимость этого события обратимся к истории.

Вопрос защиты кораблей от средств поражения противника наряду с разработкой и применением оружия был главным как для кораблестроителей, так и для флотоводцев с момента зарождения военно-морских флотов мира. В начале XX столетия с развитием науки и техники в военном деле появились средства обнаружения и уничтожения кораблей, основанные на новых физических принципах. После 1918 г. мировой флот стали вооружать неконтактными минами и торпедами, которые реагировали на электромагнитное, акустическое и гидродинамическое поля кораблей.

С 1923 г. в СССР началось создание торпедных неконтактных взрывателей (НВ). С этой целью проводились многочисленные замеры магнитных полей различных кораблей. На основе полученного экспериментального материала разрабатывалось несколько образцов НВ. В 1940–1941 гг. успешно прошел испытания и был принят на вооружение помехоустойчивый магнитодинамический неконтактный взрыватель генераторного типа.

---

\* ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, 2012, том 82, № 7, с. 1–17  
Ж.И. Алфёров, Н.П. Лавёров, А.А. Саркисов



**Рис. 1.** Президиум торжественного собрания.

Слева направо: член-корреспондент РАН Е. И. Якушенко, академик Э. С. Горкунов, доктор технических наук А. А. Родионов, академик А. А. Саркисов, академик Е. Б. Александров, контр-адмирал Е. Я. Бузов

Логика развития методов вооруженной борьбы на море диктовала необходимость противостоять новым средствам обнаружения и уничтожения надводных кораблей и подводных лодок. Планомерная работа в области защиты кораблей от подрыва на магнитных минах развернулась в СССР в 1936 г. с создания методов размагничивания, когда в связи с началом проектирования крупных боевых кораблей командование ВМФ поставило перед наркоматами тяжелой и оборонной промышленности вопрос об обеспечении этих кораблей защитой от неконтактного минно-торпедного оружия. В Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ), входившем тогда в систему Наркомтяжпрома, была сформирована группа защиты кораблей от неконтактных магнитных и индукционных мин и торпед. Группой руководил А. П. Александров, этой же проблемой занимался и Научно-исследовательский минноторпедный институт ВМФ.

Значительную роль в выборе направления исследований и разработке технического оснащения сыграл Б. А. Гаев — ученый, инженер, изобретатель в области минного оружия, вскоре присоединившийся к группе А. П. Александрова. Одним из первых результатов стало изобретение способа размагничивания кораблей (система ЛФТИ), датированное 1938 г. (авторское свидетельство на этот способ в силу секретности было выдано только в 1945 г.). Монтаж и испытания системы прошли на линкоре «Марат». Необходимо отметить, что результаты испытаний на крупном боевом корабле были впервые получены именно в Советском Союзе. Аналогичные исследования в Англии были выполнены только в ноябре 1939 г.

Уже с 1939 г. в нашей стране к работе по защите кораблей в полной мере подключились головные судостроительные научно-исследовательские ор-

ганизации. К концу 1940 г. группой А.П. Александрова были разработаны технические задания на оборудование боевых кораблей размагничивающими устройствами.

В августе-сентябре 1939 г. ЛФТИ вошел в состав АН СССР, следствием чего стало письмо директора института академика А. Ф. Иоффе в Президиум Академии наук с информацией о проводимых оборонных исследованиях и предложением о включении их в план АН СССР, что и было сделано. С тех пор работы в этой области шли уже под эгидой Академии наук.

К началу Великой Отечественной войны метод и система размагничивания корпусов кораблей из ферромагнитных материалов, намагничивающихся в магнитном поле Земли при строительстве, были отработаны до практического применения. На нескольких кораблях в опытном порядке были установлены системы ЛФТИ. Однако специалистов по размагничиванию кораблей было мало, установкой средств занималась небольшая группа сотрудников ЛФТИ (около 10 человек) и нескольких офицеров из Научно-технического комитета ВМФ (НТК ВМФ), работавших совместно с лабораторией А. П. Александрова.

Как выяснилось, немцы уже с 18 июня 1941 г. приступили к установке минных заграждений на Балтике, стремясь заблокировать корабли нашего военного флота на базах. В ночь с 21 на 22 июня магнитные мины появились на подступах к Севастополю и другим черноморским портам. Они были также обнаружены на Севере, возле Архангельска и Мурманска. Начались потери кораблей наших военных флотов. Проблема противоминной защиты стала рассматриваться как задача стратегического значения и превратилась в предмет повседневной заботы руководства Военно-морского флота СССР. Приказом Народного Комиссара ВМФ от 8 октября 1941 г. № 977 в Управлении кораблестроения ВМФ было сформировано самостоятельное отделение по размагничиванию кораблей. На директоров судостроительных заводов возлагалась ответственность за монтаж размагничивающих устройств, объявлялась мобилизация по использованию всех запасов кабеля, были выданы требования к изготовлению кабеля на заводах Севкабель (г. Ленинград) и Москабель (г. Москва) и на его импорт.

С первых дней войны А.П. Александров стал привлекать сотрудников института к работе по размагничиванию кораблей. Обучение методам измерения магнитных полей, расчетам ампер-витков обмоток системы защиты происходило в Кронштадте непосредственно на размагничиваемых кораблях. В связи с тем, что пополнение состояло из квалифицированных физиков, обучение длилось всего несколько дней. Необходимость организации работ по защите кораблей на всех флотах потребовала разделения группы А. П. Александрова на части, каждая из которых должна была срочно выехать на базу соответствующего флота, обязательно вместе с одним или несколькими офицерами ВМФ, знакомыми с системами ЛФТИ.

Важно также отметить, что в результате взаимодействия с английскими специалистами на Черноморском флоте в 1941 г. группой сотрудников ЛФТИ с участием А. П. Александрова и И. В. Курчатова было освоено безобмоточное размагничивание, которое впоследствии применялось в первую очередь для подводных лодок, а также для боевых надводных кораблей.



В то время в Кронштадте метод безобмоточного размагничивания на подводных лодках отрабатывал М. Тучкевич со своими специалистами. В дальнейшем этот опыт был перенесен и на другие флоты.

Работы по размагничиванию кораблей, по воспоминаниям участников, проходили в тяжелых боевых условиях, под артиллерийским и бомбовым обстрелом. Но эти усилия не пропали даром: созданная противоминная за-

<b>Архивная выписка</b>	
 <b>П Р И К А З</b> <b>НАРОДНОГО КОМИССАРА</b> <b>ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА СОЮЗА ССР</b>  <b>№ 0977</b> <b>8 октября 1941 года</b>  <b>г. Москва</b>	
<hr/> <b>СОДЕРЖАНИЕ : О изменении Положения об Управлении кораблестроения ВМФ, в связи с созданием в нем самостоятельного отделения по размагничиванию кораблей.</b> <hr/>	
<p>1. Создать в Управлении кораблестроения ВМФ самостоятельное отделение по размагничиванию кораблей, присвоив ему название " Первое отделение ".</p>	
 <b>НАРОДНЫЙ КОМИССАР ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА</b> <b>СОЮЗА ССР</b>  <b>адмирал</b>  <b>Н.КУЗНЕЦОВ</b>	

**Рис.2.** Архивная выписка из приказа Народного комиссара ВМФ СССР о создании организационной структуры, положившей начало Службе защиты кораблей по физическим полям

щита позволила сохранить тысячи жизней моряков и обеспечить успешные боевые действия на всех флотах и флотилиях в ходе войны. Успеху способствовало тесное взаимодействие ученых ЛФТИ с офицерами службы размагничивания, старшинским и рядовым составом ВМФ, самоотверженно выполнявшими свой долг. Кроме того, на ученых лежали обязанности по созданию детальных инструкций, руководств и нормативов, а также руководство всем комплексом работ. Здесь большую роль сыграли теоретические расчеты магнитных полей кораблей, систем обмоток и стендов будущего нобелевского лауреата по физике И.Е. Тамма (в годы войны он являлся сотрудником Казанского филиала ЛФТИ). Эффективное решение задачи защиты кораблей от магнитных мин стало одной из крупнейших разработок советской науки и техники, выполненных в предвоенные годы и сыгравших важную роль во время войны. Вклад многих участников исследований был высоко оценен руководством страны, они были удостоены правительственных наград. Имена основоположников защиты кораблей по физическим полям не забыты. Это выдающиеся ученые А. П. Александров, И. В. Курчатов, Б. А. Гаев, В. А. Иоффе, Ю. С. Лазуркин, Л. М. Неменов, А. Р. Регель, В. Р. Регель, П. Г. Степанов, В. М. Тучкевич, Г. Я. Щепкин; специалисты флота А. Е. Брыкин, И. Б. Гинзбург, Б. Е. Годзевич, Л. С. Гуменюк, И. В. Климов, А. П. Латышев, М. А. Оболенский, В. Д. Панченко, П. П. Поляков, Г. А. Самонян, Б. А. Ткаченко, М. Г. Фролов; специалисты промышленности и научных организаций М. М. Бредов, А. А. Кортиковский, Е. Е. Лысенко, Д. И. Филиппов, И. М. Шмушкевич, К. К. Щербо.

В конце Великой Отечественной войны Служба защиты кораблей оформилась в самостоятельную флотскую структуру. Центральное руководство осуществлялось отделением Управления кораблестроения ВМФ. Научно-исследовательские работы в области размагничивания кораблей курировались магнитной секцией НТК ВМФ. На флотах при технических управлениях были созданы отделения размагничивания с соответствующими средствами контроля.

В память о деятельности ученых ЛФТИ в 1941 г. по размагничиванию кораблей Черноморского флота 11 июня 1976 г. на территории Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища (начальник училища вице-адмирал А. А. Саркисов) в присутствии президента Академии наук СССР академика А.П. Александрова и участников этих работ П. Г. Степанова, Ю. С. Лазуркина, К. К. Щербо, командования Военно-Морского Флота СССР, руководителей и представителей общественности Севастополя был открыт памятный знак. В настоящее время он включен в реестр произведений монументального искусства, охраняемых украинским государством.

Дальнейшие исследования проводились в созданной Постановлением Совета Министров СССР от 21 июня 1952 г. Магнитной лаборатории Института физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР. Ею руководил заведующий кафедрой физики магнитных явлений МГУ, доктор физико-математических наук Е. И. Кондорский.

К наиболее значимым физическим полям кораблей, кроме магнитного, относятся и другие поля электромагнитной группы — электрическое, низкочастотное электромагнитное, вторичное радиолокационное, вторичное оптико-

локационное, тепловое (инфракрасное излучение), а также гидроакустическое, гидродинамическое, поля возмущений гидрофизических параметров морской среды, проявляющиеся в окружающем корабль пространстве.

Обеспечение скрытности и защиты кораблей по физическим полям является приоритетной наукоемкой проблемой для флотов стран с высоким уровнем развития технологий. Поэтому задачи снижения физических полей, обеспечения скрытности и маскировки кораблей всегда стояли и стоят до сих пор перед промышленностью, наукой и флотом нашей страны. Для разработки методов и средств обеспечения скрытности и снижения заметности кораблей ВМФ по физическим полям в научно-исследовательских организациях промышленности, Военно-Морского Флота и институтах Академии наук создавались соответствующие организационные структуры.

Важную роль сыграло открытие в феврале 1951 г. при АН СССР Минно-торпедной секции, преобразованной в 1952 г. в Секцию минно-торпедного оружия и защиты кораблей при Президиуме АН СССР, задачей которой было изучение принципов обнаружения и уничтожения якорных и донных мин на расстоянии, а также разработка эффективных средств защиты от современных контактных мин и торпед. Возглавить эту секцию было поручено доктору технических наук вице-адмиралу А. Е. Брыкину. В 1964 г. она была преобразована в Секцию прикладных проблем при Президиуме АН СССР.

Под научным руководством секции в интересах обеспечения скрытности и снижения заметности кораблей ВМФ институтами АН СССР и Минсудпрома СССР был выполнен большой комплекс научно-исследовательских работ. Основными из них являлись: создание теории и методов защиты кораблей от современных гидродинамических мин и торпед; разработка принципов искажения гидродинамических полей кораблей; определение метода расчета гидродинамического поля корабля при больших скоростях; изыскание способов изменения интенсивности гидродинамических давлений, возникающих при движении корабля, и средств конструктивной защиты кораблей от современных мин, реагирующих на изменение интенсивности гидродинамического поля корабля; разработка принципов и способов трала для траления гидродинамических мин; создание методов защиты кораблей от современных магнитных, индукционных и электромагнитных мин и торпед; разработка теории магнитного моделирования кораблей; составление карт изодинам вертикальной и горизонтальной составляющих магнитного поля Земли; разработка методики расчета магнитных полей разомкнутых электромагнитных тралов (поверхностных, заглубленных) с учетом проводящего и непроводящего грунта; исследование широких изменений магнитного поля корабля в районах магнитных аномалий на морских театрах СССР; создание методов и аппаратуры подводного видения для обнаружения мин; разработка теории и методов защиты кораблей от современных акустических мин и торпед.

Перечислим основные результаты, полученные при решении проблемы защиты кораблей от минного и торпедного оружия вероятного противника в 1960–1970-х годах. В области снижения магнитных, электромагнитных и электрических полей кораблей были определены основные источники

и уровни этих полей для отечественных кораблей. Предложено несколько вариантов снижения магнитных полей (замена стали для некоторых элементов конструкций на другие немагнитные материалы, например, на титан), для уменьшения электромагнитных и электрических полей было рекомендовано применять экранирование источников излучения. Основное внимание уделялось совершенствованию корабельных и стационарных систем размагничивания кораблей, а также контролю уровней магнитных полей. Все эти результаты обеспечили поддержание величины магнитных полей кораблей на уровне естественного магнитного поля Земли, что обеспечило их защищенность от магнитных мин.

В области снижения гидроакустических полей основное внимание уделялось изучению гидроакустических полей подводных лодок для снижения их заметности. Были изучены все источники шума (различные механизмы, агрегаты, насосы и прежде всего главный турбозубчатый агрегат), а также гребные винты. В результате исследований и конструкторских разработок удалось предложить решения, обеспечившие значительное снижение акустической заметности подводных лодок. На снижении гидроакустических полей положительно сказались результаты исследований по уменьшению гидродинамического сопротивления корпусов подводных лодок.

Что касается снижения гидродинамических полей кораблей, проблема оказалась практически нерешенной. Исследовались различные пути уменьшения или искажения гидродинамических полей: изменение формы подводной части корабля, буксировка под кораблем (тральщиком) вращающегося цилиндра или крыльев, использование под кораблем электрических разрядов (микровзрывов) и некоторые другие «экзотические» способы. Например, для обеспечения выхода кораблей из порта или преодоления миноопасного мелководного района было предложено использовать специально созданные суда — волнообразователи. Создаваемое такими судами мощное волновое поле существенно искажало гидродинамическое поле корабля и обеспечивало его защиту от гидродинамических мин. Однако более радикальным был признан предложенный Институтом гидродинамики СО АН СССР способ уничтожения любых мин на фарватере шнуровым зарядом, укладываемым на дно перед проходом кораблей.

Параллельно с завершением исследований по проблеме защиты кораблей от неконтактных взрывателей минного и торпедного оружия перед Академией наук СССР, промышленностью и Военно-Морским Флотом была поставлена проблема значительного снижения гидродинамического сопротивления подводных лодок и торпедного оружия. В различных организациях рассматривались все возможные способы снижения гидродинамического сопротивления тел (ламинаризация турбулентного пограничного слоя с помощью его отсоса, нагрева, впрыска в пограничный слой растворов неньютоновских жидкостей и газовых пузырьков, электрических полей и др.). Итоги выполненных работ частично использовались в конструкторских разработках подводных лодок и торпед.

В качестве другого, более эффективного способа значительного снижения сопротивления для торпед и подводных ракет изучалось использование режима развитого кавитационного обтекания. В это время в филиале ЦАГИ

активно велись исследования по созданию высокоскоростной кавитирующей ракето-торпеды. Исследователи и разработчики ракето-торпеды столкнулись со значительными трудностями в обеспечении перехода торпеды с разгонного режима на маршевый. Такие исследования были проведены на моделях с работающим гидрореактивным двигателем в гидроканале ФЦА-ГИ. Было показано, что запуск двигателя в кавитационной каверне приводит к ее нарушению и, как следствие, возникновению больших нерасчетных гидродинамических сил и потере устойчивости объекта. Анализ полученных результатов позволил Г. В. Логвиновичу предложить принципиально новый единый стартово-маршевый двигатель, обеспечивающий нормальный переходный режим.

Дальнейшие исследования продолжались на испытательной базе ЦАГИ на Московском море с использованием полунатурного (диаметром 205 мм) образца кавитирующей торпеды. Там же на огневом стенде был отработан полунатурный образец единого двигателя. Полунатурные испытания завершились успешно, торпеда прошла всю дистанцию. Эти испытания дали возможность разработчикам натурного образца в НПО «Регион» внести необходимые конструкторские изменения и прежде всего отработать натуральный единый стартово-маршевый двигатель.

Необходимо отметить большую роль академических научных советов как основных координирующих звеньев в обеспечении взаимодействия фундаментальной и прикладной науки, а также в эффективном использовании научных достижений в строительстве подводных лодок, при создании для них новых образцов техники и вооружения. Особая роль среди таких советов принадлежала Научному совету при Президиуме АН СССР по комплексной проблеме «Гидрофизика», образованному в 1967 г. На него с самого начала была возложена координация исследований по наиболее наукоемким проблемам фундаментального и прикладного характера, касающимся интересов флота. Первым председателем совета стал академик Б. П. Константинов, позднее его возглавляли академики А. П. Александров, А. В. Гапонов-Грехов, а в настоящее время им руководит академик Р. И. Нигматулин. Заместителями председателя всегда назначались руководители ВМФ, Минсудпрома и Госстандарта СССР. В различное время на этих постах были П. Г. Котов, Ф. И. Новоселов, И. С. Белоусов, Г. П. Воронин.

Создание мощного атомного подводного флота выдвинуло в качестве первоочередной проблему обеспечения скрытности подводных лодок (ПЛ). Так возникла потребность разработки научных принципов проектирования и строительства подводных лодок, обладающих минимальными демаскирующими факторами. Обеспечение скрытности, так же как и разработка эффективных средств обнаружения ПЛ, оказалось чрезвычайно сложной задачей, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных, прикладных и поисковых исследований.

Из основных направлений исследований, которые велись в рамках этой программы, можно выделить: изучение гидроакустического, электромагнитного, сейсмического и гидрофизического полей ПЛ в различных диапазонах частот; исследование процессов, возникающих при прохождении ПЛ, на поверхности, в приповерхностном слое и в толще океана; разработку фи-

зических принципов создания гидроакустических и неакустических средств, предназначенных для обнаружения малошумных атомных ПЛ как в удаленных акваториях Мирового океана, так и в ближних морских зонах; формирование физических основ создания корабельных, авиационных и космических систем обнаружения ПЛ по возмущениям всех сопутствующих им физических полей.

Несмотря на то, что в последние десятилетия получили развитие методы поиска и обнаружения подводных лодок по полям гидротермодинамической природы, гидроакустическое поле остается важнейшим демаскирующим и классификационным признаком корабля. В период конструирования атомных ПЛ первого и второго поколений практически отсутствовали научно систематизированные знания о процессах формирования подводного шума лодок, путях передачи на корпус вибрационной энергии, закономерностях звукоизлучения корпусных конструкций, контактирующих с забортной водой и осциллирующих под действием источников механического или гидродинамического происхождения. Эта система знаний, ставшая впоследствии научной основой формирования методов и средств снижения подводного шума лодок, получила позднее наименование физико-математической модели (ФММ) формирования подводного шума подводной лодки.

При решении задач обеспечения требуемых уровней шумности кораблей первоочередными направлениями фундаментальных и прикладных исследований являются работы, направленные на создание ФММ формирования подводного шума (ПШ) корабля. Такая модель является основой для разработки средств снижения шума. Особенность подобной ФММ обусловлена многообразием источников ПШ различной физической природы и зависимостью его интенсивности от скорости хода, конструкции корабля и технологии его строительства. Кроме того, по мере внедрения новых средств снижения шумности доминирующим становится вклад ранее неизвестных источников, что в свою очередь ведет к созданию новых ФММ. Классический пример нового источника ПШ кораблей — проявление в области звуковых частот резонансного излучения лопастей движителя, которое раньше было скрыто шумом механизмов. С появлением новых источников возникает необходимость в разработке оригинальных методов измерения ПШ. Необходимость их создания в последнее время обусловлена еще и тем, что из-за снижения шумности существенно ухудшилось соотношение сигнал/помеха на входе приемных систем, что в свою очередь привело к необходимости разработки более совершенных «направленных» систем и помехоустойчивых алгоритмов обработки сигнала. По этим причинам для измерения и мониторинга ПШ кораблей необходимо применение самых современных технологий, цифровой измерительной и анализирующей аппаратуры, многоканальной обработки информации и искусственного интеллекта (так называемых нейронных сетей).

По-прежнему одна из важнейших проблем при выполнении требований по уровням шумности и обитаемости личного состава — снижение вклада во внешнее и внутреннее акустические поля корабля колебаний, генерируемых корпусом, элементами энергетических установок, общекорабельными системами и устройствами. Для решения этой комплексной задачи проводятся исследования в направлении создания на единой энергетической ос-

нове теории пространственных свободных и вынужденных колебаний механизмов, корпусов, общекорабельных систем и устройств совместно с присоединенными средствами виброакустической защиты. При этом в первую очередь учитываются закономерности распространения и излучения генерируемых акустических (воздушный и гидродинамические шумы) и механических (вибрация и динамические силы) колебаний в различных присоединенных конструкциях и средах, а также процессы взаимодействия и обмена колебательными энергиями между распространяющимися акустическими и механическими колебаниями. С учетом этих исследований формируются ФММ виброактивных установок и систем как источников колебаний, а также ФММ средств вибро- и звукопоглощения и глушения как каналов распространения колебаний. Полученные ФММ дают возможность создать новые правила проектирования комплексной, высокоэффективной по всем средам виброакустической защиты механизмов, а также сформулировать требования, предъявляемые к этим механизмам, и утвердить методы определения качества используемых систем виброакустической защиты на этапах проектирования и создания кораблей.

Не менее важной задачей в современном военном кораблестроении является снижение уровней гидролокационного поля корабля, особенно в низкочастотной области. Аналитические оценки гидролокационного поля предполагается выполнять на основе создания ФММ рассеяния звуковых волн на телах сложной формы с импедансными граничными условиями с учетом резонансных явлений в оболочке. В разрабатываемой ФММ дополнительно учитываются вид и длительность зондирующих сигналов, а также их статистические эксплуатационные характеристики. Дальнейшее снижение уровней гидролокационного поля достигается за счет применения стелс-технологий, например, благодаря созданию специальной формы и точности изготовления корпуса корабля, а также применения противогазирокационных покрытий, реализующих новые физические принципы (интерференционные, рефракционные и активные покрытия).

Специалистам флота и промышленности необходимы данные по акустическим характеристикам кораблей и подводных лодок для оценки их защищенности от неконтактных систем морского оружия и средств дальнего обнаружения, а также оценки качества выпускаемого вооружения и военной техники, их соответствия предъявляемым нормам и требованиям. Структура работ по обеспечению защиты кораблей, принятая в нашей стране и во всех развитых в военном отношении государствах, традиционна: ВМФ разрабатывает требования к характеристикам физических полей кораблей и осуществляет их контроль на этапах сдачи. Эта деятельность выполняется научно-техническими организациями ВМФ, прежде всего Службой защиты кораблей (в 2011 г. расформирована) и 1 ЦНИИ МО РФ. Обеспечение выполнения требований, проектирование кораблей и разработка мероприятий по снижению их физических полей осуществляются научно-исследовательскими организациями и конструкторскими бюро промышленности.

Широкая номенклатура физических полей корабля всегда обуславливала необходимость комплексного подхода к проблеме их снижения. Ключевая

роль в этом направлении традиционно принадлежала ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова (в настоящее время его директор и научный руководитель — академик В. М. Пашин) как многопрофильной организации, ведущей исследования по широкому спектру проблем кораблестроения. Сегодня актуальность комплексного подхода только возрастает, и номенклатура признаков, по которым надводные корабли и подводные лодки могут быть обнаружены, уже включает несколько десятков наименований, основная часть которых связана с гидроакустическими, электромагнитными и гидрофизическими полями.

Снижение шумности кораблей и обеспечение их акустической защиты уже несколько десятилетий является одним из приоритетных направлений деятельности института. Эти исследования носят масштабный и комплексный характер, что объясняется сложным характером и различной физической природой источников подводного шума корабля (механизмы, винт, шумы обтекания, ходовая вибрация) и многообразием средств и методов его снижения.

В результате работы института по этому направлению в широкой кооперации с учреждениями Академии наук, Военно-Морского Флота, вузов и промышленности в период 1970–1990-х годов удалось добиться радикального (более чем в 100 раз) снижения шумности кораблей ВМФ, прежде всего подводных лодок, что было признано во всем мире. В настоящее время институт активно участвует в акустических испытаниях лодок четвертого поколения. Новые задачи в повышении акустической скрытности кораблей обусловлены появлением более эффективных средств акустического обнаружения подводной лодки — единой сетецентрической системы освещения подводной обстановки.

Методы и средства противокорабельной борьбы, основанные на регистрации гидрофизических полей кораблей, развиваются с середины прошлого столетия. В течение длительного времени ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова (как головное предприятие в судостроительной отрасли по этой проблематике) совместно с институтами РАН и головными организациями ВМФ проводит теоретические и экспериментальные исследования, которые в настоящее время составляют основу российских разработок в области средств и методов защиты надводных кораблей и подводных лодок по физическим полям.

Большая заслуга в этом принадлежит Институту машиноведения им. А.А. Благоднарова РАН (и лично его директору ныне покойному академику К.В. Фролову), который вместе с ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова разработал методику проектирования ПЛ по критерию акустической скрытности. На базе совместных всесторонних теоретических и экспериментальных исследований ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова и многих других предприятий и организаций судостроительной отрасли и ВМФ были не только детально исследованы механизмы и особенности формирования магнитного и электрического полей корабля, но и создан комплекс средств магнитной и электрической защиты — конструктивно-технологических и компенсационных, разработаны правила их проектирования, монтажа и сдачи, методы расчета и моделирования, способы контроля качества



средств защиты при постройке, сдаче и эксплуатации кораблей, методы и средства измерения, нормативно-техническая документация по обеспечению электрической защиты на всех этапах жизненного цикла корабля.

В последние два десятилетия накопленный научно-технический потенциал позволил достичь прогресса в развитии методов компьютерного моделирования электромагнитных полей. В институте разработаны методические и программные средства численного анализа — пакет STAR3D для магнитного, электрического и электромагнитного полей. Уже сейчас это программное обеспечение успешно используется для анализа и проектирования соответствующих средств защиты и может быть использовано при разработке перспективных средств обеспечения защищенности кораблей, систем самоконтроля.

Достигнутые результаты позволяют перейти к созданию перспективных бортовых систем управления электромагнитным полем — его уровнем, частотными и пространственными характеристиками. Для управления в режиме авторегулирования стоит задача разработки активных средств компенсации полей того или иного источника и системы автономного контроля уровня поля непосредственно на борту корабля.

В 2009 г. впервые в нашей стране был разработан пакет программ «3D-IMAGE» для обеспечения технологии проектирования стелс-кораблей. Этот пакет программ дал возможность прогнозировать собственное тепловое поле корабля, вторичное радиолокационное и оптическое поля, позволяет производить расчеты оптиколокационных портретов кораблей, конфигурации и температуры газового факела, температурных зон на поверхности корабля. Последним достижением в области измерения радиолокационных характеристик стало создание когерентного измерительного комплекса РИК-Э с полным поляризационным приемом и высоким разрешением по дальности и азимуту.

В XXI столетии институт продолжает работы по созданию конструкционных радиопоглощающих материалов на основе современных композиционных стеклопластиков. Разработано несколько вариантов образцов материалов, используемых в отечественном судостроении.

Методы и средства противокорабельной борьбы, основанные на регистрации гидрофизических полей кораблей, развиваются с середины прошлого столетия. В институте выполнен большой объем теоретических, лабораторных и натурных исследований, результаты которых используются в практической деятельности судостроительной промышленности и ВМФ.

Для обеспечения скрытности подводных лодок создан бортовой информационно-измерительный комплекс (ИИК) контроля и управления физическими полями благодаря управлению параметрами движения и режимами работы технических средств объекта на основе их оптимизации по комплексному критерию вероятности обнаружения, включающему все значимые для скрытности физические поля. Принципиальным преимуществом комплекса по сравнению с существующими подходами является динамическое управление, при котором решения принимаются на основе непрерывного контроля и анализа текущего состояния окружающей среды, уровня физических полей подводных лодок, состава сил и средств их обнаружения.

Предпосылки создания комплекса были заложены в работах институтов АН СССР (РАН) и ВМФ, учреждений и предприятий судостроительной



**Рис. 3.** В кулуарах торжественного собрания

Слева направо: доктор технических наук А. А. Родионов, доктор экономических наук В. Ю. Корчак, академик Н. П. Лаверов, академик А. А. Саркисов, Б. Н. Филин

промышленности. Одна из первых научно-исследовательских разработок по плану фундаментальных и поисковых исследований в интересах обороны страны, направленных на создание ИИК, выполнена специалистами Санкт-Петербургского научного центра РАН, Санкт-Петербургского государственного университета, 1 ЦНИИ МО, Военно-морской академии им. Н.Г. Кузнецова, Военно-морского инженерного училища (ныне ВМИИ). Предполагалось получить оценки показателей скрытности по основным гидрофизическим полям ПЛ для конкретных акваторий Мирового океана с учетом возможностей средств противолодочной борьбы противника.

Первым практическим шагом в этом направлении явилось создание электронного макета бортового комплекса — его виртуального прототипа, который был выполнен Военно-морским инженерным институтом в тесном взаимодействии с ведущими учреждениями РАН и профильными отраслевыми институтами страны, среди которых Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, Институт машиноведения УрО РАН, Институт проблем машиноведения РАН, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, ФГУП ЦНИИ «Электроприбор», ФГУП ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем и 1 ЦНИИ МО РФ.

Электронный макет комплекса обеспечивает предварительную выработку рекомендаций по управлению объектом в процессе развертывания в определенном географическом районе, в заданных гидрофизических и метеорологических условиях. Указанные рекомендации формируются на основе комплексной оценки вероятности обнаружения по физическим полям.

Необходимость работы комплекса в режиме реального времени предопределяет использование математических моделей, позволяющих оперативно прогнозировать характеристики этих полей. В электронном макете применяются модели, основанные либо на аналитических решениях, либо на аппроксимации экспериментальных данных.

Использование приближенных аналитических и эмпирических моделей оправдано при создании электронного макета комплекса, но для практического образца ИИК требуются более совершенные модели. Одним из главных направлений такого совершенствования стало применение методов и результатов компьютерного моделирования физических полей. В Военно-морском инженерном институте и Санкт-Петербургском филиале Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН разработано математическое и программное обеспечение для моделирования гидродинамических возмущений от объекта, движущегося в вязкой стратифицированной среде. Результаты тестовых расчетов и вычислительных экспериментов, выполненных на высокопроизводительном компьютерном кластере ВМИИ, подтвердили адекватность численного моделирования внутреннего волнения, развития вихревых структур и прогнозирования структуры течения за корпусом и выступающими частями. Проведенные исследования заложили основу для создания бортового информационно-измерительного комплекса контроля и управления физическими полями подводной лодки, решающего задачу повышения ее скрытности и защиты на основе научно обоснованных рекомендаций по выбору траектории и режимов работы технических средств по комплексному критерию обнаружения по нескольким физическим полям.

Важным направлением взаимодействия ВМФ и промышленности является развитие испытательных стендов. В последние два десятилетия специалистами ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова совместно со специалистами ВМФ создан морской комплексный испытательный полигон на Балтийском море, который разрабатывался на новой научно-технической базе как совокупность измерительных стендов для изучения физических полей кораблей ВМФ. В результате выполнения опытно-конструкторских работ был создан и введен в эксплуатацию комплекс современных технических средств для измерения параметров первичного гидроакустического, магнитного, электрического, низкочастотного, электромагнитного, гидродинамического, радиолокационного, теплового и оптиколокационного полей.

Участники торжественного собрания ознакомились с современными средствами защиты кораблей и лабораторной базой Военно-морского инженерного института. Еще раз было подчеркнуто, что для успешного решения современных задач обеспечения защиты, повышения скрытности кораблей по физическим полям требуется дальнейшее сосредоточение усилий ученых и инженерно-технического состава на проведении скоординированных фундаментальных и прикладных исследований, технологических разработок.

## Роль ученых Российской академии наук в истории развития отечественного подводного флота\*

До появления авиации и космических средств Военно-Морской Флот многие годы оставался единственным видом Вооруженных Сил, который требовал качественно новых, адекватных условиям морского театра подходов к созданию боевых и технических средств. Военно-Морской Флот и до сегодняшнего дня является одним из наиболее наукоемких видов Вооруженных Сил.

Еще в большей степени это относится к подводному флоту, экстремальные условия использования которого требуют решения сложнейших проблем с привлечением новейших достижений науки и самых передовых технологий. Неслучайно, что исторический отрезок времени, связанный с созданием и боевым применением подводных лодок, несоизмеримо мал с временными рамками истории кораблестроения в целом.

Как ни могло бы это показаться парадоксальным на первый взгляд, тесная связь российской науки с подводным кораблестроением начинает прослеживаться уже задолго до создания регулярного подводного флота. В пределах одной короткой статьи я даже приблизиться не могу к попытке

систематически осветить эту связь в историческом аспекте, поэтому мне остается для иллюстрации привести лишь отдельные наиболее яркие примеры.

Подводное судостроение как новая область научных исследований в России впервые зародилась в середине XVIII века. В 1741 г. в журнальном приложении к газете «Санкт-Петербургские ведомости» была опубликована статья профессора Петербургской Академии наук Георга Вильгельма Рихмана «Об Орфирейском плавании под водой», в которой обсуждались некоторые особенности конструкции и плавания подводных судов. На основании законов гидродинамики автор сочинения доказывает теоретическую возмож-



**Рис. 1.** Рихман Георг Вильгельм (1711–1753), академик Петербургской АН, российский физик, положил начало исследованиям электричества в России, ввел его количественные измерения.

---

\* Монография «Роль российской науки в создании отечественного подводного флота», Наука, 2008 г.

ность подводного плавания на гребных судах с водонепроницаемым корпусом и специальными емкостями, приспособленными для приема забортной воды при погружении и осушения при всплытии на поверхность. Статья Георга-Вильгельма Рихмана — первая в России научная работа по проблемам подводного кораблестроения. К этому следует еще добавить, что Рихман также сконструировал несколько приборов и механизмов для подводных аппаратов, сведений об устройстве которых обнаружить пока не удалось.

В феврале 1799 г. по указанию императора Павла I в Петербургской Академии наук был образован специальный комитет (комиссия) по рассмотрению и оценке проекта подводного судна военного назначения украинского изобретателя Семена Андреевича Ромодановского, энергично добивавшегося его реализации.

В состав комитета вошли пять академиков: астроном Степан Яковлевич Разумовский, математики Степан Емельянович Гурьев и Николай Иванович Фусс, Георг-Вольфганг Крафт, а также специалист в области гидродинамики Иоганн Эйлер — сын знаменитого Леонарда Эйлера, который также был избран академиком Петербургской Академии наук. 11 марта председатель комитета академик Г.-В. Крафт сообщил конференции Академии наук, что «изобретение не заслуживает никакого одобрения, а также испытания, так как эффект, который обещал его автор (Ромодановский), не обоснован».

В октябре 1839 г. по распоряжению военного министра России графа А. И. Чернышева в Петербурге был создан «Временный комитет по подводным опытам», в состав которого наряду со специалистами флота вошли видный ученый-электротехник академик Борис Семенович Якоби и член-корреспондент Петербургской академии наук полковник корпуса горных инженеров Петр Григорьевич Соболевский, известный своими трудами в области металлургии и энергетики. Программой работы комитета предусматривалось, в частности, проведение опытов с подводными минами и подводными лодками в интересах защиты своего побережья от нападения с моря. Оба ученых активно участвовали в научно-технической деятельности комитета, особенно в разработке новых, более совершенных образцов подводного минного оружия.

Нужно отметить, что, пожалуй, наиболее весомым вкладом академика Якоби в развитие подводных лодок был созданный им в 1838 г. и испытан-



**Рис. 2.** Академик Петербургской АН Якоби Борис Семенович (Мориц Герман) (1801–1874), выдающийся физик, специалист в области электротехники и гальванопластики

ный на Неве судовой электродвигатель постоянного тока, с появлением которого открылись новые перспективные возможности в энергетике для подводных аппаратов. Он же, опередив французов, предпринял первую попытку создать электрический аккумулятор взамен малоомощного гальванического элемента одноразового использования. Как всем хорошо известно, впоследствии именно аккумуляторы стали основным источником энергии при плавании подводных лодок под водой.

В 1855 г. по контракту с правительством России немецкий изобретатель Вильгельм Бауэр по собственному проекту построил на одном из заводов в Петербурге военную подводную лодку, которую предполагалось использовать в Крымской войне. В ее испытаниях приняли непосредственное участие ученые Петербургской Академии наук: академик Б. С. Якоби был включен в состав приемо-сдаточной комиссии; видный физик и электротехник академик Эмилий Христианович Ленц в процессе испытаний успешно выполнил на лодке серию экспериментальных исследований для доказательства того, что глубина погружения и толщина воды практически не оказывают никакого влияния на нормальную работу магнитного компаса.

Как известно, подводная лодка Бауэра не удовлетворяла ни одному из десяти условий, записанных в контракте с немецким изобретателем, и, по сути, оказалась небоеспособной. В связи с этим по поручению Петербургской Академии наук комиссия в составе академиков Б. С. Якоби (председатель), Э. Х. Ленца и крупного специалиста в области механики и математики Пафнутия Львовича Чебышева в апреле 1858 г. подготовила «Доклад о подводной лодке Вильгельма Бауэра», в котором сообщалось об ошибках немца в расчете скорости движения лодки. Кроме того, в представленной 30 апреля того же года физико-математическому отделению академии записке «Некоторые замечания о подводной лодке Вильгельма Бауэра» Борис Семенович, хорошо знавший ее устройство, доказал вообще неправильность теоретических расчетов немецкого изобретателя и высказал вполне обоснованное сомнение в целесообразности предложенной им конструкции подводной лодки. От дальнейших услуг В. Бауэра Россия отказалась. Впоследствии Б. С. Якоби, Э. Х. Ленц, П. Л. Чебышев и другие ученые Петербургской академии наук неоднократно привлекались к участию в обсуждении проектов и в испытаниях подводных лодок для русского флота.

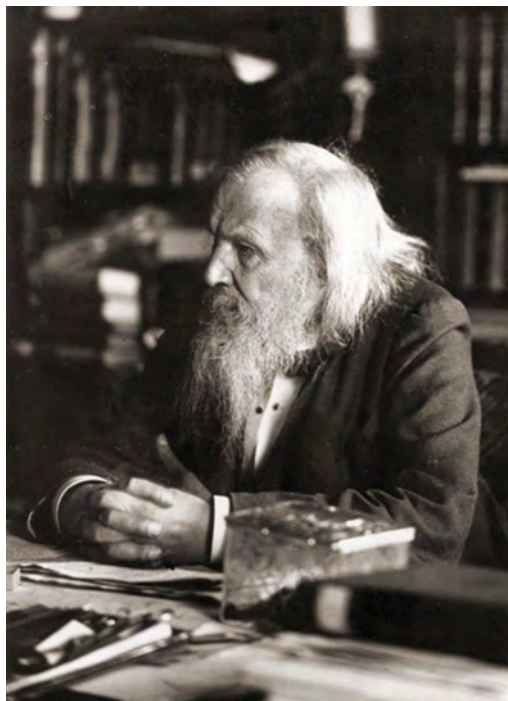
Не обошел своим вниманием подводные лодки Дмитрий Иванович Менделеев, избранный в 1878 г. членом-корреспондентом Петербургской академии наук. Он, благодаря свойственной ему проницательности, полагал, что они способны выполнять широкий круг практических задач, и одним из первых в России предложил использовать подводные лодки для освоения просторов Арктики.

В 1878 г. при непосредственном участии Д.И. Менделеева русский изобретатель Огнеслав Степанович Костович (серб по происхождению) создал оригинальную систему очистки воздуха в отсеках подводной лодки собственного проекта, который по ряду причин не был осуществлен. По просьбе все того же Огнеслава Костовича Дмитрий Иванович Менделеев также разработал рецепт специальной жидкости для пропитки ткани водонепроницаемого водолазного костюма. Но особо следует отметить, что построен-

ный по инициативе Менделеева в 1894 г. в Петербурге опытовый бассейн впервые в отечественном кораблестроении открывал возможность проведения испытаний модельных корпусов подводных лодок, что заметно повысило качество их проектирования. Любопытно, что сыновья Дмитрия Ивановича также внесли свою лепту в развитие подводного кораблестроения. Например, младший сын Василий Дмитриевич, работая в 1908–1916 гг. конструктором на Балтийском заводе, участвовал в разработке и постройке двигателя мощностью 1000 л.с. для подводной лодки, а также являлся главным конструктором двух конкурсных проектов подводных лодок, разработанных по заданию Морского технического комитета. Другой сын, профессор, Иван Дмитриевич Менделеев, будучи специалистом по жидкому кислороду, активно участвовал в создании единого двигателя «РЕДО» для подводной лодки, предложенного С. А. Базилевским в в конце 30-х годов XX века.

В XIX веке шел широкий поиск наиболее совершенных форм прочных корпусов подводных лодок, испытывавших все большие давления забортовой воды по мере увеличения глубины их погружения. В то время в планах Академии наук исследования этой важной проблемы отсутствовали. Поэтому по личной просьбе известного изобретателя подводных лодок Степана Карловича Джевецкого к ее решению подключился будущий знаменитый академик и кораблестроитель Алексей Николаевич Крылов. В 1892 г. им была опубликована работа «Расчеты и объяснительная записка к проекту подводной лодки Джевецкого», а в 1898 г. вышла в свет его другая работа «Расчеты и объяснительная записка к проекту водонепроницаемого миноносца». В этих трудах академика Крылова заложены научные основы расчета прочных корпусов подводных лодок, другими словами, основы строительной механики подводных лодок, не потерявшие своего значения до сегодняшнего дня.

Широту интересов А.Н. Крылова в решении проблем подводного кораблестроения иллюстрирует тот факт, что он глубоко осознавал важность



**Рис. 3.** Член-корреспондент Петербургской АН Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907), великий русский ученый — энциклопедист, химик, физик, технолог, геолог и даже метеоролог. Научные работы относятся преимущественно к общей химии, а также к физике, химической технологии, экономике, сельскому хозяйству, метрологии, географии, метеорологии



создания двигательной установки подводной лодки, которая могла бы длительно работать в подводном положении без контакта с атмосферой.

Еще в 1905 г. Алексей Николаевич вместе с начальником Обуховского завода в Петербурге полковником А.П. Меллером принял участие в разработке проекта двигателя внутреннего сгорания для подводной лодки, способного работать в подводном положении с использованием жидкого кислорода. В дальнейшем А. Н. Крылов всячески способствовал проведению научных исследований, связанных с созданием лодок с единым двигателем.

В 1909 г. А. Н. Крылов дал заключение на подводную лодку с единым двигателем «Почтовый», построенную по чертежам С. К. Джевецкого, оценив ее в целом положительно, отметив ряд технических новшеств.

В 1912 г. комиссия Морского технического комитета под председательством А. Н. Крылова поддержала предложенный мичманом М. Н. Никольским проект оригинальной установки с двигателем, работавшим по замкнутому циклу. Алексей Николаевич, в частности, предложил провести сначала обстоятельные стендовые испытания двигателя и в случае хороших результатов смонтировать установку с двумя двигателями на «Почтовом», к тому времени исключенном из состава флота. Однако с началом первой мировой войны все работы были прекращены.

В то же время следует отметить, что в XIX в., когда в России шел трудный процесс постепенного становления подводного кораблестроения и подводного плавания, Академия наук, как главная научная организация государства, не проявляла особой активности в этом направлении, и ее вклад в создание и развитие подводных лодок был довольно скромным. Вместе с тем, отдельные академики, энтузиасты подводного дела, по достоинству оценившие его перспективность, в индивидуальном порядке, как правило, приватно оказывали существенную помощь корабельным инженерам и конструкторам в разработке научных и инженерных основ отечественного подводного кораблестроения, а также методов проектирования, технологии постройки и проведения испытаний подводных лодок.

Заложенные еще до революции, традиции тесной связи российских ученых с решением проблем подводного кораблестроения не были утрачены и в первые годы становления советского государства.

В связи с принятием первой пятилетней программы военно-морского судостроения, предусматривавшей преимущественное строительство подводных лодок, творческая деятельность ученых-кораблестроителей заметно активизировалась и приобрела определенную целенаправленность. В частности, для создания новых боевых кораблей, особенно подводных лодок, которые по своим тактико-техническим характеристикам не уступали бы боевым возможностям лодок вероятного противника, требовалось не только производственное, инженерное, но и серьезное научное обеспечение.

В 1929–1930 гг. вышел в свет фундаментальный трехтомный труд П. Ф. Папковича (член-корреспондент АН СССР с 1933 г.) «Строительная механика корабля», широко использовавшийся в практике проектирования подводных лодок.

В марте 1930 г. была образована специальная комиссия по выяснению причин возникновения большого крена (до  $21^\circ$ ) при пробных погружениях



подводных лодок типа «Декабрист» первой советской серии. В работе комиссии приняли участие академик А. Н. Крылов (председатель), член-корреспондент АН СССР П.Ф. Папкович, академик Ю. А. Шиманский и представители судостроительной промышленности.

П. Ф. Папкович наметил методику математического описания кренения «декабристов», опубликованную в научной статье «Об устойчивости лодок в процессе погружения» (Бюллетень НТК УВМС РККА, выпуск 5, август 1931 г.). Им же был разработан упрощенный способ расчета прочности корпусов двух- и полторакорпусных подводных лодок.

В борьбе за уменьшение веса корпуса корабля при сохранении заданной прочности важное место отводилось электросварке, активным сторонником которой являлся академик Ю.А. Шиманский. Не последнюю роль в ее освоении и внедрении, особенно в подводное судостроение, сыграло выступление Ю. А. Шиманского на первой всесоюзной научно-исследовательской конференции по судостроению, в котором он отметил, что «...все имеющиеся объективные данные... подтверждают полную возможность без риска перехода к постройке сплошь сварных судов». В 1931 г. академик Ю. А. Шиманский опубликовал научную статью «О перспективах применения электросварки в судостроении», также способствовавшую использованию сварки в подводном корпусостроении.

Необходимо еще отметить исследования академиков Е. О. Патона и В. П. Никитина, создавших в этот период теорию дуги и сварки и теорию электросварочных машин, а также члена-корреспондента П. Ф. Папковича, давшего решение задачи о выборе профилей минимального веса для шпангоутов подводных лодок применительно к сварной конструкции прочного корпуса.

Успехи ученых и инженеров в области электросварки позволили уже в первой пятилетке приступить к строительству подводных лодок с частично сварным прочным корпусом, положившему начало нового этапа в истории советского подводного кораблестроения.

В 1932 г. под редакцией Ю.А. Шиманского вышли два тома «Справочника по судостроению» с изложением всех известных тогда и необходимых для проектирования корпусов и корпусных конструкций сведений и решений по строительной механике корабля.

Понимая важность строительства советского подводного флота, Ю. А. Шиманский энергично занялся проблемами прочности конструкции подводных лодок. Вместе со своими учениками он разрабатывает более совершенные методы расчета прочности и устойчивости шпангоутов и обшивки прочного корпуса подводных лодок, а также концепцию нормирования его прочности. В 1930 г. Ю. А. Шиманский впервые поставил курс строительной механики подводных лодок.

В 1933 г. велись работы по проектированию подводных лодок XII серии с цельносварным прочным корпусом. Такие лодки строились впервые в мире, и, естественно, возникало много проблем, в том числе и по прочности корпуса. Большой вклад в разработку научно обоснованных методов расчета прочности таких подводных лодок внес Ю. А. Шиманский, непосредственно участвовавший в их создании. Сначала в 1933 г. он подготовил



**Рис. 4.** Академик Владимир Федорович Миткевич (1872–1951), выдающийся ученый в области электротехники

небольшую по объему, но очень важную для конструкторов и технологов научную работу «О расчете прочности сварных швов на сложное сопротивление», а в 1936 г. издал книгу «Расчет прочности подводных лодок», опередив своих зарубежных коллег. Ю. А. Шиманским также были разработаны правила, принятые в качестве обязательного руководства при проектировании и строительстве лодочных корпусов. В этот же период один из учеников Юлия Александровича, будущий академик В. В. Новожилов закончил две научные работы: «Теоретические исследования устойчивости сферических переборок и сферических оболочек» (кандидатская диссертация) и «Простейшие формулы для расчета обшивки прочного корпуса подводных лодок».

В области лодочной энергетики большое внимание уделялось увеличению моторесурса и надежности дизелей. В решении этих сложных проблем активное участие принимали видные ученые В.С. Стечкин (академик с 1953 г.), Н. Р. Брилинг (член-корреспондент с 1953 г.) и В. Я. Климов (академик с 1953 г.), занимавшиеся авиационными двигателями.

В области теории и методологии проектирования боевых кораблей, в том числе подводных лодок, следует упомянуть В. Л. Поздюнина (академик с 1939 г.), который также занимался решением научных проблем по теории и расчету быстроходных гребных винтов.

В области лодочной электро- и радиотехники свой вклад внесли В. Ф. Миткевич (академик с 1929 г.) и А. Н. Щукин (академик с 1953 г.), работавшие в годы первой пятилетки в Особом техническом бюро по военным изобретениям специального назначения (Остехбюро).

В годы второй пятилетки велись сверхсекретные работы по созданию кислородно-водородного двигателя — для торпед и в качестве единого двигателя надводного и подводного хода подводных лодок. Совместная с флотом работа проводилась под непосредственным научным руководством будущего лауреата Нобелевской премии академика Н. Н. Семенова. К работам по этой проблеме был привлечен и академик А. Н. Крылов, который, как было отмечено выше, задолго до этого проявлял интерес к созданию единого двигателя для подводной лодки.

Тесная связь науки с флотом особенно ярко проявилась в эпоху научно-технической революции, начало и бурное развитие которой пришлось как раз на годы конфронтации между двумя противостоящими блоками мировых держав.

Приведем несколько примеров удачного использования результатов фундаментальных исследований, которые привели впоследствии к крупным практическим достижениям.

Конечно, следовало бы начать с великих открытий в области ядерной физики, которые явились базой создания корабельной ядерной энергетики, коренным образом изменившей облик и боевые возможности подводного флота.

Подводные лодки с атомными энергетическими установками из «ныряющих» превратились в истинно подводные корабли, способные, месяцами не всплывая на поверхность, выполнять боевую задачу в условиях максимальной скрытности. Не случайно боевым ядром современного флота являются атомные подводные лодки с баллистическими ракетами стратегического назначения.

Исключительная роль в решении этой проблемы принадлежит академику Анатолию Петровичу Александрову, которого по праву называют отцом корабельной ядерной энергетики.

Известно, что боевая эффективность военно-морского оружия (подводных лодок, торпед, ракет-торпед) в решающей степени связана с их скоростью. На определенном этапе развития, возможности повышения мощности двигателей с учетом габаритных ограничений были исчерпаны. Дальнейшее повышение скорости оказывалось возможным лишь путем снижения сопротивления движению подводных аппаратов. В этот период со стороны Военно-Морского Флота был востребован широкий комплекс исследований механизма взаимодействия движущегося твердого тела с водой и разработка методов, которые позволили бы снизить сопротивление движению морского оружия. Работы велись в ряде ведущих научных учреждений гидродинамики Сибирского отделения Академии наук под руководством академика М.А. Лаврентьева.

Эти работы имели исключительно актуальное значение, так как их результаты позволяли увеличить скоростные характеристики при той же мощ-

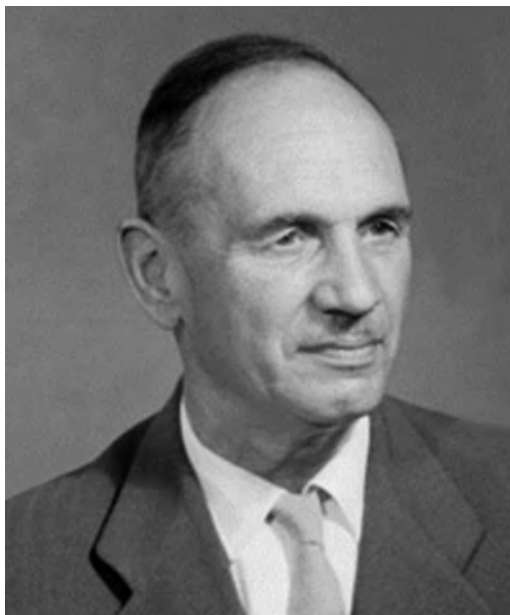


Рис. 5. Академик Александр Николаевич Щукин (1900–1990), генерал-лейтенант-инженер, известный специалист в области электротехники и радиофизики

ности двигательных установок и тем самым повысить боевую эффективность кораблей, подводных лодок и оружия.

Исследования были направлены, прежде всего, на изучение пограничного слоя. Результатами их явились разработанные методы оптимизации геометрических форм обтекаемого тела, а также принципы непосредственного воздействия на пограничный слой с целью снижения сопротивления движению.

В ряду разработанных мер можно, в частности, назвать отсос пограничного слоя, формирование пузырьковой структуры обтекающей жидкости путем подачи в нее воздуха, ламинаризация пограничного слоя с помощью подаваемых в него через щели специальных полимеров, создание воздушной каверны вокруг движущегося тела. Многие из этих исследований носили новаторский характер, а ряд практических разработок, выполненных на основании их результатов, не имеют аналогов в мировой практике.

Создание мощного атомного подводного флота выдвинуло в качестве первоочередной проблемы обеспечение скрытности подводных лодок. Таким образом, возникла задача разработки научных принципов проектирования и строительства подводных лодок, обладающих минимальными демаскирующими факторами.

Обеспечение скрытности подводных лодок, также как и разработка эффективных средств их обнаружения, оказалось чрезвычайно сложной проблемой, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных и прикладных исследований. Из новых направлений в рамках этой программы можно отметить исследования процессов, возникающих при прохождении подводных лодок на поверхности, в приповерхностном слое в толще океана, которые могут обнаруживаться средствами противолодочной обороны; разработку новых физических принципов создания корабельных, авиационных и космических систем обнаружения атомных подводных лодок по их кильватерному следу, а также по измерению параметров других сопутствующих физических полей.

Конечным результатом этих исследований явилась разработка практических методов снижения шумности отечественных подводных лодок и создание приборов и систем обнаружения подводных лодок вероятного противника.

Для Военно-Морского Флота всегда имели первостепенное значение проблемы связи. Их актуальность особенно возросла с появлением атомных подводных лодок с баллистическими ядерными ракетами, на которые возлагались задачи стратегического масштаба в связи с необходимостью достижения этими подводными лодками максимальной скрытности, что не могло быть обеспечено при вынужденном их подвсплытии на сеансы связи с командным пунктом. Использование буксируемых антенн, выпускаемых на поверхность во время сеансов связи, также не решало проблему обеспечения скрытности, так как эти антенны могли быть обнаружены техническими средствами противолодочных поисковых сил.

Для решения этой проблемы была инициирована и поддержана масштабная программа фундаментальных прикладных исследований. Научное руководство этими работами возглавил крупнейший специалист в области радиотехники академик В. А. Котельников.

Из наиболее важных исследований, выполненных в рамках этой программы, можно отметить, например, работы по созданию каналов связи в диапазоне сверхнизких частот, а также в диапазонах сейсмических и гидроакустических волн. Исследования в области оптического (лазерного) излучения и создания лазерных линий связи открыли возможности обеспечения связи с подводными лодками, находящимися практически во всех районах Мирового океана.

Выдающимся научным достижением фундаментального характера явилось открытие в 1946 г. сверхдальнего распространения звука в море — так называемого «подводного звукового канала», сделанное академиком Л. М. Бреховских, Л. Д. Розенбергом, Б. И. Карловым и Н. И. Сигачевым в ходе организованной Военно-Морским Флотом первой гидроакустической экспедиции в Японском море. Это открытие сыграло большую роль в обеспечении скрытности и обнаружении подводных лодок, а также нашло применение в решении навигационных задач, создании систем подводной связи.

Ограничившись приведенными примерами, я хотел бы теперь перейти к другой, менее очевидной стороне взаимосвязи науки с развитием подводного кораблестроения, а именно к тому, как возникавшие в ходе строительства подводных лодок проблемы стимулировали развитие самих фундаментальных наук. При этом плодотворность возникавших новых направлений и областей фундаментальных наук впоследствии нередко далеко выходили за рамки оборонных потребностей и интересов, приобретая самостоятельное общенаучное значение. Для подтверждения этой мысли приведу несколько примеров.

В ряду научных задач, стимулированных развитием флота, особое место занимает изучение среды функционирования Военно-Морского Флота — Мирового океана. Создание современных боевых кораблей и морских вооружений, а также обеспечение высокой эффективности их боевого применения требуют детального исследования фундаментальных физических свойств океанской среды.

Интенсивное развитие таких научных дисциплин, как гидрофизика, оптика, химия, биология, геология морей и океанов, в значительной степени инициировалось потребностями Военно-Морского Флота. Именно из потребностей развития флота возникло и получило мощное развитие в рамках физики океана такое новое научное направление, как гидроакустика. Сегодня гидроакустика представляет вполне оформившуюся самостоятельную область научных знаний со своими оригинальными физическими и математическими методами, оснащенную богатым инструментарием для экспериментального изучения закономерностей распространения звука в морской среде.

Исследования в области гидроакустики объективно внесли фундаментальный вклад в физику океана и значительно расширили наши представления в этой области. Сегодня этими исследованиями занимаются большие коллективы ученых, в том числе и коллектив специально созданного для этой цели Акустического института им. академика Н. Н. Андреева.

Другой пример возникновения нового научного направления, стимулированного интересами развития флота, связан с гравиметрией. Мощным

толчком для ее развития стали выдвинутые флотом повышенные требования к точности определения места старта и стартовой вертикали при пуске баллистических ракет с подводных лодок.

Это, в свою очередь, потребовало детального изучения аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане, что явилось очень сложной научной задачей и определило развитие специальных теоретических подходов, а также соответствующей экспериментальной техники. Исследования аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане, по существу, новое научное направление в гравиметрии.

Приведу еще один пример. Он связан с изучением льдов Арктического бассейна. Плавание атомных подводных лодок в северных широтах выдвинуло задачу организации комплекса исследований по изучению арктических льдов: их толщины, в том числе и аномальных отклонений от средних значений, структуры внутренней поверхности ледовых покрытий, механической прочности льдов, закономерностей расположения трещин и разводов и многих других свойств. Столь углубленные исследования свойств арктических льдов далеко выходили за рамки обычных потребностей народного хозяйства и стимулировались интересами повышения эффективности боевого применения подводных лодок в различных районах Арктического бассейна.

В этих же интересах были развернуты широкомасштабные исследования рельефа дна морей Арктического бассейна. Разработанный для решения этой задачи геофизический измерительный комплекс включал сейсмолокацию, эхолотирование и геомагнитные методы. В итоге получены детальные карты рельефа дна Арктического бассейна. Эти результаты оказались настолько эффективными, что создалась довольно парадоксальная ситуация: рельеф дна Арктического бассейна изучен на настоящий момент значительно детальнее, чем рельеф дна других океанов.

Все эти исследования явились крупным фундаментальным вкладом в развитие океанологии арктических морей.

Яркой страницей единения академической науки и флота явилась Великая Отечественная война 1941–1945 гг. Ученые решительно переключились от проводимых ими плановых исследований к срочному решению острых насущных задач, которые постоянно возникали в ходе тяжелейших сражений нашего народа на сухопутных фронтах и морских театрах военных действий. Об их подвиге в годы Великой Отечественной войны можно писать очень много, но, видимо, достаточно ограничиться некоторыми наиболее яркими примерами участия ученых в решении проблем флота.

В начале войны германское военное командование сделало ставку на массированное использование минного оружия, рассчитывая закупорить наши корабли в базах и уничтожить их бомбовыми ударами с воздуха. С этой целью противник особую роль отводил донным минам с магнитными замыкателями, которые ставили самолеты на фарватеры баз и портов.

В связи с возникшей минной опасностью остро встал вопрос о необходимости быстрой и надежной защиты кораблей от магнитных мин. Решить эту проблему было поручено группе ученых Ленинградского физико-технического института под руководством А.П. Александрова. Выбор был не слу-

чайным: А.П. Александров еще в 1936 г. по заданию ВМФ разработал метод компенсации вертикальной составляющей магнитного поля корабля с помощью временной обмотки его корпуса кабелем, через который пропускаться ток заранее заданных параметров. Важное задание командования ВМФ было выполнено блестяще. Однако, как это нередко случается в жизни, научное решение оказалось невостребованным и выдающийся научный результат около 5 лет не был реализован на флоте.

В начале войны в невероятно трудных условиях группа А. П. Александрова оборудовала на флотах станции размагничивания кораблей и обучила моряков практической работе с приборами и оборудованием. Значение этой работы трудно переоценить, так как размагничивание кораблей позволило сохранить во время войны десятки кораблей и тысячи жизней защитников Отечества.

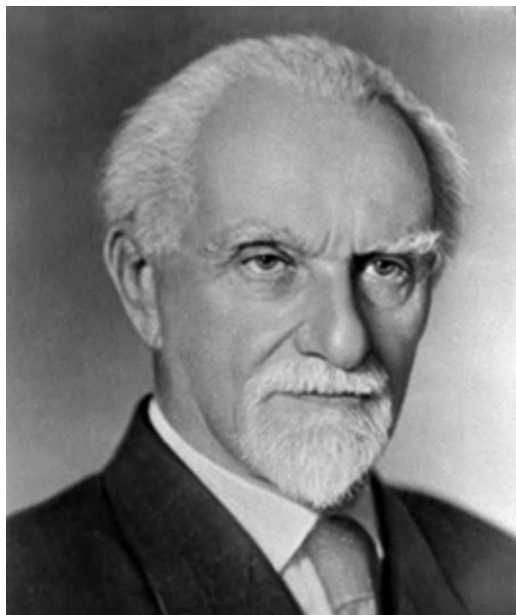
Серьезную ошибку допускают те, кто, признавая бесспорно выдающееся практическое значение работ по размагничиванию кораблей, в то же время недооценивают роль их научной составляющей.

В ходе создания и внедрения методов и средств защиты кораблей от неконтактных и индукционных мин разработчикам пришлось столкнуться с необходимостью решения целого ряда фундаментальных научных задач. Принимая личное участие в решении этих задач, Анатолий Петрович при необходимости привлекал к работе и других талантливых ученых.

Приведу лишь один пример. Зимой 1942–1943 гг. сотрудничавший с ЛФТИ И. Е. Тамм, в то время член-корреспондент АН СССР, разработал теорию распределения магнитного поля под кораблем и совместно с А.П. Александровым предложил формулу и кривые для расчета уменьшения магнитного поля корабля по мере удаления от корпуса (так называемые «кривые ЛФТИ»). Им же были разработаны методы расчета вертикальной составляющей магнитного поля намагниченного эллипсоида и экранирования магнитного поля обмотки корпуса корабля. Результаты этих исследований научно обосновали возможность и целесообразность размещения обмоток размагничивающего устройства внутри корпуса корабля, что резко повысило их живучесть.

Группа ученых под руководством известного специалиста в области акустики академика Н. Н. Андреева, в составе которой работал академик Л. М. Бреховских, занималась проблемами борьбы с акустическими минами противника, взрывающимися под кораблем при воздействии на них звукового поля, появлявшегося при движении корабля. Существовавшие до той поры методы разминирования были довольно примитивны. Задача состояла в том, чтобы разработать мощные подводные источники звука, с помощью которых можно было бы подрывать мины на достаточно безопасном расстоянии. И эта задача была успешно выполнена.

Много и плодотворно работали в интересах флота во время войны ученые-корабелы. Уже первые ее месяцы выявили недостаточную остойчивость эсминцев проектов 7 и 7У, которые являлись одними из самых массовых кораблей флота. Было несколько случаев, когда поступление воды в результате боевых повреждений приводило к опрокидыванию корабля задолго до того, как исчерпывались все средства борьбы с поступающей во-



**Рис. 6.** Академик Николай Николаевич Андреев (1880–1970), выдающийся физик, основатель отечественной научной школы по акустике

дой. Известный специалист в области теории корабля профессор В. Г. Власов обосновал необходимость использования дополнительного балласта, рассчитал его массу и определил места его размещения на корабле. Эти меры оказались настолько эффективными, что в последующем корабль, получивший тяжелые боевые повреждения, если и тонул, то это происходило в положении его на ровном киле, что косвенно говорило об исчерпании всех средств в борьбе за непотопляемость.

Крупный специалист в области строительной механики корабля академик Ю. А. Шиманский в результате анализа характера боевых повреждений разработал конструктивные меры усиления местной и общей прочности корпусов кораблей ВМФ.

Член-корреспондент АН СССР П. Ф. Папкович занимался проблемой устранения вибраций корпусов кораблей.

Академик В. Л. Поздунин исследовал причины кавитации гребных винтов и разработал практические меры по ее устранению.

Разработка акустических тралов была возложена на Физический институт АН СССР (ФИАН), где эта работа велась под руководством академика Н.Н. Андреева.

Профессор этого же института член-корреспондент АН СССР С.М. Рытов активно участвовал в создании специальной навигационной системы «Координатор», которая разрабатывалась на основе предложенного академиками Л.И. Мандельштамом и Н. Д. Папалекси радиоинтерференционного метода измерения расстояний и позволяла более точно определять место корабля, особенно при производстве боевого траления и гидрографических работ.

В Институте автоматики и телемеханики АН СССР под руководством В. С. Сотскова (впоследствии член-корреспондент АН СССР) велись исследования по созданию неконтактных взрывателей для мин и торпед, в результате чего был сконструирован неконтактный взрыватель НИВ-5 для торпед.

Академик А. Н. Колмогоров не только консультировал флотских артиллеристов, но и стал соавтором одного из способов стрельбы корабельной артиллерии по воздушным целям.

Под руководством академика С. И. Вавилова в ФИАН и Государственном оптическом институте были улучшены характеристики дальномеров



надводных кораблей и перископов подводных лодок, разработаны методы светомаскировки кораблей.

Именно в войну была освоена так необходимая для устранения боевых повреждений и подъема затонувших кораблей подводная сварка. Эта работа выполнялась под руководством профессора Московского института инженеров транспорта К. К. Хренова (впоследствии член-корреспондент АН СССР) по заказу аварийно-спасательной службы ВМФ.

Перечень подобных примеров участия ученых Академии наук в решении проблем флота можно было бы продолжить, но ясно и так, что в период войны взаимодействие флота и науки не только не ослабло, но стало еще более тесным. При этом, что вполне оправданно, основные усилия ученых во время войны были переклещены на решение наиболее острых практических задач за счет временной приостановки или замедления некоторых фундаментальных исследований.

Новое качество и особенно широкий размах приобрели научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы после войны, когда сложившаяся в мире военно-политическая обстановка и логика развернувшейся гонки вооружений выдвинули перед страной задачу достижения военного паритета, а следовательно, и создания современного океанского атомного ракетно-ядерного флота. Этот период характеризуется четким планированием фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, эффективной координацией их выполнения, системным подходом к решению поставленных задач, достаточным и надежным финансированием с концентрацией выделяемых средств на решение ключевых приоритетных проблем.

Этот период развития флота интересен не только бурным ростом количественного состава, что само по себе очень важно, но, что еще более существенно, мощными, опирающимися на успехи фундаментальной науки прорывами в достижении качественно новых уровней тактико-технических параметров кораблей, морского оружия и техники. Благодаря объединенным усилиям науки и промышленности в нашей стране в короткий исторический отрезок времени был создан современный мощный океанский атомный ракетно-ядерный флот.



**Рис. 7.** Вице-адмирал Александр Евстратьевич Брыкин (1895–1976), доктор технических наук, видный специалист в области минно-торпедного оружия

В феврале 1951 года при Президиуме АН СССР создается Минно-торпедная секция, которая в 1952 году преобразуется в Морскую гидрофизическую секцию. Задачей этой секции было внедрение достижений науки в минно-торпедное оружие, изучение принципов обнаружения и уничтожения якорных и донных мин на расстоянии, а также создание эффективных средств защиты от современных контактных мин и торпед. Возглавить эту секцию было поручено доктору технических наук вице-адмиралу А. Е. Брыкину. В 1964 года морская физическая секция преобразована в Секцию прикладных проблем Министерства обороны при Президиуме АН СССР и стала работать на все виды Вооруженных Сил страны.

Необходимо специально отметить исключительно большую роль академических научных советов как основных координирующих звеньев в обеспечении взаимодействия фундаментальной и прикладной науки, а также эффективного использования научных достижений в строительстве подводных лодок и при создании для них новых образцов техники и вооружения.

Особая роль среди таких советов принадлежит Научному совету при Президиуме АН СССР (РАН) по комплексной проблеме «Гидрофизика», созданному в 1967 г. На этот Совет с самого начала была возложена координация исследований по наиболее наукоемким проблемам фундаментального и прикладного характера, касающимся интересов флота. Первым председателем Совета стал академик Б. П. Константинов, а в 1970 г. его возглавил академик А. П. Александров. Заместителем председателя был назначен академик А. В. Гапонов-Грехов, который в настоящее время руководит Советом.

Создание мощного атомного подводного флота выдвинуло в качестве первоочередной проблему обеспечения скрытности подводных кораблей. Так возникла задача разработки научных принципов проектирования и строительства подводных лодок, обладающих минимальными демаскирующими факторами. Обеспечение скрытности подводных лодок, так же как разработка эффективных средств их обнаружения, оказалось чрезвычайно сложной задачей, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных и прикладных исследований.

Из основных направлений исследований, ведущихся в рамках этой программы, можно выделить: исследования процессов, возникающих при прохождении подводных лодок на поверхности, в приповерхностном слое и в толще океана, которые могут регистрироваться средствами противолодочной обороны; разработку новых физических принципов создания гидроакустических систем, предназначенных для обнаружения малозумных атомных подводных лодок, как в удаленных акваториях Мирового океана, так и в ближних морских зонах; разработку физических основ создания корабельных авиационных и космических систем обнаружения атомных подводных лодок по их кильватерному следу, а также по измерению параметров других сопутствующих физических полей.

Решением многих актуальных проблем в интересах ВМФ занимался Научный совет по проблемам гидродинамики, созданный при Президиуме Академии наук в 1960 г., первым председателем, которого был академик М. А. Лаврентьев.

В конце 70-х годов совместным решением Президиума Академии наук и Военно-Морского Флота был создан Научный совет по проблемам связи

с глубокопогруженными подводными лодками, находящимися на боевой службе в районах боевого патрулирования. Большую роль в организации этого Совета и его дальнейшей работе сыграл его председатель — крупнейший специалист в области радиосвязи академик В. А. Котельников.

Проблемами применения вычислительной техники и использования математических методов, в том числе и в интересах Военно-Морского Флота, занимался Научный совет по прикладным проблемам при Президиуме Академии наук, образованный в 1967 году. Его первым председателем был известный специалист в области математики и кибернетики академик В. М. Глушков. Упомянутые мною академические Научные советы далеко не исчерпывают полный их перечень. В интересах Военно-Морского Флота и, в частности, в интересах решения проблем подводного кораблестроения работали также многие другие научные советы.

Но здесь я хотел обратить ваше внимание на два обстоятельства. Первое — это высокий уровень руководства этими советами, которое было предоставлено наиболее крупным, выдающимся специалистам в соответствующих областях. И второе — высокий статус научных советов флотского профиля, которые, как правило, учреждались непосредственно при Президиуме Академии наук.

В плане рассматриваемой в этой статье проблемы интеграции науки и подводного кораблестроения нельзя не остановиться на важной роли Морского научного комитета ВМФ (до 1992 г. — Научно-технический комитет ВМФ). Эта организация за свою более чем 200-летнюю историю (Морской ученый комитет создан в 1799 году по Указу Императора Павла I) во все ее периоды формировала идеологию перспективного развития флота, определяла направленность, составляла планы научных исследований и опытно-конструкторских разработок, контролировала качество их выполнения.

Это требовало от руководства и членов комитета высокой научной подготовки, способности оценивать достижения науки и техники, определять пути их использования в интересах флота и прогнозировать направленность развития и применения его сил и средств. Важнейшим условием успешной работы комитета была способность активно влиять на постановку и ход прогнозных, фундаментальных и прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Деятельность комитета оказывалась наиболее эффективной, когда его ученые создавали свои научные школы. Сама жизнь приводила к тому, что в наиболее сложные и ответственные периоды истории флота именно эта особенность отличала Морской научный комитет. Так, в трудный период возрождения флота после его поражения в русско-японской войне 1904–1905 гг. роль этой организации (тогда она называлась Морским техническим комитетом) была особенно велика, в значительной степени потому, что она возглавлялась академиком А. Н. Крыловым, а в числе ее членов работали такие кораблестроители, как И. Г. Бубнов и М. Н. Беклемишев и другие крупные ученые.

В период создания и становления океанского ракетно-ядерного флота Научно-технический комитет возглавляли кандидат военно-морских наук адмирал Н. М. Харламов, доктор военно-морских наук вице-адмирал К. А. Сталбо. В это время комитет как научная организация достигает значительных высот своей научной зрелости: программами вооружения и корабле-



**Рис. 8.** Академик Анатолий Петрович Александров (1903–1994), выдающийся ученый в области ядерной физики и энергетики, Президент Академии наук СССР (1975–1986). Один из ведущих организаторов и руководителей исследований и разработок в области атомной науки и техники, крупнейший организатор советской науки. В годы Великой Отечественной войны А. П. Александров возглавил работы по защите кораблей от магнитных мин.

Под его научным руководством созданы различные энергетические и исследовательские ядерные реакторы, сооружены мощные атомные электростанции. Успешное развитие большой ядерной энергетики в нашей стране многим обязано А. П. Александрову.

Под его руководством и при непосредственном участии были созданы судовые ядерные энергетические установки, построены мощные атомные ледоколы.

руководитель создания первой атомной подводной лодки, а затем и как Президент Академии наук СССР.

Между этими выдающимися людьми сложились не только хорошие деловые и партнерские отношения. Их связывали также добрые дружеские отношения, взаимное уважение и симпатия, свойственное им обоим чувство патриотизма и высокой ответственности за порученное дело.

строения, проработками перспектив дальнейшего развития флота, внедрением новых достижений фундаментальной и прикладной науки занимаются в его составе три доктора и пять кандидатов наук.

Сколь велики возможности данного комитета и насколько плодотворным был результат при правильном их использовании, довелось испытать и мне на собственном опыте, когда пришлось возглавлять эту организацию (1985–1989 гг.).

Период наиболее интенсивного развития и строительства подводных лодок в нашей стране пришелся на 60-е, 70-е и 80-е годы. Именно в это время был создан отечественный океанский ракетно-ядерный флот, который мог реально противостоять объединенным морским группировкам стран Атлантического блока.

Конечно, в создании такого мощного флота принимала участие вся наша великая страна. И все же я хотел бы назвать имена двух людей, роль которых в создании нашего океанского атомного ракетно-ядерного флота совершенно уникальна. Это адмирал флота Советского Союза Сергей Георгиевич Горшков, являвшийся почти в течение 30 лет Главнокомандующим Военно-морским флотом, и академик Анатолий Петрович Александров, сначала как научный



**Рис. 9.** Научная конференция «100 лет подводному флоту России» в Российской академии наук. 1 марта 2006 г. Слева направо: вице-адмирал, академик А. А. Саркисов, вице-адмирал А. Л. Балыбердин, академик К. В. Фролов, адмирал флота В. И. Куроедов, адмирал флота К. В. Макаров, капитан 1 ранга Б. Н. Филин, адмирал флота И. М. Капитанец

Без особого преувеличения можно сказать, что в те годы рука об руку работали два штаба: Главный штаб Военно-Морского Флота и Главный штаб нашей отечественной науки, решая общую большую задачу.

Впервые подводные лодки были объявлены в качестве самостоятельного класса боевых кораблей Российского флота 19 марта 1906 г. Указом императора Николая II памятный день 19 марта стал регулярно отмечаться как День подводника. После октября 1917 г. он был исключен из праздничных дат ВМФ СССР, но 19 декабря 1995 г. приказом Главнокомандующего ВМФ РФ был вновь восстановлен как официальная памятная дата — День подводника. В 2006 г. страна торжественно отметила 100-летие Российского подводного флота. В Российской академии наук в те дни состоялась научная конференция.

В длинном списке обрушений и потерь, которые мы понесли в течение последних 15 лет, с сожалением приходится называть и потерю того замечательного уровня взаимодействия Академии наук с Военно-Морским Флотом, который был достигнут в советские годы.

Хочется надеяться на то, что сейчас, когда начинают просматриваться первые признаки возрождения утраченной мощи нашего флота, бесценный опыт и традиции этого тесного взаимодействия окажутся вновь востребованными.

В заключение автор выражает признательность сотруднику Института истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН кандидату технических наук капитану 1 ранга В. В. Балабину, представившему ряд ценных материалов, относящихся к дореволюционному периоду.

## **К истории создания отечественного атомного подводного флота\***

С самого начала мне хотелось бы предупредить, что я не намерен здесь систематически излагать очень яркую и неординарную историю создания отечественного атомного подводного флота. Она уже достаточно подробно описана во многих массовых популярных и специальных публикациях. Это было бы не совсем уместно делать и потому, что на конференции присутствуют люди, активно участвовавшие и участвующие в строительстве атомного флота, в том числе и те, кто причастен к созданию первой атомной подводной лодки.

Поэтому я счел более целесообразным просто поделиться с уважаемыми коллегами некоторыми поучительными уроками, наблюдениями, соображениями и оценками, связанными с историей создания, совершенствования и масштабного строительства атомного подводного флота в нашей стране. При этом основное содержание своего сообщения я хотел бы сосредоточить на роли науки в решении такой новой для того времени, сложной и многоплановой проблемы, какой являлось создание атомной подводной лодки.

Традиция тесного творческого сотрудничества выдающихся отечественных ученых с флотом просматривается на протяжении всей истории его развития. Но особенно ярко эта связь проявилась в эпоху научно-технической революции, начало и бурное развитие которой пришлось как раз на годы конфронтации между двумя противостоящими блоками мировых держав.

Первое, что хотелось бы мне отметить, это то, что создание отечественного атомного подводного флота стало возможным лишь благодаря достигнутому в СССР высокому потенциалу фундаментальной науки и потребовало концентрации новейших научных достижений в различных областях знаний, а также производственных и людских ресурсов. Этому способствовали, прежде всего, великие открытия в ядерной физике, которые явились базой создания корабельной ядерной энергетики, коренным образом изменившей облик подводного флота и повысившей его боевые возможности.

Спуск на воду первой атомной подводной лодки символизировал не просто очередной этап эволюционного развития подводного флота. Это событие явилось революционным скачком, качественно изменившим облик флота и его боевые возможности.

Специально хочу подчеркнуть, что корабельная ядерная энергетика, равным образом, как и атомная подводная лодка в целом, являются нашим подлинным национальным достижением. Если при создании атомного оружия разработчики в какой-то мере имели возможность опираться на

---

\* Выступление в ОКБМ (г. Нижний Новгород) на Межотраслевой научно-технической конференции КЯЭ-2010 «Корабельная ядерная энергетика – 30 лет эксплуатации ЯЭУ АПЛ 3-го поколения и надводных кораблей ВМФ» 19–20 октября 2010 года.

материалы, предоставленные разведчиками, то при создании корабельных ядерных энергетических установок разработчики действовали абсолютно автономно.

Недавно в США вышла в свет научно-популярная книга Тома Кленси «Атомные подводные лодки». Это отнюдь не детектив, а сухой, обстоятельный технико-исторический обзор, который вместе с тем стал бестселлером, потому что американские граждане гордятся тем, что владеют мощным атомным подводным флотом. К сожалению, российское общество и государство до такого понимания значения выполненных в нашей стране работ и подвига, который совершили отечественные ученые и инженеры, не доросли.

Исключительная роль в решении проблемы создания ядерных энергетических установок подводных лодок принадлежит созданной еще до войны передовой школе советских ученых и лично академику А. П. Александрову, которого по праву называют отцом корабельной атомной энергетики.

Многие решения, положенные в основу создания первой атомной подводной лодки, с позиции сегодняшнего дня представляются тривиальными; однако в то время, когда они принимались, разработчики сталкивались с серьезными трудностями из-за недостаточности научной базы и дефицита информации.

Уже сам выбор типа реактора для подводной лодки оказался далеко не простой задачей. На самом ответственном начальном этапе общее руководство всеми работами по созданию атомной подводной лодки осуществлял заместитель Председателя Совета министров СССР и одновременно Министр судостроительной промышленности, а с августа 1953г. — Министр среднего машиностроения В. А. Малышев. Именно он на заседании секции № 8 НТС ПГУ поручил решение этой задачи А. П. Александрову, Д. И. Блохинцеву и Н. А. Доллежалю. Задача выбора типа реактора усложнялась жесткими весогабаритными ограничениями и специфическими условиями размещения ядерной энергетической установки на плавучей платформе.

В частности, на самой начальной стадии работы всех смущало и беспокоило незнание того, как поведет себя заполненная жидкостью активная зона в условиях качки, кренов и дифферентов. Ведь в условиях подводной лодки неизбежны динамические реакции и инерционные эффекты, которые могут нарушить не только плавный ход теплоносителя, но и нейтронный баланс активной зоны. Правда, после проведенного анализа и выполненных расчетов стало ясно, что опасения по этому поводу оказались преувеличенными. Силы инерции, возникающие в условиях качки, столь малы по сравнению с общими массами покоя, что нет оснований их опасаться.

И только через месяц после заседания секции № 8 Научно-технического совета Первого главного управления при Совете Министров СССР А. П. Александров с коллегами окончательно пришли к выводу, что реактор должен иметь водяной замедлитель, тепловой спектр нейтронов, а в качестве теплоносителя должна использоваться та же легкая вода под таким давлением, при котором будет обеспечен необходимый запас до кипения.

Здесь уместно заметить, что до этого в нашей стране не было построено ни одного энергетического реактора такого типа. Так что предстоящая за-



дача создания реактора с водой под давлением для первой атомной подводной лодки носила поистине пионерский характер.

Но это был не единственный вариант. Второй из предложенных проектов — это реактор с жидкометаллическим теплоносителем. Его активно поддерживал Д.И. Блохинцев, в то время директор лаборатории «В», ставшей позднее Физико-энергетическим институтом в г. Обнинске.

Позже эта идея реализовалась под научным руководством А. И. Лейпунского, хотя и в небольшой по количеству, но уникальной, единственной в мире серии атомных подводных лодок с реакторами на промежуточных нейтронах, охлаждаемых свинцово-висмутовым теплоносителем.

Первой из проблем, определявшей, по существу, идеологию и конструкцию водо-водяного реактора, была «физика» реактора, т. е. выбор и обоснование комплекса необходимых нейтронно-физических качеств его активной зоны. К началу 1953 г., в отличие от положения с уран-графитовыми и тяжеловодными аппаратами, в стране не существовали водо-водяные критические сборки и отсутствовали какие-либо методики их расчета при том, что были очевидными существенные отличия замедляющих свойств водорода от свойств дейтерия и графита. Все эти вопросы отрабатывались параллельно с проектированием реактора.

Что касается ядерной энергетической установки в целом, то с самого начала разработчики остановились на традиционной котлотурбинной схеме с получением пара в парогенераторе, нагреваемом водой первого контура.

При внешней схожести традиционных паросиловых установок и корабельных атомных энергетических установок (в обоих случаях есть источник тепла, парогенератор, насосы, сепараторы, конденсаторы, паровая турбина и т. д.) существует принципиальнейшее различие в природе самого источника тепла. Применение ядерного реактора в качестве источника тепловой энергии потребовало изучения новых закономерностей теплообмена и гидродинамики.

Несмотря на то, что вода как теплоноситель использовалась давно в котельной технике, в атомной энергетике стало необходимым обеспечить новые технологические требования и выявить для воды новые закономерности в условиях применения ее в полях мощных излучений, при новых ранее не применявшихся материалах оболочек, для форсированных тепловых потоков и при новых формах проточного тракта. В проблеме теплопередачи от твэлов к теплоносителю потребовалось развить исследования по кризисам теплоотдачи в щелевых каналах сложной формы, по определению коэффициентов теплоотдачи для новых геометрий и совокупности параметров, по созданию и излучению роли различных интенсификаторов теплообмена.

В гидродинамике стали совершенно недостаточны одномерные и осредненные подходы, когда для теплообменного аппарата определяются только перепады статического давления на участках проточного тракта и средние в сечениях скорости, то есть расходы. При этом возникла необходимость в разработке методов экспериментального исследования актуальных скоростей с выделением пульсационных составляющих и выявления источников и спектров пульсаций и вихревых структур, а также оптимизации в решении вопросов моделирования пульсационных течений, разработке числен-



ных методов расчета трехмерных течений, решений уравнений Рейнольдса и Новье-Стокса. Актуальным стало формирование безвихревого проточно-го тракта с обязательным выравниванием поля давлений в напорных и выходных коллекторах. Все эти сложные научные задачи были успешно решены в течение 10–12 лет творческими коллективами Физико-энергетического института, Центрального котло-турбинного института, Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники и других научных учреждений.

Нет возможности назвать всех специалистов, которые внесли вклад в исследование перечисленных проблем. Но я не могу не отметить большую роль, которую сыграли работы членов нашей академии — академика С. С. Кутателадзе, академика В. И. Субботина и члена корреспондента РАН Г. Н. Кружилина.

Кстати, достаточно неожиданно конструкторы столкнулись с большими трудностями в решении проблемы надежной работы парогенераторов. Важность этого элемента энергетической установки как связующего звена между первым радиоактивным и вторым контурами с самого начала была очевидной. В случае нарушения герметичности трубной системы парогенератора более высокое давление в первом контуре создает риск попадания воды первого контура в другие помещения подводной лодки и море. Поэтому к парогенератору предъявлялись высочайшие требования. Особенно важен был выбор материалов для труб парогенераторов. Конструкторское бюро специального котлостроения на Балтийском заводе в г. Ленинграде использовало различные сплавы, но положительного результата получить не удавалось очень долго. В конце концов, проблему удалось решить, и большая заслуга в этом принадлежит возглавлявшему в течение многих лет Конструкторское бюро котлостроения талантливому ученому и инженеру Г. А. Гасанову.

Большие научно-исследовательские работы велись с целью повышения скорости хода подводных лодок и обеспечения их скрытности. Работы по первой проблеме велись в ряде ведущих научных учреждений гидродинамического профиля, но особенно активно в Институте гидродинамики Сибирского отделения Академии наук под руководством академика М. Лаврентьева. Исследования были направлены, прежде всего, на изучение пограничного слоя. Результатами их явились разработанные методы оптимизации геометрических форм обтекаемого тела, а также принципы непосредственного воздействия на пограничный слой с целью снижения сопротивления движению. Многие из этих исследований носили новаторский характер, а ряд практических разработок, выполненных на основании их результатов, не имеют аналогов в мировой практике.

Обеспечение скрытности подводных лодок, так же как и разработка эффективных средств их обнаружения, оказалось чрезвычайно сложной проблемой, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных и прикладных исследований. Из новых направлений в рамках этой программы можно отметить исследования процессов, возникающих при прохождении подводных лодок на поверхности, в приповерхностном слое и в толще океана, которые могут обнаружи-

ваться средствами противолодочной обороны; разработку новых физических принципов создания корабельных, авиационных и космических систем обнаружения атомных подводных лодок по их кильватерному следу, а также по измерению параметров других сопутствующих физических полей. Конечным результатом этих исследований явилась разработка практических методов снижения шумности отечественных подводных лодок и создание приборов и систем обнаружения подводных лодок вероятного противника.

Для военно-морского флота всегда имели первостепенное значение проблемы связи. Их актуальность особенно возросла с появлением атомных подводных лодок с баллистическими ядерными ракетами в связи с необходимостью достижения этими подводными лодками максимальной скрытности, что не могло быть обеспечено при вынужденном их подвсплытии на сеансы связи с командным пунктом. Использование буксируемых антенн, выпускаемых на поверхность во время сеансов связи, также не решало проблему обеспечения скрытности, так как эти антенны могли быть обнаружены техническими средствами противолодочных поисковых сил.

Для решения этой актуальной задачи была запущена масштабная программа фундаментальных и прикладных исследований. Научное руководство этими работами возглавил крупнейший специалист в области радиотехники академик В. Котельников.

Из наиболее важных исследований, выполненных в рамках этой программы, можно отметить, например, работы по созданию каналов связи в диапазоне сверхнизких частот, а также в диапазонах сейсмических и гидроакустических волн. Исследования в области оптического (лазерного) излучения и создание лазерных линий связи открыли возможности обеспечения связи с подводными лодками, находящимися практически во всех районах Мирового океана.

Надо отметить и то, что необходимость решения возникавших в ходе строительства подводных лодок проблем стимулировала развитие и самих фундаментальных наук. Так, исследования в области гидроакустики внесли серьезный вклад в физику океана и значительно расширили наши представления в этой области. Сегодня этими исследованиями занимаются большие коллективы ученых, в том числе и коллектив специально созданного для этой цели Акустического института.

Выдающимся научным достижением фундаментального характера явилось открытие в 1946 г. сверхдальнего распространения звукового канала, сделанное Л. Бреховских, Л. Розенбергом, Б. Карловым и Н. Сигачевым в ходе организованной Военно-Морским Флотом первой гидроакустической экспедиции в Японское море. Это открытие сыграло большую роль в как обеспечении скрытности, так и в методах обнаружения подводных лодок навигационных задач и создании систем подводной связи.

Другой пример возникновения нового научного направления, стимулируемого интересами развития флота, связан с гравиметрией. Мощным толчком для ее развития стали выдвинутые флотом повышенные требования к точности определения места старта и стартовой вертикали при пуске

баллистических ракет с подводных лодок. Это в свою очередь, потребовало детального изучения аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане, что явилось очень сложной научной задачей и определило развитие специальных теоретических подходов, а также соответствующей экспериментальной техники. Исследования аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане являются, по существу, новым научным направлением в гравиметрии.

Приведу еще один пример. Плавание атомных подводных лодок в северных широтах выдвинуло задачу организации комплекса исследований по изучению арктических льдов — их толщины, в том числе и аномальных отклонений от средних значений, структуры внутренней поверхности ледовых покрытий, механической прочности льдов, закономерностей расположения трещин и разводий и многих других свойств. Столь углубленные исследования свойств арктических льдов далеко выходили за рамки обычных потребностей народного хозяйства и стимулировались интересами повышения эффективности боевого применения подводных лодок в различных районах Арктического бассейна.

В этих же интересах были развернуты широкомасштабные исследования рельефа дна морей Арктического бассейна. Разработанный для решения этой задачи геофизический измерительный комплекс включал сейсмолокацию, эхолотирование и геомагнитные методы. В итоге получены детальные карты рельефа дна Арктического бассейна. Эти результаты оказались настолько эффективными, что создалась довольно парадоксальная ситуация: рельеф дна Арктического бассейна изучен на настоящий момент значительно детальнее, чем рельеф дна других океанов.

Говоря о роли науки в создании отечественного атомного подводного флота, следует отметить исключительно большую роль академических научных советов как основных координирующих звеньев в обеспечении взаимодействия фундаментальной и прикладной науки, эффективном использовании научных достижений в строительстве подводных лодок, при создании для них новых образцов техники и вооружения. Исключительно важную роль имела деятельность Научного совета по комплексной проблеме «Гидрофизика», созданного в 1967 г. Первым председателем совета был академик Б. П. Константинов, в 1970 г. его возглавил академик А. П. Александров, в настоящее время им руководит академик А. В. Гапонов-Грехов. Этот Совет занимался широким кругом вопросов, но в течение многих лет центральной проблемой оставалась проблема обеспечения скрытности наших лодок и разработки средств обнаружения подводных лодок вероятного противника. Научный совет по гидрофизике в высшей степени эффективно осуществлял координацию всех ведущихся в стране работ в этой области.

Решением многих актуальных проблем в интересах ВМФ занимался и Научный совет по проблемам гидродинамики, созданный в 1960 г., первым председателем которого был академик М. А. Лаврентьев.

В конце 1970-х годов был образован Научный совет по проблемам связи с глубоководными подводными лодками, находящимися на боевой службе в районах боевого патрулирования. Большую роль в организации

совета и его дальнейшей работе сыграл его председатель академик В. А. Котельников.

Проблемами применения вычислительной техники и использования математических методов, в том числе и в интересах Военно-Морского Флота, занимался Научный совет по прикладным проблемам при Президиуме Академии наук, образованный в 1967 г. Его первым председателем был известный специалист в области математики и кибернетики академик В. М. Глушков.

Военно-Морской Флот на протяжении всей истории своего развития был, да, пожалуй, продолжает оставаться и сегодня, наиболее наукоемким видом Вооруженных Сил. Поэтому неудивительно, что первая структура оборонного назначения в рамках Академии наук имела военно-морскую направленность. Эта была созданная в 1964 Морская физическая секция, позже преобразованная в Секцию прикладных проблем Министерства обороны при Президиуме АН СССР. Укомплектованная высокопрофессиональными офицерами-специалистами, относительно компактная по численности, Секция зарекомендовала себя как эффективный инструмент стимулирования актуальных для флота фундаментальных исследований и внедрения их результатов, в частности, в решение проблем атомного подводного кораблестроения.

Своеобразной кульминацией интеграции науки и кораблестроения явилось создание подводных лодок 705 проекта с реакторами на промежуточных нейтронах, охлаждаемыми свинцово-висмутовым теплоносителем. Мне хорошо известно неоднозначное отношение к этому проекту. Что касается моего личного мнения, без всякого преувеличения могу сказать, что это был уникальный научно-технический прорыв, который опередил уровень того времени на несколько десятилетий. В западных публикациях устоялся тезис, что лодка 705 проекта опередила время на 20 лет. А я бы сказал на 40–45 лет, потому что в мире только сейчас по-настоящему оценены потенциальные достоинства этой ядерной технологии, и в ряде стран начата разработка основанных на ее базе энергоисточников малой и средней мощности, в первую очередь, для регионов, не имеющих централизованного электроснабжения.

С учетом принципиальной новизны энергетической установки и впервые примененной системы комплексной автоматизации, такой проект мог быть создан только на основе самого широкого применения новейших научно-технических достижений. Пожалуй, это был единственный в нашей стране случай, когда научными руководителями создания подводной лодки являлись сразу четыре академика, ведущие специалисты в своей области. Первым упомяну Анатолия Петровича Александрова. За ядерную энергетическую установку отвечал Александр Ильич Лейпунский. За всю автоматизацию управления — Владимир Александрович Трапезников, а за электрооборудование — Андроник Гевондович Иосифьян, академик АН Армянской ССР.

Вот такая концентрация в проекте 705 была не столько названных мной выдающихся личностей, сколько тех научных коллективов, которые стояли за этими личностями! И того научно-производственного потенциала, который был связан с ведущими советскими институтами. Все это позволило создать установку и в целом подводную лодку, далеко обогнавшие время.

Я глубоко убежден, что если бы не сложная экономическая ситуация, то свинцово-висмутное направление на подводном флоте сумело бы освободиться от недостатков, свойственных всякому начальному периоду разработки новых проектов, и стать равноправной альтернативой в развитии АПЛ.

Отходя от установившейся традиции, я хотел сделать свое сообщение по старинке, без слайдов. Но полностью этот замысел осуществить мне все-таки не удалось. Так что несколько слайдов в конце своего доклада я посчитал целесообразным показать. На первых двух, подготовленных по моей просьбе присутствующим здесь и хорошо всем вам известным уважаемым мною Сергеем Афанасьевичем Петровым, представлены сравнительные данные наших и зарубежных атомных подводных лодок — стратегических и многоцелевых. При этом для сравнения отобраны базовые проекты. Времени для анализа приведенных данных у меня нет, но моя итоговая оценка может быть сформулирована так: отечественные подводные атомоходы создавались в русле мировых тенденций и практически по всем актуальным характеристикам не уступают зарубежным аналогам.

**Табл 1.** Сравнение характеристик отечественных и зарубежных многоцелевых АПЛ

Основные ТТЭ	Virginia (США)	Barracuda (Франция)	Astute (Великобритания)	971	Типа Ясень
Основные размерения: - длина, м - ширина, м - осадка, м	115 10,5 9,3	99,4 8,8 7,3	97 11,3 10	105,6 13,6 9,0	135,2 12,3 9,4
Водоизмещение полное подводное, тыс. м <sup>3</sup>	7,8	4,8	7,8	11,9	13,8
Мощность корабельной ЯЭУ, тыс. л.с.	40	41,5	27,5	50	50
Максимальная скорость полного ПХ, уз.	34	35	30	35	30
Оружие: - количество БР; - количество торпед	12 26	$\Sigma=20$	$\Sigma=48$	- 40	32 30
Глубина погружения предельная, м	488	400	450	600	600
Автономность	90	90	85	100	75
КОН	0,65	0,5	0,5	0,6	0,5

**Табл. 2.** Сравнение характеристик объектов отечественных и зарубежных АПЛ стратегического назначения

Основные ТТЭ	Ohio (США)	Triomphant (Франция)	Vanguard (Великобритания)	БДРМ	Типа Борей
Основные размеры: - длина, м - ширина, м - осадка, м	170,8 12,8 10,8	138 12,5 10,7	149,3 12,8 10,1	166,5 12 8,7	160 13,6 9,7
Водоизмещение полное подводное, тыс. м <sup>3</sup>	18,8	14,6	15,85	17,5	20,85
Мощность корабельной ЯЭУ, тыс. л.с.	~50	41,5	30	2×20	50
Максимальная скорость полного ПХ, уз.	24	25	25	22	25
Оружие: - количество БР, - количество торпед	24 26	16 18	16 20	16 12	16 36
Глубина погружения предельная, м	450	400 (раб.)	450 (раб.)	400	400
Автономность, сут.	90	90	90	80	75
КОН	0,63	0,5	0,5	0,6	0,5

В создании отечественного подводного флота принимали участие многие тысячи советских ученых, инженеров, строителей, военных моряков. Можно без преувеличения сказать, что атомные подводные лодки строила вся страна. Но общий успех решения проблемы создания современного мощного атомного ракетно-ядерного флота в решающей степени был связан с уровнем руководства работами, взаимодействия между многими участвовавшими в этом проекте ведомствами и организациями.

Стартовым документом, положившим начало активных работ по созданию первой отечественной АПЛ, было историческое постановление Совета министров СССР от 9 сентября 1952 г. № 4098-1616 «О проектировании и строительстве объекта № 627». Следует пояснить одну парадоксальную особенность этого постановления: в нем совсем не были обозначены интересы ВМФ и участие флота в работах. Заказчиком проекта АПЛ и необходимых НИОКР, в отличие от действовавшего в стране порядка боевой техники, было определено Первое Главное управление Министерства среднего машиностроения. Одной из весомых причин такого

необычного решения явилось весьма сдержанное отношение к созданию АПЛ Главного командующего ВМФ адмирала флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова. Министр среднего машиностроения В. А. Малышев, опасаясь, что консерватизм взглядов высшего командования ВМФ, проявившийся при рассмотрении предложений о начале работ по ЯЭУ и АПЛ, сильно затруднит их разработку. Зная Н. Г. Кузнецова как человека высокообразованного и прогрессивного, мне трудно объяснить занятую им в тот период, мягко говоря, сдержанную позицию в отношении создания АПЛ.

Отношение ВМФ к работам по созданию подводной лодки с ядерной энергетической установкой резко изменилось после назначения Главным командующим адмирала С. Г. Горшкова. Стране по-настоящему повезло, что именно в эти годы Российскую Академию наук возглавлял Анатолий Петрович Александров, Военно-Морской Флот — адмирал Флота Советского Союза Сергей Георгиевич Горшков, Министерство среднего машиностроения — Ефим Павлович Славский, Министерство судостроительной промышленности — Борис Евстафьевич Бутoma. Все они, несомненно, были выдающимися государственными деятелями, талантливыми руководителями, яркими и неординарными личностями.

Но мне бы в заключение хотелось особо выделить исключительно слаженную работу Главкомата Военно-Морского Флота во главе с С. Г. Горшковым и возглавляемого академиком А. П. Александровым главного штаба отечественной науки — Академии наук СССР, чему в немалой степени способствовала и их личная дружба.



**Рис. 1.** Председатель Комитета по Ленинским премиям академик А. П. Александров вручает Главнокомандующему Военно-Морским Флотом Адмиралу Флота Советского Союза С. Г. Горшкову нагрудный знак лауреата Ленинской премии





**Рис. 2.** Президент Академии Наук СССР  
(1975–1986 гг.)  
Академик Анатолий Петрович Александров



**Рис. 3.** Главнокомандующий Военно-  
Морским Флотом СССР (1956–1985 гг.)  
Адмирал Флота Советского Союза  
Сергей Георгиевич Горшков



**Рис. 4.** Министр среднего машиностроения  
СССР  
(1957–1963, 1965–1986)  
Ефим Павлович Славский





**Рис. 5.** Председатель Государственного  
Комитета Совета Министров СССР  
по судостроению Министр СССР  
(1976–1984 гг.)  
Михаил Васильевич Егоров



**Рис. 6.** Председатель Государственного  
Комитета Совета Министров СССР  
по судостроению Министр СССР  
(1965–1976 гг.)  
Борис Евстафьевич Бутوما



**Рис. 7.** Председатель Государственного  
Комитета Совета Министров СССР  
по судостроению Министр СССР  
(1984–1988 гг.)  
Игорь Сергеевич Белоусов

## Подводный флот: вклад российской науки\*

19 марта 1906 г. в Российском Императорском флоте в соответствии с указом царя Николая II появился новый класс кораблей - «подводные лодки». До этого все построенные в России субмарины причислялись к классу миноносцев. За свой вековой путь российский подводный флот стал океанским, обрел статус могучей морской составляющей ракетно-ядерного щита страны, сыграл выдающуюся роль в развитии науки, экономики и обороноспособности нашего Отечества.

В научной конференции «100 лет подводному флоту России», состоявшейся 1 марта 2006 г. в Москве, приняли участие более 200 представителей не только соучредителей конференции — Российской академии наук, Военно-Морского Флота, Федерального агентства по атомной энергии и Федерального агентства по промышленности, но и большого числа других ведомств и организаций. Программный комитет возглавил вице-президент РАН академик Н. П. Лаверов, Организационный — советник РАН вице-адмирал академик А. А. Саркисов.

В своем вступительном слове на открытии конференции вице-президент Российской академии наук, председатель Сибирского отделения РАН академик Н.Л. Добрецов установил на роли, которую играли ученые Сибири в вопросах развития подводного флота нашей страны, в частности, в конце 50 — 60-х годов. Под руководством академиков М. А. Лаврентьева и Н. Н. Яненко, контр-адмирала Г. С. Мигиренко в Институте гидродинамики, Институте теоретической и прикладной механики и других институтах были достигнуты высокие результаты, связанные с повышением скорости атомных подводных лодок. При этом решались научные проблемы ламинизации пограничного слоя, асимметричного кавитационного течения, динамической прочности корабельных конструкций, внесения высокомолекулярных полимерных добавок, снижающих турбулентность.

С приветственным словом к участникам конференции от имени Правительства Российской Федерации обратился заместитель директора Административного департамента Правительства РФ, ответственный секретарь Морской коллегии при Правительстве РФ вице-адмирал А. Л. Балыбердин.

В начале своего выступления заместитель главнокомандующего Военно-морским флотом РФ адмирал М. Г. Захаренко отдал дань памяти и глубокого уважения тем людям прошлого, чьи имена навсегда вписаны в историю нашей Родины. Это и герои-подводники, и выдающиеся инженеры-конструкторы начала XX в., заложившие основы проектирования и строительства одного из самых уникальных технических сооружений за всю мировую историю — подводной лодки.

Адмирал особо подчеркнул, что сейчас, когда мы строим подводный флот России XXI в., нужно внимательно изучить уроки и выводы глобаль-

---

\* Обзор подготовлен академиками Н. П. Лавёровым, А. А. Саркисовым. Вестник РАН, 2006, том 76, № 8.

ного противостояния двух военно-политических блоков в годы «холодной войны». Тогда все силы и средства государства были брошены на достижение единой цели — обеспечения ядерного паритета и готовности к разгрому любого агрессора в любом районе мира. Главной целью американского руководства было не допустить Советский Союз в Мировой океан, сорвать его попытки развивать экономику за счет сотрудничества с развитыми странами. По всей видимости, и сегодня такая задача не снята с повестки дня, с той лишь разницей, что это касается уже только Российской Федерации. В то время необходимо было решить две геополитические задачи, чтобы успешно проводить национальную политику и составить реальную конкуренцию США на мировой арене. Первая заключалась в усилении позиций на Евразийском континенте, другая — в создании условий для беспрепятственного выхода в Мировой океан.



**Рис. 1.** В президиуме конференции (слева направо): заместитель Главнокомандующего ВМФ адмирал М. Г. Захаренко и вице-адмирал академик А. А. Саркисов

В ответ на агрессивные устремления США и стран НАТО, опутавших СССР и дружественные ему государства сетью военно-морских баз с постоянным присутствием части своих ударных сил в ближней морской зоне, готовых к нанесению ядерных ударов по нашей территории, советскому ВМФ было предписано начиная с 1964 г. перейти на несение постоянной боевой службы в международных морских водах. С 1965 по 2000 г. отечественными подводными лодками совершено 3800 походов на боевую службу, из них около трети — ракетными подводными лодками стратегического назначения, около четверти — многоцелевыми атомными подводными лодками и более 40 % — дизель-электрическими подводными лодками. Однако в этот период система обеспечения боевых кораблей (тыловые и технические службы, судоремонтные предприятия, научные разработки) не была

готова к столь высокому и постоянному напряжению сил, действующих по назначенным циклам. Причина в том, что в процессе строительства советского ВМФ, в погоне за увеличением общего количества боевых единиц основные финансовые средства выделялись на ударную подсистему (корабли и оружие), а береговая инфраструктура, системы обеспечения развивались по остаточному принципу. Именно поэтому, не выдержав огромного напряжения, через три десятка лет боевая служба стала свертываться, а после распада Советского Союза к концу 90-х годов была свернута окончательно. И только сейчас она постепенно начинает восстанавливаться. Эти ошибки, считает М. Г. Захаренко, следует учесть при строительстве будущего ВМФ России и создавать его как единую, сбалансированную систему, реализующую конкретную цель. Начать необходимо именно с цели, так как только она является системообразующим фактором.

К концу 80-х годов при сложившемся балансе потенциалов флотов СССР и США мы стали резко отставать в деле их реализации, что лишало какого-либо смысла само понятие «паритет». Причины, по которым невозможно было реализовать полностью военно-морской потенциал, связаны с тем, что у СССР отсутствовала эффективная система освещения подводной обстановки, хотя мы и имели большое количество обнаружений иностранных АПЛ. Кроме этого, повышенная шумность ракетных подводных лодок стратегического назначения не обеспечивала достаточной скрытности их действий, имели место также недостатки в системе управления силами, отсутствие надежной системы указания цели для наших атомных подводных лодок с крылатыми ракетами при поражении авианосных группировок.

В настоящее время многое из ранее задуманного реализуется на практике при осуществлении национальной морской политики и обеспечении безопасности государства. По решению Президента России в рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан» идет процесс формирования Единой государственной системы освещения надводной и подводной обстановки. В этом вопросе практическую помощь и поддержку оказывают Минэкономразвития РФ и Российская академия наук.

Флот продолжает строиться, новые корабли имеют более совершенные тактико-технические характеристики. В докладе отмечены новые ракетные подводные крейсера с ракетным комплексом «Булава», которые создаются под непосредственным руководством академика С. Н. Ковалева, многоцелевые атомные подводные лодки проекта 885 и дизельные проекта 677.

Сейчас уже сформированы принципы перспективной кораблестроительной программы. Суть состоит в том, чтобы, опираясь на минимально достаточный ядерный потенциал, новейшие достижения научно-технического прогресса в развитии вооружения и на метод программно-целевого планирования, создать качественно новые корабли всех классов, подклассов и типов, но главное, сформировать систему всестороннего обеспечения на весь их жизненный цикл. Решение данной задачи позволит гарантировать сбалансированное развитие флотов, боевых и обеспечивающих систем вооружения, сохранить единый темп восполнения, эксплуатации и утилизации корабельного состава.

Докладчик особо подчеркнул, что при проектировании новых подводных лодок получили приоритетное развитие наиболее совершенные ракет-



**Рис.2.** Участники конференции (слева направо): академики Ф. М. Митенков, Н. С. Хлопкин, С. Н. Ковалев

ные комплексы, разнообразные радиотехнические и радиоэлектронные средства, боевые информационные управляющие системы нового поколения. Значительно повышены конструктивные возможности современных подводных лодок по обеспечению их надежности, безопасности и эксплуатационной пригодности.

В следующих «новостройках» планируется внедрять еще более совершенные технические и технологические решения. К ним относятся улучшенные методы гидродинамического проектирования, материалы с заданными и управляемыми свойствами, достижения в области нанотехнологий и в разработке анаэробных энергетических установок, а также снижение избыточного ресурса и веса основного оборудования подводных лодок. Продолжается научный поиск в целях снижения параметров акустического поля будущих подводных лодок. В частности, речь идет о разумном снижении их запаса плавучести, а значит, водоизмещения и размеров, о более широком внедрении односальных двигателей и др. Особенно внимательно командование ВМФ следит за внедрением новейших разработок в сфере информатики и системотехники. Продолжается развитие и освоение автономных необитаемых подводных аппаратов. В этой области отмечены заслуги Дальневосточного отделения РАН, руководимого академиком В. И. Сергиенко.

Подводный флот России может решать задачи не только укрепления обороноспособности страны, но и обеспечения ее экономического развития. Так, для закрепления государственной границы в Арктике по границе континентального шельфа нужно представить в комиссию ООН детальные карты рельефа дна в оспариваемой зоне, в которой сосредоточены огромные запасы углеводородного сырья. Так как в большинстве своем эта территория находится подо льдом, то задачу систематического промера дна могут выполнить только атомные подводные лодки. Эти вопросы сейчас прорабатываются Главным штабом ВМФ.

В выступлении вице-адмирала академика А. А. Саркисова ярко показана роль Российской академии наук, ее выдающихся ученых в развитии отечественного подводного флота. Связь РАН с ВМФ всегда обеспечивала эффективное решение задач по развитию всех родов сил ВМФ и наиболее интенсивно — подводных сил. Тесное взаимодействие науки с флотом в полной мере проявилось в эпоху научно-технической революции, начало и бурное развитие которой пришлось на годы конфронтации между двумя противостоящими блоками мировых держав.

Великие открытия в области ядерной физики, которые явились базой создания корабельной ядерной энергетики, коренным образом изменили облик подводного флота и повысили его боевые возможности. Исключительная роль в решении этой проблемы принадлежит академику А.П. Александрову, которого по праву называют отцом корабельной ядерной энергетики. Неоценим вклад в создание и развитие ядерных энергетических установок подводных лодок и многих других ученых нашей академии, в ряду которых необходимо назвать имена академиков А. И. Лейпунского, Н. А. Доллежала, Г. И. Марчука, Ф. М. Митенкова, В. И. Субботина, Н. С. Хлопкина. Выдающиеся результаты были получены учеными СО РАН в области обеспечения высоких скоростей подводных лодок и морского оружия — о них во вступительном слове упоминал академик Н. Л. Добрецов.

Обеспечение скрытности подводных лодок, так же как и разработка эффективных средств их обнаружения, оказалось чрезвычайно сложной проблемой, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных и прикладных исследований. Из новых направлений в рамках этой программы А.А. Саркисов отметил исследования процессов, возникающих при прохождении подводных лодок на поверхности, в приповерхностном слое и в толще океана, которые могут обнаруживаться средствами противолодочной обороны; разработку новых физических принципов создания корабельных, авиационных и космических систем обнаружения атомных подводных лодок по их кильватерному следу, а также по измерению параметров других сопутствующих физических полей. Конечным результатом исследований явилась разработка практических методов снижения шумности отечественных подводных лодок и создание приборов и систем обнаружения подводных лодок вероятного противника.

Проблемы связи, которая обеспечивала управление подводными лодками в удаленных районах Мирового океана, всегда имели первостепенное значение для Военно-Морского Флота. Для их решения была инициирована и поддержана масштабная программа фундаментальных и прикладных ис-

следований, научное руководство которыми возглавил крупнейший специалист в области радиотехники академик В.А. Котельников. Из наиболее важных исследований, выполненных в рамках этой программы, можно отметить, например, работы по созданию каналов связи в диапазоне сверхнизких частот, а также в диапазонах сейсмических и гидроакустических волн. Исследования в области оптического (лазерного) излучения и создание лазерных линий связи открыли возможности обеспечения связи с подводными лодками, находящимися практически во всех районах Мирового океана.

Выдающимся научным достижением фундаментального характера явилось открытие в 1946 г. сверхдальнего распространения звука в море — так называемого подводного звукового канала — сделанное будущим академиком Л. М. Бреховских, Л. Д. Розенбергом, Б. И. Карловым и Н. И. Сигачевым в ходе организованной ВМФ первой гидроакустической экспедиции в Японском море. Это открытие сыграло большую роль как в обеспечении скрытности подводных лодок, так и в методах их обнаружения, а также нашло применение в решении навигационных задач и создании систем подводной связи.

Интенсивное развитие таких научных дисциплин, как гидрофизика, оптика, химия, биология, геология морей и океанов, в значительной степени инициировалось потребностями ВМФ. В частности, возникло и получило мощное развитие в рамках физики океана такое новое научное направление, как гидроакустика. Сегодня гидроакустика представляет вполне оформившуюся самостоятельную область научных знаний со своими оригинальными физическими и математическими методами, оснащенную богатым инструментарием для экспериментального изучения закономерностей распространения звука в морской среде.

Другой пример возникновения нового научного направления, стимулированного интересами развития флота, связан с гравиметрией. Мощным толчком для ее развития стали выдвинутые флотом повышенные требования к точности определения места старта и стартовой вертикали при пуске баллистических ракет с подводных лодок. Это, в свою очередь, потребовало детального изучения аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане, что явилось очень сложной научной задачей и определило развитие специальных теоретических подходов, а также соответствующей экспериментальной техники.

Далее А. А. Саркисов отметил исключительно большую роль академических научных советов как основных координирующих звеньев в обеспечении взаимодействия фундаментальной и прикладной науки, эффективным использованием научных достижений в строительстве подводных лодок, при создании для них новых образцов техники и вооружения. Особо отмечена деятельность Научного совета по комплексной проблеме «Гидрофизика», созданного в 1967 г. Первым председателем совета был академик Б.П. Константинов, в 1970 г. его возглавил академик А. П. Александров, в настоящее время им руководит академик А. В. Гапонов-Грехов. Решением многих актуальных проблем в интересах ВМФ занимался и Научный совет по проблемам гидродинамики, созданный в 1960 г., первым председателем которого был академик М. А. Лаврентьев. В конце 70-х годов был образован

Научный совет по проблемам связи с глубоководными подводными лодками, находящимися на боевой службе в районах боевого патрулирования. Большую роль в организации совета и его дальнейшей работе сыграл его председатель академик В.А. Котельников. Проблемами применения вычислительной техники и использования математических методов занимался Научный совет по прикладным проблемам, образованный в 1967 г. Его первым председателем был известный специалист в области математики и кибернетики академик В. М. Глушков.

В те годы, решая общую большую задачу, рука об руку работали Главкомат Военно-морского флота во главе с С. Г. Горшковым и возглавляемый академиком А. П. Александровым главный штаб отечественной науки — Академия наук СССР.

В выступлении генерального конструктора всех атомных подводных лодок ВМФ СССР и России, вооруженных баллистическими ракетами, академик С. Н. Ковалев провозгласил, что за 100 лет существования российского подводного флота было построено 1158 подводных лодок. О наиболее ярких показателях работы нашей промышленности свидетельствует тот факт, что в 1955 г., всего через 10 лет после окончания Великой Отечественной войны, были сданы флоту 74 неатомные подводные лодки, а в 1971 г. — 12 атомных подводных лодок, в том числе 6 стратегических — проекта 667А.

При этом выступающий отметил, что если самые первые подводные лодки были, можно сказать, на уровне изобретательства, то с освоением дизель-электрической энергоустановки сформировался определенный тип дизель-электрических подводных лодок, которые в ходе двух мировых войн постепенно технически совершенствовались. Ученым и строителем первых боевых подводных лодок был И. Г. Бубнов, труды которого по подводному кораблестроению актуальны и в наше время. Строительство дизель-электрических подлодок продолжается и сегодня с учетом новейших достижений в энергетике, радиоэлектронике, вооружении и других областях науки и техники.

С развитием средств радиоэлектронного обнаружения остро встал вопрос о длительности нахождения подводных лодок в подводном положении и возможности все это время иметь высокие скорости движения. В связи с этим интенсивно проводились исследования с целью обеспечения работы тепловых двигателей, находящихся под водой. Они велись в двух основных направлениях: использование жидкого кислорода для работы дизелей в подводном положении и высококонцентрированной перекиси водорода для работы парогазовой турбинной установки. И такие подводные лодки в 50-е годы нами были созданы. Правда, значительный прогресс в подводной технике, в том числе освоении маневрирования на больших скоростях подводного хода, не решил проблемы длительного подводного плавания, к тому же эти лодки были пожароопасны. Кардинально задача была решена только с освоением и внедрением на подводные лодки ядерной энергетики. «Отцом» АПЛ является академик А. П. Александров.

Создание атомных подводных лодок, способных неограниченное время находиться в подводном положении, было связано с необходимостью решения ряда сопутствующих проблем, включая кондиционирование воздуха, применение воздушных фильтров, газоанализ, создание оборудования с по-



вышенным ресурсом, усовершенствование гидроакустических, навигационных и связных комплексов и многое другое. В ходе освоения ядерных энергетических установок решались задачи повышения их надежности, безопасности, увеличения ресурса работы, и они были решены путем выбора рабочих режимов и материалов для изготовления оборудования.

Наиболее остро стояла проблема снижения шумности АПЛ. К моменту начала их массового строительства мы не имели ни теории, ни статистики по этой теме. Теорией подводной шумности занимались видные ученые академики А. П. Александров, А. В. Гапонов-Грехов, а также научные и производственные организации — Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, Акустический институт им. Н. Н. Андреева, ЦНИИ им. А. Н. Крылова, ЦКБ-проектанты и многие другие. Совместными усилиями теоретиков и практиков шумность подводных лодок второго и третьего поколений была снижена в 30 раз по сравнению с шумностью первых подводных лодок.

Очевидно, что подводные лодки пятого поколения не будут строиться большими сериями, поэтому техническое совершенство и эффективность каждого экземпляра приобретут большое значение. Для этого нужны новые идеи и технологии, которые специалистами уже прорабатываются. Но послевоенный опыт создания подводного флота в СССР и в США показывает, что успеха можно добиться только за счет мобилизации усилий науки и промышленности. Для этого необходимо развернуть научные исследования и восстановить промышленный потенциал страны, хотя бы до былого уровня, конечно, на новой технологической базе.

Выступая на конференции, академик Ф. М. Митенков сказал, что развитие корабельных ядерных энергетических установок (ЯЭУ), начиная с подводной лодки проекта 627 (главный конструктор установки — академик Н. А. Доллежал), имеет уже полувековую историю. После системного анализа полученного за это время опыта можно подвести итоги с выделением узких мест эксплуатируемых ЯЭУ. При проектировании новых установок данного типа следует обратить внимание на узкие места в ЯЭУ третьего поколения. К ним относятся необходимость дальнейшего повышения уровня безопасности ЯЭУ для персонала и окружающей среды (при этом систему защитных барьеров нужно формировать, исходя из наиболее опасного физически возможного аварийного состояния реактора); гарантированное исключение засоления теплообменной поверхности парогенераторов из-за некачественной питательной воды; исключение флюенса нейтронов из числа факторов, ограничивающих срок службы корпуса реактора; обеспечение энергозапаса реактора на весь срок службы без перегрузки; создание системы автоматизированного контроля расхода ресурса критического оборудования с оценкой остаточного ресурса.

Данный анализ дает возможность обоснованно определить направления дальнейшего совершенствования ЯЭУ. Одним из них можно считать переход к проектированию ЯЭУ как единого, целого объекта вместо отдельных, автономных частей. При этом целесообразно применить не блочную, а интегральную компоновку реакторной установки.

Одним из факторов, определяющих выбор перспективных направлений развития корабельной ядерной энергетики, является периодичность ее обновления и серийность производства ЯЭУ. В сложившихся в стране услови-

ях нет оснований предполагать, что темпы обновления ЯЭУ и масштабы их серийного производства могут возродиться. Поэтому при прочих равных условиях предпочтение должно отдаваться проекту, который потребует меньших затрат и сроков на подготовку производства при обеспечении ВМФ новыми корабельными ЯЭУ. Проектные разработки и соответствующий сравнительный анализ, выполненные в ОКБ машиностроения им. И. И. Африкантова, показывают, что возможны такие конструктивные решения интегрального реактора, которые при внесении изменений относительно слабо влияют на подготовку уже существующего производства. Например, выполненные в ОКБМ им. И. И. Африкантова проектные разработки интегрального реактора показали, что, только несколько увеличив высоту корпуса реактора в цилиндрической части, можно повысить паропроизводительность в 2 раза. Насыщающее оборудование (парогенератор, активная зона, органы управления) при этом претерпевает изменения также только по высоте при сохранении конструктивных и технологических решений. Мощность главного циркуляционного насоса, соответственно, увеличивается. Очевидно, что такой реактор вплотную приближается к универсальному для весьма широкого диапазона мощности.

При создании материалов для подводного флота страны широко использовались современные достижения науки в этой области. Только на их основе удалось решить комплексные проблемы и обеспечить высокие тактико-технические требования, предъявляемые к кораблям и корабельным конструкциям. Об этом говорил в своем докладе академик И. В. Горынин. При создании высокопрочных сталей для корпусов подводных лодок первого поколения пришлось столкнуться с таким научным парадоксом, как получение схемы легирования стали, которая бы удовлетворяла совершенно взаимоисключающим требованиям. И это удалось решить на основе использования низкоуглеродистых хромоникельмолибденовых композиций сталей, упрочняемых путем закалки высокого отпуска с дополнительным эффектом вторичного твердения.

Одним из важных направлений науки о материалах явилось создание титановых сплавов для подводного флота, чтобы обеспечить погружение подводных лодок на большие глубины. Для решения этой проблемы была разработана специальная теория легирования и термопластической обработки на основе физического взаимодействия легирующих элементов в пределах альфа- и псевдоальфа-твердых растворов, а также создана гамма морских конструкционных титановых сплавов с пределом текучести от 400 до 900 МПа. В итоге на службе ВМФ появились подводные лодки с титановыми корпусами: самая скоростная подводная лодка проекта 661 (глубина погружения 400 м), серия высокоавтоматизированных подводных лодок проекта 705 (400 м), серия подводных лодок проекта 945 (600 м), подводная лодка «Комсомолец» (1000 м), глубоководный аппарат «Русь» (6000 м). В ходе работы сформировалась новая металлургическая подотрасль по производству титановых листов, профилей, поковок, отливок и др. За эти годы изготовлено около 500 тыс. тонн таких сплавов.

Кроме того, для трубных систем парогенераторов ЯЭУ были разработаны теплопрочные и коррозионно-стойкие титановые альфа-сплавы, что

обеспечило решение сложнейшей проблемы — увеличения срока эксплуатации парогенераторов до 120–150 тыс. часов, это стало соизмеримо со сроком службы корабля.

В основу создания корпусов реакторов положено требование высокой радиационной стойкости до флюенса  $3 \times 10^{20}$  нейтр./см<sup>2</sup>. Вскоре появились теплоустойчивые высокопрочные свариваемые стали с исключительно низким темпом радиационного охрупчивания (коэффициент  $A_F$  - 10-12). Результат был достигнут за счет выбора Cr-Mo-V-композиции и обеспечения высокой чистоты стали по вредным примесям (фосфора меньше 0,007 %).

Прорывным направлением в разработке металлических материалов для подводного кораблестроения явилось создание азотистых сплавов железа, в которых, в отличие от стали, углерод заменен азотом. Это принципиально меняет характер атомных связей в кристаллической решетке — с ковалентной у стали на металлическую, что, в конечном счете, предопределяет создание совершенно нового класса материалов с исключительными физико-механическими свойствами, превосходящими корпусные стали и титановые сплавы. Намечены и другие направления развития суперсовершенных материалов будущего, использование которых существенно увеличит скрытность и надежность подводных кораблей.

В выступлении академика В. Г. Пешехонова было уделено внимание решению проблемы подводной навигации. Со всей остротой эта проблема встала, когда перед подводным флотом была поставлена задача выйти в удаленные районы Мирового океана, в том числе и в приполюсные районы, покрытые льдом.

Для эффективного нанесения ударов по противнику атомные подводные лодки, вооруженные ракетным оружием, должны с исключительной точностью знать свои ориентиры в море, чтобы часто не всплывать для обсерваций. А для обеспечения старта баллистических ракет из-под воды надо знать более 40 навигационных параметров. Эту сложную задачу решали довольно долго, поэтапно. Результата смогли достичь только с использованием инерциальной системы навигации, научная разработка которой велась в основном под руководством академика А. Ю. Ишлинского. В ходе работ был создан электростатический гироскоп со сплошным ротором для конкретных применений. В настоящее время прибор детально изучен, найдены все закономерности, которые определяют пределы его точностей, вопрос только в том, сколько времени и средств будет потрачено, чтобы это реализовать. Инерциальная система, построенная с использованием таких гироскопов, на современных атомных подводных лодках установлена. Американцы называют ее «звезда в бутылке», это значит, что гироскопы настолько хороши, что ходят стабильно по своим орбитам, как ходят звезды на небосводе, и по этим звездам, находясь в корпусе подводной лодки, можно проводить обсервацию.

Принципы, на которых построены такие гироскопы, используются и в проведении фундаментальных научных исследований. Один из примеров — опыт, поставленный в Стэнфордском университете США, который должен был подтвердить теорию относительности. Там создали систему с четырьмя криогенными гироскопами, помещенными на телескоп, который дает направление на базовую звезду, а гироскопы отслеживают дефор-

мацию пространства (она составляет 4 с/год, по другой оси — на два порядка меньше). В процессе разработки техники для подводного флота удалось создать такие навигационные инструменты, которые открывают новые возможности для фундаментальной науки.

В выступлении А. Г. Лучинина (Институт прикладной физики РАН) освещались вопросы, связанные с научной проблемой снижения уровня физических полей подводных лодок. Важность ее решения в том, что специалисты насчитывают до 40 признаков, по которым подводная лодка может быть в принципе обнаружена. Поэтому развитие средств обнаружения подводных лодок постоянно ставило проблему снижения уровня физических полей. Особую остроту проблема (кстати, тождественная проблеме повышения скрытности) приобрела с появлением атомного флота, обладающего неограниченным районом плавания и ставшего неотъемлемой частью известной триады сил ядерного сдерживания. Для решения научных и инженерных вопросов по этой теме был создан Научный совет по комплексной проблеме «Гидрофизика» при Президиуме АН — межведомственный орган, в работе которого гармонично сочетались усилия ВМФ, промышленности и науки. Рекомендации Научного совета учитывались в ходе строительства и эксплуатации подводных лодок. В конце 80-х появилось понимание того, что акустическое проектирование является неотъемлемой частью общего конструирования. В последнее время в этой области произошли существенные изменения в связи с развитием методов физического и математического моделирования. На основе сочетания таких методов можно построить систему обнаружения источников шума и дифференциального определения вклада каждого из них в общий уровень шумоизлучения.

Тенденция к переходу на активные методы обнаружения, и прежде всего в низкочастотном диапазоне длин волн, влечет за собой проблему корректной оценки (измерения) и затем снижения уровня вторичных полей. Эта проблема многогранна, и к ней надо приступать немедленно, если мы не хотим безнадежно отстать, подчеркнул А. Г. Лучинин. Необходимо также начать поиск возможных путей снижения локационной уязвимости подводных лодок, в частности создания аналогов стелсовских технологий (возможно, с применением интеллектуальных покрытий, сочетаемых по функциям с гидроакустическим вооружением подводных лодок).

В настоящее время нужна разработка идеологии и создание бортовой системы самоконтроля генерируемых лодкой физических полей и, в более широком смысле, контроля скрытности по отношению к системам обнаружения по первичным и локационным полям. С помощью такой системы будет оцениваться скрытность подводной лодки, находящейся в автономном плавании, без поддержки каких-либо береговых или надводных средств. Состав системы должен предусматривать полный набор датчиков, контролирующих собственные (первичные) физические поля, а также параметры среды, определяющие возможность обнаружения подводной лодки активными и пассивными средствами вероятного противника. Естественно, что кроме магнитометрии и «привычной» акустики (оценки и контроля шумоизлучения и внешних акустических полей средств активной гидролокации) желательно оценивать скрытность по отношению к средствам обнаружения

по другим полям. Представляется, что основной функцией такой интеллектуальной системы должна быть оценка обстановки и вероятности обнаружения подводной лодки в районе ее нахождения и выработка рекомендаций по маневрированию для снижения этой вероятности до допустимых значений в зависимости от окружающей обстановки и предполагаемого наличия средств обнаружения. Докладчик также отметил, что по ряду направлений удалось выйти на высокий уровень научных и технологических разработок, несмотря на продолжающееся свертывание фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в интересах ВМФ.

Эволюция подводных лодок и развитие средств радиосвязи тесно взаимосвязаны, отметил вице-адмирал А.Г. Долбня, начальник связи ВМФ. С первых дней существования подводных лодок их эффективность как боевых кораблей была связана с готовностью получать приказы посредством появившегося тогда нового способа передачи сигналов — радио. С развитием средств связи шел поиск путей сокращения времени излучения радиосигналов в эфир и времени пребывания подводной лодки в надводном или перископном положении в условиях ведения связи. Это становится главной задачей наряду со своевременной и надежной передачей сигналов и сообщений. Совместно со строительством береговых объектов связи шло оснащение подводных лодок мощными коротковолновыми передатчиками, аппаратурой сверхбыстродействующей связи и буксируемыми антенными устройствами.

К началу 70-х годов в целом сложился современный облик глобальной системы связи ВМФ. Была в основном решена задача обеспечения своевременной, достоверной и скрытной связью подводных лодок практически в любой точке Мирового океана. Неоценимый вклад в это внес созданный в 1978 г. Научный совет АН СССР по комплексной проблеме дальней связи с глубокопогруженными подводными лодками во главе с вице-президентом АН СССР академиком В. А. Котельниковым. Совет объединил научный потенциал страны в области связи для решения наиболее сложных проблем. Исследования охватывали практически весь спектр радиочастотного диапазона — от крайне низких до оптических частот, гидроакустические и сейсмические поля и связанные с их освоением и внедрением в действующую систему связи ВМФ сопутствующие проблемы.

Так, в результате работ в этой области в 1985 г. вступил в строй экспериментальный центр дальней связи на сверхнизких частотах на Кольском полуострове. Антенная система центра в виде двух параллельных линий электропередачи длиной около 60 км каждая обеспечила возможность одновременной работы двух модулей по 2.5 МВт со сложением их мощностей в пространстве.

В настоящее время основное направление научных исследований и дальнейшее развитие системы связи ВМФ состоит в обеспечении управления действиями подводных лодок в Мировом океане с использованием самых современных и перспективных комплексов.

Заместитель начальника Радиотехнического управления ВМФ капитан I ранга Г. К. Исламгалиев в своем выступлении отметил, что целенаправленные научные исследования и работы в интересах создания отечественного радиоэлектронного вооружения (РЭВ) для подводных лодок начались

в 1932 г. с образованием Научно-исследовательского морского института связи, руководство которым было поручено будущему академику А.И. Бергу. Первоначально предпочтение отдавалось зарубежным образцам или их аналогам. По оценкам зарубежных специалистов-аналитиков, технологическое отставание России в области гидроакустики по сравнению с США и Англией к 1941 г. составляло 25 лет. В 1943 г. в целях обеспечения боевых действий маневренных сил флота были приняты особые меры по развитию отечественной радиоэлектронной промышленности, созданию при Главкомате ВМФ отдела спецприборов, в конечном итоге преобразованного в Радиотехническое управление ВМФ.

Послевоенный период характерен развитием научно-технического потенциала в интересах разработки первых отечественных образцов РЭВ для дизель-электрических подводных лодок и первых атомных подводных лодок, началом их серийного производства и освоением на флотах, а также реализацией первой государственной программы специальных исследований океана, нацеленной на достижение высоких тактико-технических характеристик радиоэлектронных средств ВМФ и повышение эффективности их боевого использования.

Совершенствование РЭВ шло по пути достижения физически возможных характеристик обнаружения целей за счет расширения частотного диапазона, повышения скрытности и помехоустойчивости при снижении массогабаритных характеристик, энергопотребления, реализации принципов унификации и стандартизации, повышения надежности и удобства эксплуатации. В целом, РЭВ, созданное в конце 50-х годов для первого поколения атомных подводных лодок, по своим тактическим характеристикам уже не уступало аналогичным средствам «вероятного противника». В этот период под флагом Академии наук СССР начался процесс изучения Мирового океана как канала распространения акустических и электромагнитных сигналов. Была сформирована научная теория распространения звука в глубоком море, основанная на учете слоистой структуры среды, приводящей к формированию зон освещенности и тени. Основоположники этой школы — академик Л. М. Бреховских, профессора Ю. М. Сухаревский и В. Н. Тюлин.

Результаты вышеуказанных исследований открыли путь к созданию систем и комплексов с большой дальностью действия. Была разработана программа исследований, охватившая основные направления в области физической гидроакустики, технологии, системотехники, вычислительной техники, электроники. На основе углубленных исследований закономерностей распространения звука в Мировом океане была решена задача обнаружения малозумных подводных лодок и надводных кораблей в дальних зонах акустической освещенности, в том числе с использованием гибкой протяженной буксируемой антенны, с обеспечением автоматизации процессов вторичной обработки информации и ряд других.

Исследования в ходе создания более совершенных РЛС основывались на общих теоретических предпосылках обеспечения скрытности, разработанных под руководством академика В.А. Котельникова в научно-исследовательских работах институтов Академии наук, ряда вузов и отраслевых институтов. В этом отношении мы были впереди зарубежных стран.

Начало 60-х годов ознаменовалось применением на подводных лодках электронно-вычислительных управляющих систем, опыт создания и использования которых сыграл определяющую роль в деле создания боевой информационно-управляющей системы подводных лодок различного назначения. В ходе проведенного в 70-х годах большого цикла теоретических и экспериментальных исследований была дана принципиально новая интерпретация механизма образования гидрофизических аномалий, связанных с кильватерным следом подводных лодок. Их результат привел к созданию станций обнаружения кильватерного следа, принятых на вооружение подводных лодок ВМФ в 1983 г. При боевом использовании станции показали высокую эффективность обнаружения «следных» аномалий подводных лодок и усовершенствовали противолодочные действия.

Современные средства радиоэлектронного вооружения надежно выполняли и продолжают выполнять первичную и основную функцию в вооруженной борьбе на море — освещение изменений подводной, надводной и воздушной обстановки, выдачу целеуказания ракетному и другому оружию, установленному на подводной лодке (гидроакустические, оптоэлектронные, радиолокационные, радиогидрофизические средства, включая методы и аппаратуру противодействия наблюдению и применению противником средств поражения).

После окончания работы конференции ее участникам были вручены награды. В соответствии с приказом главнокомандующего ВМФ за заслуги в укреплении боевой готовности ВМФ медалью Министерства обороны «Адмирал Кузнецов» награждены академики С. Н. Ковалев, Ф. М. Митенков, В. М. Пашин, В. Г. Пешехонов, И. Д. Спасский; за большой личный вклад в строительство кораблей для ВМФ медалью Министерства обороны «Адмирал Горшков» награждены академики В. А. Акуличев, Ж. И. Алферов, Ф. В. Бункин, А. В. Гапонов-Грехов, И. В. Горынин, Н. П. Лаверов, Г. И. Марчук, А. С. Монин, Б. Ф. Мясоедов, А. И. Савин, А. А. Саркисов, В. И. Субботин, В. Е. Фортов, К. В. Фролов, Н. С. Хлопкин, члены-корреспонденты В. А. Зверев, Н. С. Лидоренко, Ю. С. Соломонов.

Подводя итоги конференции, можно сказать, что с начала XX столетия в создание российских подводных лодок вкладывались самые современные для тех лет достижения научной и инженерной мысли, уникальные конструкторские и технологические решения. Работы по проектированию и строительству подводных лодок послужили мощным толчком к развитию многих областей научных знаний и отраслей промышленного производства. Создание подводных лодок опиралось на фундаментальные науки, в свою очередь совершенствование подводных лодок стимулировало развитие фундаментальных наук.

## Феномен АП\*

Уважаемый Николай Николаевич, уважаемые коллеги! Я считаю, что постановка темы на наш «круглый стол» является исключительно точной, потому что по совокупности решенных научно-технических задач государственного уровня Анатолий Петрович представляет собой уникальную личность и уникальное явление в истории нашей отечественной науки. Вчера много говорилось о различных направлениях деятельности Анатолия Петровича и достигнутых им блестящих результатах. Есть смысл конспективно в один блок свести все это и назвать наиболее крупные его дела.

Первое — это начатые им до войны и продолжавшиеся во время войны работы по размагничиванию кораблей Военно-Морского Флота, которые позволили сохранить фактически тысячи жизней моряков и сотни кораблей Военно-Морского Флота. Эти работы обеспечили защиту наших кораблей от наиболее мощного и грозного в то время оружия противника, каким являлись магнитные мины. Памятником этому выдающемуся достижению Анатолия Петровича Александрова является то, что в настоящее время на флотах существует обыденная служба, к которой все привыкли, а именно служба защиты кораблей. В технических управлениях наших флотов, в Главном техническом управлении есть специальные отделы, осуществляющие защиту кораблей по физическим полям. И все это — материальное наследие научного подвига Анатолия Петровича.

Следующее его крупнейшее достижение исторического масштаба — это создание в нашей стране атомного подводного флота. Я думаю, этот подвиг Анатолия Петровича в должной мере еще не осознан и не оценен. Мне часто приходится бывать за рубежом, и американские коллеги нередко задают мне вопрос, зная, что я почти 50 лет прослужил в Военно-Морском Флоте: а кто является русским РикOVERом? Я без всяких колебаний отвечаю: русским РикOVERом является наш Анатолий Петрович Александров, но он значительно больше, чем РикOVER, потому что РикOVER решал одну задачу — создание атомных подводных лодок, а в активе Анатолия Петровича имеются еще много других решенных им задач такого же уровня. Как американцы чтят своего создателя атомных подводных лодок! Он является национальным героем и национальным достоянием. Еще в 1982 г. была издана книга, которую я специально с собой прихватил «Х. РикOVER. Poleмика и Гениальность». Эта книга объемом 750 страниц является не единственной книгой, которая описывает достижения и заслуги Хьюми РикOVERа перед своей страной. Спустя десять лет после этой книги вышла книга Тома Кленси. Вы знаете этого автора, он написал в свое время боевик «Охота за «Крас-

---

\* (Выступление на круглом столе «Атомная энергетика XXI века и феномен А.П. Александрова» в рамках научной конференции «Атомная наука, энергетика, промышленность», посвященной 100-летию со дня рождения академика А.П. Александрова, 12—14 февраля 2003 г., Москва, РНЦ «Курчатовский институт»)



ным Октябрем», очень популярный американский писатель. Вот он написал книгу-путеводитель по отсекам внутри атомного корабля, книгу об атомных подводных лодках. Это по существу историко-технический очерк, довольно сухой, но эта книга стала настоящим бестселлером, она издана в США огромным тиражом, и многие американские граждане считают своим долгом иметь эту книжку у себя дома.

Следующее достижение Анатолия Петровича, уникальное по своему значению и не повторенное нигде — это создание атомного ледокольного флота. Атомный ледокольный флот является единственным в мире, он является уникальным примером применения атомной энергетики в коммерческих целях на транспорте и при этом экономически вполне эффективным. А если учесть роль атомных ледоколов в освоении наших богатств в Арктическом регионе, то можно говорить о том, что создание атомного ледокольного флота является задачей, решающей стратегически важную экономическую проблему.

Всем известна огромная роль Анатолия Петровича Александрова в развитии нашей широкомасштабной атомной энергетики. Я думаю, что об этом еще скажут участники «круглого стола».

В последние годы он очень активно занимался проблемой снижения шумности подводных лодок. Вы знаете, какая это острая проблема. Успешное решение этой проблемы непосредственно связано с эффективностью боевого использования подводной составляющей нашей стратегической ядерной триады. Без преувеличения можно утверждать, что эта проблема имеет важное государственное значение. Анатолий Петрович создал и возглавил уникальный по своим возможностям и по концентрации научного потенциала Научный совет Академии наук СССР по гидрофизике Океана. За время его работы удалось снизить давление акустических волн в восемь раз, а соответственно шумность — почти в полтора раза и больше. Эти работы нельзя считать до конца законченными, но не закончены они только потому, что ушел Анатолий Петрович, а после него, к великому сожалению, полноценной замены в качестве руководителя такого очень сложного научного совета не нашлось.

Я не могу не сказать о его огромной роли как президента Академии наук СССР, как великого президента Академии наук. Его именно так и называют: «Великий президент Академии наук», потому что он был, во-первых, непререкаемым авторитетом, а во-вторых, он очень много сделал для того, чтобы поднять в эти годы застоя работу Академии наук на новый, более высокий уровень.

Вот теперь давайте задумаемся на минуту и спросим себя, можно ли назвать другого деятеля отечественной науки, который имел бы в своем активе такой букет выдающихся научных и практических достижений. Я, например, такого второго человека просто назвать не могу. Отсюда и возник этот вопрос: в чем же феномен Анатолия Петровича, почему одному человеку удалось сделать так много. Исчерпывающий ответ на этот вопрос дать, конечно, очень трудно. Но я все же попытаюсь отметить некоторые качества Анатолия Петровича, а также некоторые обстоятельства его жизни, которые могли бы помочь найти ответ на этот вопрос.

Первое. Анатолий Петрович был, безусловно, великим гражданином своей Родины, был патриотом. Усилиями реформаторов это слово, так сказать, затерто, и даже в их устах это стало неким ругательством. Если хотите, я его обойду и назову так: он обладал исключительным чувством гражданской ответственности перед своей страной, поэтому он умел выбирать наиболее актуальные проблемы, за которые брался, актуальные и для обороны страны, и для экономики страны.

Сам он об этом говорил со свойственным ему юмором. У меня есть стенограмма речи, которую он произнес 2 июля 1971 г. в ленинградском Доме ученых, когда отмечалось 30-летие службы защиты кораблей. Эта речь не издана, ее записал на магнитофон начальник кафедры защиты кораблей Военно-морской академии Вадим Борисович Ярцев, и она находится у него просто в записи. Вот он мне переписал и дал. Я думаю, что она достойна того, чтобы ее отпечатать и сделать достоянием других людей. В этой речи Анатолий Петрович рассказывает, почему он взялся за решение проблемы размагничивания кораблей. К нему по поручению Абрама Федоровича Иоффе пришел инженер Александр Александрович Кортиковский. «Это был уже очень пожилой человек, — вспоминает Анатолий Петрович. — И вот, он стал с нами советоваться. Иоффе привел его прямо ко мне в лабораторию, потому что знал, что всеми легкомысленными предприятиями я обычно с охотой занимался». Это свойственный Анатолию Петровичу ироничный стиль, а на самом деле он сразу же почувствовал важность этой проблемы и охотно взялся за нее, а впоследствии ее блестяще разрешил.

Иллюстрацией высокой гражданской ответственности Анатолия Петровича может служить следующий факт. Когда в Академии наук велась активная кампания по привлечению атомной отрасли как предмета компетенции Академии наук, Анатолий Петрович на первом этапе этому препятствовал и отвечал на все подобные предложения одной фразой: «Не суйте свой нос в атомную энергетику». Я думаю, что он говорил это не потому, что преувеличивал свои возможности решения проблем атомной энергетики без помощи Академии наук. Я думаю, здесь было и другое соображение. Он был очень ответственным человеком, очень дисциплинированным гражданином своей страны, и он боялся расползания сведений об атомной технике за пределы Министерства среднего машиностроения. Все хорошо знают, что атомная энергетика и военное применение атомной энергии очень тесно переплетены, а он всегда с огромной ответственностью относился к тому, чтобы сохранить закрытость сведений, которые имели большое значение для обороны страны.

Вторая его совершенно уникальная особенность — умение доводить дело до конца. Он мог для достижения цели сосредоточить усилия очень многих организаций, привлечь очень многих ученых, которые его слушали в силу его огромного авторитета. Он обладал совершенно исключительными организаторскими качествами. В частности, таким важным для успеха дела качеством, как умение решать вопросы в высших инстанциях. Дело в том, что Анатолия Петровича любили очень многие руководители нашего государства, уважали его, признавали его огромный авторитет, и слово Ана-

толия Петровича было для них очень важным для того, чтобы принять то или иное решение.

Считаю, что немаловажным фактором, обеспечившим такую плодотворность Анатолия Петровича, является его также отменное здоровье. Я опять цитирую его речь в Доме ученых, он ее начал так: «Мне было очень приятно получить приглашение на эту встречу и очень приятно встретить здесь многих из тех, с кем мы, действительно, 30 лет тому назад и даже больше начинали эти работы. Так как я, по всей видимости, уже должен скоро окочуриться, исходя из средней продолжительности жизни, то, вероятно, не мешает вспомнить начало этих работ, потому что сейчас они буквально во всем, что приходится читать, освещаются совершенно неправильно». Это он говорил в 1971 г., а скончался через 20 лет с лишним.

Огромное здоровье, данное ему природой, позволяло ему очень интенсивно трудиться. Я один раз был поражен степенью его добросовестности. Он в то время был президентом Академии наук и директором Курчатовского института. В начале 80-х годов он поручил мне возглавить комиссию, которая должна была обследовать ташкентский исследовательский реактор с позиции его ядерной и радиационной безопасности. Мы постарались, написали довольно объемный 100-страничный доклад, но, зная о занятости Анатолия Петровича, я, кроме того, на всякий случай, написал небольшую записку на двух страницах с тем, чтобы он прочитал хотя бы выводы. Он принял меня в кабинете в Президиуме Академии наук, взял эту мою коротенькую записку, прочитал, а потом говорит: «Давайте теперь сам отчет». Я передал ему отчет, и он при мне, затратив на это около часа, прочитал весь отчет от первой до последней страницы. Вот такая добросовестность, такая работоспособность (а он даже после ухода со всех постов приходил на работу утром к началу рабочего дня и уходил поздно вечером) явились, конечно, важным обстоятельством, которое обеспечило его замечательные достижения.

Наконец, хочу сказать, что, конечно, очень важным обстоятельством его жизни, которое способствовало эффективности его трудовой и творческой деятельности, оставалась и являлась всегда его семья, большая и дружная семья, которая его очень любила, которую он очень любил, семья, которая его поддерживала во все времена и особенно в трудные времена. Я думаю, что это немаловажное обстоятельство, объясняющее феномен Анатолия Петровича Александра.

Известно, что несколько снарядов в одну воронку не падают. Но случилось так, что в Анатолии Петровиче пересеклись сразу в одной точке очень многие выдающиеся качества, которые и являются источниками этого замечательного человека-феномена, заслуги которого, я считаю, абсолютно недооценены и должны еще изучаться, чтобы воздать ему должное и точнее определить его место и роль в истории отечественной науки и в истории нашей страны в целом.

## Техника без опасности\*

### *Вместо предисловия*

*Ниже приводится полный текст моей статьи, опубликованной в газете «Правда» № 149 (25136) от 29 мая 1987 г., т. е. через один год после крупнейшей техногенной катастрофы на 4-м блоке Чернобыльской АЭС. Требуется, по-видимому, пояснения, почему из множества опубликованных мною работ в научных журналах, а также публикаций в периодической прессе я выбрал именно эту статью для книги воспоминаний. Объяснение заключается в том, что еще задолго до чернобыльской катастрофы я пришел к убеждению, что направленность подготовки специалистов для атомной отрасли должна быть дифференцированной и зависеть от конкретной области деятельности будущего выпускника вуза. Эксплуатационника нельзя готовить по той же программе, что и будущего инженера-конструктора или инженера-исследователя. Интересы обеспечения надежного функционирования такого сложного и потенциально опасного объекта, каким является атомная электростанция, требуют специфической направленности обучения. Эту фундаментальную идею мне удалось реализовать в системе подготовки инженеров для атомного подводного флота, в то время как в гражданских вузах подготовка инженеров осуществлялась по достаточно стандартным программам. При этом отбор специалистов для эксплуатационной деятельности на объектах атомной энергетики производился из общих групп на выпускном этапе обучения в вузе.*

*Кроме того, уроки чернобыльской аварии побудили меня более глубоко и комплексно осмыслить проблемы техногенной безопасности. Результаты моих размышлений и анализа я попытался сформулировать в предельно концентрированной форме в статье, которую решил отправить в центральный орган ЦК КПСС — газету «Правда», пользовавшуюся в те годы огромным влиянием и авторитетом.*

*С моей стороны это был достаточно смелый и, я мог бы сказать, легкомысленный шаг, так как «Правда» публиковала в подавляющем большинстве случаев только специальные заказные статьи.*

*И все же моя статья не затерялась в бесчисленных кабинетах редакции, наверное, по двум причинам: актуальность проблемы и достаточно высокий научный статус автора.*

*Так или иначе, рукопись статьи попала сразу же на стол главного редактора газеты академика К. Т. Фролова, который наложил специфическую резолюцию: «Заведующему отделом науки. Статья пришла самостоим. Прошу внимательно рассмотреть и подготовить предложение».*

*Через несколько дней после отправки в редакцию, к моему большому удивлению, статья была опубликована. Мне ее в тот же день во время обе-*

---

\* Статья, газета «Правда», № 146, 29 мая 1987 г.

да занес кто-то из адмиралов в кают-компанию Военно-морской академии, где я в то время проходил службу в должности заместителя начальника Академии по научной работе.

Перечитав более чем через 20 лет эту статью, я поймал себя на мысли, что и сегодня готов подписаться под каждым из высказанных в ней положений, а актуальность рассмотренных в статье вопросов со временем лишь возросла.

Так как проблемы безопасности созданной современной цивилизацией техногенной сферы становятся с годами все более актуальными и продолжают будоражить не только профессиональное сообщество, но и широкие круги общественности и населения, я посчитал уместным поместить эту статью в разделе книги, где собраны мои выступления по различным дискуссионным проблемам.

Произошедшие в последние годы крупные аварии и катастрофы с большими материальными потерями и человеческими жертвами, несомненно, обострили внимание к проблеме безопасности во всем мире. Однако объективно эта проблема выдвинулась в качестве одной из острейших проблем не в результате имевших место инцидентов, а как неизбежное и закономерное следствие происходящей в мире научно-технической революции.

Высокую потенциальную опасность представляют такие современные промышленные объекты, как крупные гидротехнические сооружения, мощные энергокомплексы и, прежде всего, атомные электростанции, химические комбинаты, комбинаты по производству и переработке ядерного топлива, ракетно-космическая техника. Фактор повышенной опасности — возрастание плотности транспортных коммуникаций на земле, на воде и в воздухе, тенденции современной техники к росту энергонапряженности оборудования, температур, давлений и скоростей, широкое применение новых, в том числе и горючих синтетических материалов — тех, которые в результате пожара выделяют токсичные вещества.

При решении вопросов безопасности пора последовательно применять комплексный подход, при котором одновременно учитываются и технические меры, и человеческий фактор. Подчеркивая именно это принципиальное положение, М. С. Горбачев в выступлении по телевидению в связи с аварией на Чернобыльской АЭС говорил, что в условиях дальнейшего развертывания научно-технической революции вопросы дисциплины, порядка и организованности приобретают первостепенное значение.

Думать о безопасности систем надо уже при их проектировании. Особенно жесткие требования следует предъявлять к качеству строительного-монтажных работ, выбору материалов и точности изготовления, монтажа, тщательности ремонта и реконструкции оборудования. В контроле нуждается и состояние оборудования на всех стадиях его эксплуатации.

Как свидетельствует мировой опыт, объекты, характеризующиеся особо опасными в случае возможных аварий, лучше заключать в герметичные за-

щитные оболочки. Так, защитные оболочки широко используются на атомных электростанциях. Это сплошные железобетонные или металлические сооружения, рассчитанные на давление, возникающее в случае максимальной проектной аварии, на удержание и улавливание радиоактивных продуктов. В СССР при сооружении АЭС реактор, а также оборудование первого контура, которые являются при аварии основными источниками распространения радиоактивности, размещаются в герметичных боксах, снабженных системами снижения давления пара.

Учитывая высокие единичные мощности блоков перспективных АЭС, следовало бы признать необходимым при проектировании новых станций производить всестороннее объективное сопоставление альтернативных вариантов, опираясь не только на отечественный, но и на соответствующий зарубежный опыт.

Принципиальное значение в проблеме безопасности имеет выбор места размещения объекта. Удаление его от крупных населенных пунктов должно гарантировать безопасность при самых тяжелых гипотетических авариях, которые могут произойти либо по внутренним причинам, либо в результате тех или иных внешних воздействий — пожаров, землетрясений, взрывов на соседних промышленных предприятиях и т.п.

Повышение безопасности связано с дополнительными расходами. Стоимость объекта растет. Это естественно. Очевидно, что абсолютная безопасность недостижима в принципе ни в одном виде человеческой деятельности, тем более в сфере современного промышленного производства. Однако как недопустимо заранее планировать тот или иной, даже самый низкий уровень травматизма на предприятии, точно так же недопустимо планировать даже самую малую вероятность таких отказов или их сочетаний, которые могли бы повлечь за собой опасные аварийные последствия. Во всех случаях следует стремиться к тому, чтобы безопасность гарантированно обеспечивалась на максимально возможном уровне, а отнюдь не на уровне, диктуемом сомнительными «экономическими» соображениями.

Наиболее эффективное, а во многих случаях и единственное средство исследования аварийных процессов и обоснование систем обеспечения безопасности — математическое моделирование. Реально достигаемый в объекте уровень безопасности существенно зависит от качества математических моделей, их адекватности описываемым физическим процессам. Несмотря на определенные достижения в области моделирования сложных систем, задача математического описания аварийных режимов может считаться решенной пока не полностью. Поэтому представляются актуальными дальнейшие исследования в этой области.

В тех случаях, когда математическое описание недостаточно надежно, а решаемая задача имеет кардинальное значение, становится оправданным в интересах обеспечения безопасности идти на постановку крупномасштабных экспериментов вплоть до разрушения испытываемых натурных конструкций.

Важную роль играют обобщение и анализ опыта эксплуатации, так как отсутствие налаженной информации может привести к повторению уже

имевших место ошибок. В этой связи приобретают большое значение детальный учет и изучение всех имевших место отказов оборудования, систематический широкий обмен информацией не только между предприятиями внутри одной отрасли, но и между родственными отраслями.

Из характера современной техники вытекают требования — повысить ответственность ученых, конструкторов и технологов за качество обоснований, проектирования и создания новых объектов, за обеспечение их высокой безопасности. В то же время с учетом накопленного опыта и разработки более совершенных средств целесообразно, видимо, дополнительно наращивать системы защиты ранее сооруженных объектов и уже находящихся в эксплуатации.

Решающий фактор безопасности работы людей — безупречная дисциплинированность, ответственность и высокая профессиональная квалификация всего эксплуатационного персонала, и прежде всего его командного звена — инженерно-технического состава. По нашему мнению, подготовку инженеров эксплуатационного профиля в вузах пора осуществлять по специальным учебным планам и программам, четко ориентированным на содержание и характер предстоящей практической деятельности выпускников. Совершенно неоправданно, когда подготовка будущих эксплуатационников проводится по тем же планам и программам, что и подготовка инженеров-конструкторов, инженеров-проектировщиков или инженеров-исследователей. К сожалению, именно такая ситуация обычно складывается по ряду специальностей, относящихся к новым перспективным направлениям технического прогресса.

Помимо твердых практических навыков, отработанных уже в стенах вуза, инженеры-эксплуатационники нуждаются и в солидной теоретической подготовке, без которой немыслимы сознательная грамотная эксплуатация современных сложных высокоавтоматизированных комплексов. Однако эта теоретическая база не вполне идентична той, что лежит в основе подготовки, например, инженеров-конструкторов. Теоретическую подготовку студентов эксплуатационного профиля при сохранении основополагающих базовых положений науки следовало бы, на наш взгляд, нацелить на углубленное изучение тех вопросов, которые в совокупности можно называть физическими основами эксплуатации.

Эксплуатационная направленность давно напрашивается не только в лекционные курсы, но также в лабораторные и практические занятия, курсовые и дипломные проекты, в развитие учебно-материальной базы. Уровень подготовки инженеров-эксплуатационников в немалой степени зависит и от качества учебной литературы. Здесь дела обстоят не лучшим образом.

Наиболее эффективным средством практической подготовки становятся электронные тренажеры. Такие тренажеры оборудуются пультами с натурными органами управления и штатными контрольно-измерительными приборами, а реальные физические процессы в них имитируются цифровыми или аналоговыми электронными моделями.

Ценность электронных тренажеров состоит в том, что они позволяют отрабатывать не только эксплуатационные режимы, но и приучать к правиль-

ным действиям при всевозможных аварийных ситуациях, которые могут неожиданно для оператора воспроизводиться на тренажере руководителем тренировки или автоматически по заданной программе. Тренажеры снабжаются средствами записи параметров, позволяющими более глубоко проанализировать ход процессов и оценить правильность действий оператора.

Многолетний опыт использования тренажеров в ряде областей техники подтверждает их высокую эффективность в практической подготовке операторов транспортных и стационарных объектов. Было бы целесообразно параллельно с проектированием и созданием потенциально опасных объектов промышленности разрабатывать и создавать для них соответствующие тренажеры.

При комплектовании соответствующих должностей есть нужда делать профессионально-психологический отбор по тестам, разрабатываемым на основе анализа модели действий оператора, прежде всего в различных экстремальных ситуациях.

Только комплексный подход к техническим решениям и человеческому фактору при создании и эксплуатации сложных систем, всемерное укрепление дисциплины и порядка на производстве позволят существенно повысить надежность работы техники и снизить до минимума ущерб, наносимый государству из-за отказов ее в работе.



## **Ядерная авария на атомной подводной лодке в бухте Чажма. Реконструкция событий и анализ последствий\***

*Авторами статьи проанализированы события, связанные с крупнейшей в истории ВМФ СССР ядерной аварией, произошедшей на атомной подводной лодке К-431 10 августа 1985 г. во время плановых работ на судоремонтном заводе в бухте Чажма вблизи Владивостока. По соображениям секретности более 30 лет последствия этих событий оставались неизвестными широкому кругу специалистов и общественности, вызывая неоднозначные трактовки и домыслы. В статье излагаются результаты исследований, включающих сбор, обобщение и систематизацию сохранившихся неполных и разрозненных данных, численные и модельные расчеты, анализ причин и развития аварии. Рассмотрены ее радиационные и радиозологические последствия, мероприятия по реабилитации, вопросы обращения с образовавшимися радиоактивными отходами и аварийной атомной подводной лодкой. Впервые оценены последствия выхода радиоактивных веществ в Японское море, перемещения в облаке на север вдоль российско-китайской границы, трансграничного распространения радиоактивных веществ для населения прилегающих стран.*

К истории отечественного атомного флота. Создание отечественного атомного подводного флота, атомных крейсеров, а также единственного в мире мощного атомного ледокольного флота стало возможным лишь благодаря достигнутому в СССР высокому потенциалу фундаментальной науки. Реализация этих масштабных проектов потребовала концентрации новейших научных достижений в различных областях знаний, а также производственных и людских ресурсов. Изменить коренным образом облик флота, повысить его боевые возможности удалось благодаря развитию крупного самостоятельного направления в отечественной атомной отрасли — корабельной ядерной энергетике [1].

Здесь уместно отметить, что первая атомная подводная лодка (АПЛ) была построена в США. Она сошла с верфи в январе 1954 г., а работы по ее созданию начались в декабре 1945 г., то есть вскоре после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки. На первых американских АПЛ в качестве ядерных энергетических установок (ЯЭУ) использовались водо-водяные (ВВР) и жидкометаллические (ЖМТ) реакторы.

Отставание СССР в этой области объяснялось тем, что сразу после окончания Великой Отечественной войны наша страна в условиях новых внешних угроз и в силу ограниченных экономических возможностей была вынуждена сосредоточить усилия на создании атомного оружия. Тем не менее, всего через четыре года после создания первой американской АПЛ была построена первая советская АПЛ «Ленинский комсомол» (ее называли в па-

---

\* Статья (сокращенный вариант) ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, 2018, том 88, № 7.

мать об одноименной дизельной подводной лодке М-106 Северного флота, погибшей в одном из боевых походов в 1943 г.). Эта лодка находилась в боевом составе флота 30 лет, и в ходе ее длительной эксплуатации удалось выявить многие конструктивные недостатки, накопить ценный опыт, способствовавший совершенствованию отечественного подводного флота. В 1997 г. АПЛ «Ленинский комсомол» с учетом ее технического состояния была выведена из боевого состава ВМФ, а позднее переоборудована в музей.

Спуск в 1958 г. на воду первой отечественной АПЛ символизировал не просто очередной этап развития подводного флота. Это событие явилось революционным скачком, качественно изменившим облик нашего флота и его боевые возможности. Необходимо также подчеркнуть, что корабельная ядерная энергетика, как и атомная подводная лодка в целом, — наше подлинное национальное достижение. Если при создании атомного оружия разработчики в какой-то мере имели возможность опираться на сведения, предоставленные разведчиками, то при создании корабельных ядерных энергетических установок ученые и конструкторы действовали абсолютно автономно.

В последующие годы строительство атомных подводных лодок осуществлялось на четырех судостроительных заводах с постоянно нарастающими темпами. Характерно, что уже к концу 1980-х годов количество построенных в СССР атомных подводных лодок (248) превосходило суммарное число спущенных на воду АПЛ всех других вместе взятых стран, а мощность энергоустановок всех отечественных атомных боевых кораблей и гражданских судов была соизмерима с общей мощностью построенных в СССР АЭС. Каждое новое поколение АПЛ становилось достижением нового рубежа в подводном кораблестроении.

Отметим, что АПЛ первого поколения укомплектовывались ЯЭУ с двумя ВВР типа ВМ-А тепловой мощностью 70 МВт каждый (ядерная авария 1985 г. в бухте Чажма произошла на АПЛ первого поколения проекта 675 с реактором типа ВМ-А).

Интенсивное использование атомного флота потребовало создания мощной обслуживающей инфраструктуры и резко повысило требования к культуре эксплуатации ЯЭУ. По характерным и для неатомного флота авариям, таким как пожары, взрывы, затопления, столкновения, посадки на мель и др., аварийность атомных кораблей не выходила за рамки среднестатистического уровня. Особое место среди них занимают ядерные аварии и аварии, связанные с потерей герметичности контуров. Предотвращение их на атомном флоте всегда являлось приоритетной задачей высшего уровня вследствие возможных тяжелых последствий, связанных с опасностью выброса радионуклидов в объемы подводной лодки и дальнейшего их поступления в окружающую среду.

Стремление минимизировать отставание от США при создании ЯЭУ и реакторов АПЛ первого поколения в ряде случаев приводило к неоптимальным конструктивным решениям и технологическим погрешностям. По этим причинам эксплуатация АПЛ нередко сопровождалась небольшими, но часто возникавшими радиационно опасными локальными авариями, связанными с утечками теплоносителя первого контура и в парогенераторах. Суще-

ственное обстоятельство: почти все крупные аварии корабельных ЯЭУ с неблагоприятными радиологическими и радиоэкологическими последствиями произошли именно на АПЛ первого поколения (К-19 проекта 658 — 1961 г.; К-11 проекта 627 — 1965 г.; К-431 проекта 675 — 1985 г. и К-192 проекта 675 — 1989 г.; в 1958–1968 гг. было построено 56 АПЛ, из них 29 — проекта 675). Причина состояла в том, что установки первого поколения, с точки зрения ядерной и радиационной безопасности, имели конструктивные недостатки, связанные с чрезмерной пространственной разветвленностью и большим объемом первого контура, наличием трубопроводов большого диаметра, соединяющих основное оборудование (реактор, парогенераторы, насосы, теплообменники, компенсаторы объема и др.), а также первоначально принятыми завышенными эксплуатационными параметрами (температура воды первого контура достигала 300°C, давление — 200 атм., температура пара — 250 °C) [2, 3].

Конструктивные и технические недостатки ЯЭУ создавали проблемы и в организации защиты при аварийной разгерметизации первого контура, а также при разрыве многочисленных импульсных трубок, соединяющих первый контур с контрольно-измерительными приборами. К тому же во время пуска ЯЭУ контрольно-измерительная аппаратура позволяла отслеживать ядерные процессы в реакторе только при выходе его на минимально контролируемый уровень мощности. Пуск реактора осуществлялся по специальной программе перемещения управляющих органов, рассчитанной оператором.

При остановленном реакторе компенсирующая решетка находится в крайнем нижнем положении. Положение решетки, при котором достигается критическое состояние и начинается самоподдерживающаяся цепная реакция деления (пусковое положение КР), зависит от степени выгорания топлива — оно тем выше, чем больше его выгорание. В активной зоне, загруженной «свежим» топливом, пусковое положение решетки самое низкое. Именно это обстоятельство в совокупности с несовершенным перегрузочным оборудованием и ошибками персонала впоследствии привели к возникновению ядерной аварии на АПЛ К-431 в бухте Чажма.

На фоне всех радиационных и ядерных аварий ЯЭУ АПЛ, надводных кораблей и судов атомного ледокольного флота СССР и России с 1960 г. по настоящее время, которые были связаны с потерей теплоносителя и оплавлением активных зон, а также неконтролируемой самоподдерживающейся цепной реакцией (таких было шесть), ядерная авария на АПЛ К-431 оказалась максимально опасной. По Международной шкале классификации ядерных и радиационных аварий INES (International Nuclear Event Scale) она соответствует уровню 5 (остальные аварии на корабельных реакторах достигали уровней 2–4). По этой шкале только две аварии в мире оценены уровнем 7 (на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1») и одна уровнем 6 — ПО «Маяк». Часто упоминаемая авария на АЭС Три-Майл-Айленд, крупнейшая в истории США, соответствовала уровню 5.

**Описание района и объекта аварии.** В послевоенный период Тихоокеанский флот (ТОФ) претерпел качественные изменения. Он был оснащен самыми совершенными видами вооружения — подводными и над-



**Рис. 1.** Военно-морская база Стрелок вблизи г. Владивостока.  
Место ядерной аварии на АПЛ К-431  
10 августа 1985 г. в бухте Чажма, поселок Дунай

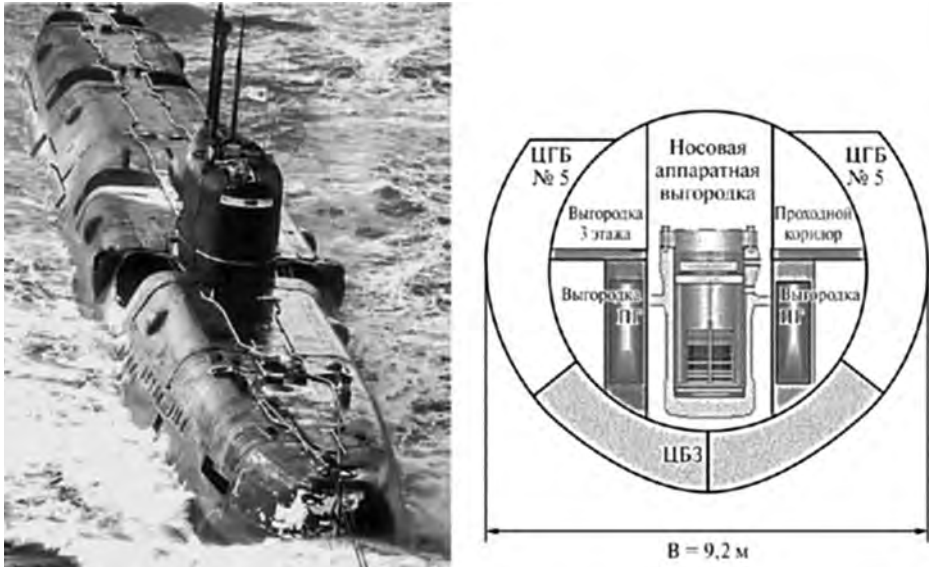
водными кораблями, атомными ракетноносцами с большой автономностью плавания, неограниченной мореходностью и мощными ударными средствами. Это позволило ему из прибрежных вод выйти на просторы Мирового океана. С 1968 г. пребывание кораблей флота в Тихом и Индийском океанах стало обычной практикой.

Основными регионами базирования АПЛ на ТОФ были определены Камчатка и Приморский край. В Приморье такая военно-морская база располагалась в заливе Стрелок и входящих в него бухтах на расстоянии 30–40 км от Владивостока через Уссурийский залив (рис. 1).

В середине 1950-х годов в Конструкторском бюро В. Н. Челомея была разработана крылатая ракета П-6 с дальностью полета 300 км, способная поражать цели ядерной или фугасно-осколочной боеголовкой большой мощности. 17 августа 1956 г. вышло постановление Совета министров СССР о начале разработки АПЛ, несущих не только противокорабельные ракеты П-6, но и стратегические крылатые ракеты П-5М для поражения в первую очередь авианосцев, а также различных береговых целей. Следует отметить, что в то время ни одна морская держава еще не располагала атомными подводными лодками, вооруженными крылатыми ракетами.

Проектирование лодки вело КБ «Рубин» под руководством Генерального конструктора П. П. Пустынцева. Вследствие напряженной международной обстановки разработчиков очень торопили, и чтобы уложиться в отведенные сроки, они взяли за основу новой АПЛ дизельную подводную лодку проекта 651, оснащенную четырьмя крылатыми ракетами. Энергетическая установка АПЛ проекта 675 состояла из двух реакторов, конструктивные особенности которых уже были отработаны на АПЛ проекта 627 («Ленинский комсомол»). Строили быстро и массово: в 1963–1968 гг. передали ВМФ 29 субмарин, из которых 15 пошли на Северный флот и 14 — на Тихоокеанский флот, в их числе и ставшая объектом будущей ядерной аварии АПЛ К-431.

Атомная двухвальная подводная лодка проекта 675 имела два корпуса (легкий негерметичный и прочный герметичный) с располагавшимися в них десятью отсеками. Главная энергетическая установка (39 000 л. с.) включала два реактора ВМ-А (2 x 70 МВт), две паровые турбины и два главных турбозубчатых агрегата. Реакторы располагались за ходовой рубкой в шестом необитаемом (в нем несли только вахту) реакторном отсеке. Жилые

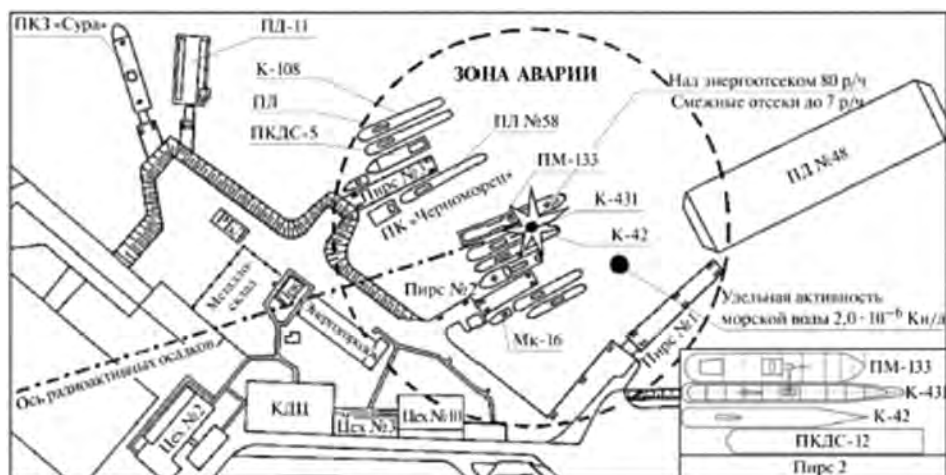


**Рис. 2.** АПЛ проекта 675 в море. Поперечный разрез реакторного отсека  
ЦГБ, ЦБЗ — цистерны главного балласта и биологической защиты.  
Заполняют морской водой. ПГ — парогенераторы

отсеки (2-й и 9-й) располагались на удалении 20–30 м от реакторов (рис. 2). Окружающая АПЛ среда экранировалась от радиационных излучений твердотельной биологической защитой, оборудованием, конструкциями и корпусом АПЛ, а также морской водой, находящейся между легким и прочным корпусами лодки.

В процессе эксплуатации АПЛ энергоресурс и необходимый для поддержания цепной реакции запас реактивности в результате постепенного выгорания топлива снижаются. Тогда для их восстановления производится плановая перезарядка реакторов. При этом отработавшее топливо заменяется на «свежее» путем загрузки в активную зону (АЗ) новых тепловыделяющих сборок. Процедура перезарядки представляет собой комплекс демонтаж-монтажных работ с полной заменой АЗ и последующими физическим и энергетическим пусками. В особых случаях для устранения возникших неполадок проводятся внеплановые перезарядки.

На АПЛ первого поколения плановая перезарядка выполнялась в среднем один раз в 5–7 лет, к примеру, АПЛ К-431 до аварии прошла две перезарядки реакторов. Для таких работ на Северном и Тихоокеанском флотах были созданы береговые и использовались плавучие технические базы (БТБ, ПТБ). Перезарядка — ответственное и сложное техническое мероприятие, в ходе которого, кроме замены активной зоны, приходится решать вопросы обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. На современных АПЛ перезарядки осуществляются значительно реже в связи с более высоким энергоресурсом новых типов активных зон и повышением надежности энергетического оборудования.



**Рис. 3.** Расположение судов на акватории бухты Чажма и объектов на СРЗ-30 перед аварией. Пунктиром указана область радиусом 150 м от места аварии, на вставке — АПЛ К-431 и суда обеспечения

В целях обеспечения безопасности в пункте перезарядки в обязательном порядке устанавливаются режимные зоны. Всю прилегающую территорию, включая АПЛ, суда обеспечения — плавучую техническую базу или плавучую мастерскую (ПМ), плавучее контрольно-дозиметрическое судно (ПКДС) и часть завода, выделяют в зону режима радиационной безопасности (ЗРРБ). В нее допускают только персонал, занятый подготовкой к перезагрузке, выполнением работ и несением вахты. Внутри ЗРРБ дополнительно выделяют небольшую зону строгого режима (ЗСР), то есть помещения и участки, где непосредственно ведутся работы с источниками ионизирующих излучений.

Вход и выход из ЗСР осуществляют через пункт радиационного контроля. На АПЛ к ЗСР относят легкий корпус в районе реакторного отсека, реакторный отсек и временное защитное сооружение, которое в профессиональной среде принято было называть «домиком». Его ставят на палубу за ходовой рубкой для защиты от атмосферных осадков проема размером 6х4 м, вырезаемого в легком и прочном корпусах над реакторами. При отсутствии конкретных работ «домик», реакторный отсек, переходы в соседние отсеки закрывают на кремальеры и опечатывают. По такому принципу производилась и перезагрузка реакторов на АПЛ К-431 у пирса № 2 на акватории судоремонтного завода № 30 (СРЗ-30) ВМФ в бухте Чажма (рис. 3).

В ближней зоне радиусом до 50 м относительно АПЛ находились два судна обеспечения ПКДС-12 и ПМ-133 и ремонтирующаяся АПЛ К-42 [4]. На пирсах № 2 и 3 (радиус до 120–150 м) располагались пять ремонтирующихся подводных лодок, судно обеспечения ПКДС-5, плавкран «Черноморец» и два катера. В 150–500 м — плавучие доки ПД-11, ПД-48 и плавучая казарма ПКЗ «Сура». На прилегающей к пирсам территории находилась проходная — пункт радиационного контроля, через который прошла ось радиоактивного следа, рядом — радиобиологическая лаборатория, вспомо-

гательные здания и сооружения, открытый склад металла, площадки и цеха завода.

На акватории бухты Чажма на удалении 500–800 м от места аварии стоял открытый плавучий док ПД-41 (справа за ПД-48, не показан на рис. 3), в котором ремонтировался тяжелый авианесущий крейсер «Минск». От окраин прилегающих поселков Дунай и Темп место аварии было удалено на 1400–1700 м, отделено грядой сопок высотой 20–160 м и плотным лесным массивом с подлеском. Противоположный берег бухты Чажма, находившийся на расстоянии 500–600 м, также защищали гряда сопок высотой 20–50 м и лес с подлеском.

**Предпосылки и причины аварии, неконтролируемая самоподдерживающаяся цепная реакция и тепловой взрыв.** В предшествующие три месяца до аварии отработавшее ядерное топливо из двух реакторов АПЛ К-431 было извлечено и заменено на «свежее». Руководитель и специалисты перегрузочной команды 375 БТБ имели большой опыт подобных работ, прошли специальную дополнительную подготовку, надлежащий инструктаж и получили допуск к работам. Специалист-физик был подготовлен в ИАЭ им. И. В. Курчатова и допущен к самостоятельному проведению ядерно опасных работ.

За 10 суток до аварии, произошедшей, как уже упоминалось, 10 августа 1985 г., перегрузочная команда проводила обычные работы по уплотнению крышек реакторов с проверкой герметичности путем гидравлических испытаний. По истечении первых четырех дней проверок кормовой реактор был принят в эксплуатацию. Для проверки герметичности крепления крышки носового реактора также было применено избыточное давление, но при этом обнаружилась капельная течь между крышкой и корпусом реактора. Попытка устранения неплотности поджатием крепежных гаек оказалась безуспешной. Через 9 мин после повторного повышения давления в стыке вновь появилась вода. Давление сняли, и руководитель работ 4 августа доложил в соответствующие инстанции о сложившейся ситуации.

После более тщательного осмотра места течи между крышкой и корпусом был обнаружен оставленный по халатности сварочный электрод. Об этом 8 августа немедленно было доложено в Техническое управление флота. Требовалась срочная замена испорченной уплотнительной прокладки, но на 375 БТБ ее не оказалось. Из Технического управления сообщили, что доставят только в понедельник, то есть 12 августа. Главный инженер 375 БТБ и руководитель перезарядки, учитывая сложившуюся неблагоприятную обстановку, 10 августа в первой половине дня приняли самостоятельное решение поднимать крышку реактора.

Перед подъемом крышки, которая плотно входит своей нижней частью в корпус на глубину до 40 см, гайки болтов ее крепления снимают (реактор становится негерметичным). Поскольку подъем компенсирующей решетки сопряжен с высвобождением большой избыточной реактивности, для обеспечения ядерной безопасности над крышкой реактора монтируется специальное устройство удержания штока решетки в нижнем положении. В штатном рабочем режиме до перезарядки шток беспрепятственно выходит наружу через центр крышки. Однако в случае перекоса крышки при ее



подъеме шток может быть произвольно зажат в отверстии и начнет подниматься вверх. Такая ситуация чрезвычайно опасна, недопустима, так как «физический вес» компенсирующей решетки, рассчитанный на компенсацию полного начального запаса реактивности, во много раз превосходит суммарную долю запаздывающих нейтронов (0,0064). Ее нерегулируемый подъем может привести реактор в состояние мгновенной критичности и вызвать неконтролируемую самоподдерживающуюся цепную реакцию с последующим тепловым взрывом [3]. Именно такая ситуация в результате ошибочных действий персонала сложилась 10 августа 1985 г. на АПЛ К-431.

В 11 ч. 55 мин. по владивостокскому времени в течение 36 мс (по оценкам РНЦ «Курчатовский институт») при подъеме крышки внутри реактора раздался один за другим два тепловых взрыва. Произошел выброс радиоактивных веществ и ядерного топлива за пределы АПЛ, возникли сильные разрушения. Анализ ядерных аварий с СЦР и расчетные оценки показали, что время единичного энергетического всплеска могло составлять 1–4 мс, а пиковая мощность достигать  $1,5 \cdot 10^9$  Вт ( $5 \cdot 10^{19}$  делений). Второй энергетический всплеск был меньше —  $2 \cdot 10^8$  Вт ( $610^{18}$  делений). Различие между ними связано с тем, что после первой СЦР произошло нарушение геометрии активной зоны, а вода превратилась в пар, что существенно понизило интенсивность цепной реакции деления в результате резкого снижения образования тепловых нейтронов [5–7].

При столь высоких значениях числа делений в результате СЦР возникают кратковременные мощные потоки нейтронов и гамма-квантов, выходящие за пределы корпуса реактора. Но в данной ситуации их воздействие было существенно ослаблено в связи с тем, что активные зоны реакторов расположены на 4–5 м ниже ватерлинии, то есть под поверхностью воды, в необитаемой части АПЛ. Именно по этой причине при СЦР не возникло существенного радиационного воздействия на стоявшие рядом АПЛ К-42 и ПМ-133, так как не только биологическая защита реактора, но и разделявший их слой морской воды в миллионы раз снизили все виды излучений. В сложившейся ситуации наибольшую опасность представлял выброс радиоактивных веществ за пределы АПЛ.

Ударная волна, возникшая при взрыве, со скоростью звука распространилась над акваторией и по территории завода. Последующий радиационный мониторинг береговой черты и территории показал, что фронт ударной волны за 3 с перенес в горизонтальной плоскости часть радиоактивных веществ на расстояние до 1000 м от места взрыва. Для сравнения: за это же время облако дыма поднялось только на 20–25 м. Во время взрыва из реактора была выброшена часть ядерного топлива, которое стало выпадать вокруг АПЛ, — его наблюдали в виде серого порошка в радиусе 50–100 м от лодки. Кроме этого, мелкие высокоактивные фрагменты разрушенной АЗ разлетелись по площади радиусом до 150–200 м от места аварии. Появившийся сразу после взрыва над реакторным отсеком огненный шар диаметром 4–5 м, имевший температуру  $900\text{--}1100^\circ\text{C}$ , просуществовал не более 1 с, но привел к образованию в отсеке мощного пожара, который тушили в течение 4 часов. Далее сформировалось серо-черное облако, содержавшее радиоактивные вещества, которое поднялось на 20–25 м над АПЛ и, рас-



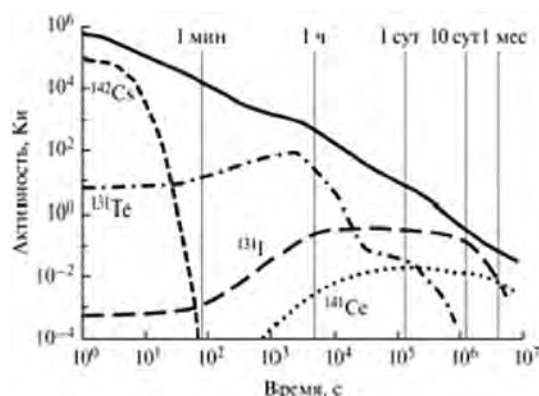
ширившись до 20–30 м, стало медленно перемещаться по ветру в сторону судоремонтного завода.

Из этого облака на корабли, пирсы и акваторию бухты Чажма в радиусе 50–100 м стали выпадать загрязненные радиоактивными веществами продукты горения, шлак, «горячие» радиоактивные частицы, мелкие и крупные фрагменты разрушенных внутриреакторных конструкций, реакторного отсека и защитного «домика». Примерно на такую же высоту (около 20–30 м) были выброшены крышка реактора с присоединенными к ней остатками разрушенной активной зоны общим весом около 6–7 т, которые затем упали обратно в реакторный отсек, пробив прочный корпус АПЛ. Лодка стала заполняться водой, что потребовало после тушения пожара в крайне тяжелых радиационных условиях организовать ее удержание плавучим краном на поверхности воды и перемещение на мелководье.

Далее облако дыма со скоростью ~5 м/с продолжило двигаться по ветру в противоположную от населенных пунктов сторону и превратилось в маркер траектории перемещения радиоактивных веществ над территорией завода и за его пределами. На входе облака в лесной массив очевидцы наблюдали его столкновение с нижней частью ближней сопки высотой 70 м (600–700 м от места аварии) и медленное передвижение вверх по ней на высоту 40–50 м от земли. После этого облако, задевая вершины более низких сопек, углубилось на необитаемую территорию полуострова Дунай, оставляя за собой радиоактивный след на протяжении 5,5 км от места аварии вплоть до Уссурийского залива и далее.

Как известно, масштабы ядерной аварии и ее последствия наиболее полно характеризуются мощностью радиоактивного выброса. При оценке его величины в ряде случаев возникает необходимость по отдельности учитывать каждый из источников образования радиоактивных веществ, загрязняющих окружающую среду. В рассматриваемой ситуации их оказалось три. К первому следует отнести «свежее» ядерное топливо — источник альфа-излучения. Второй источник — образовавшиеся в ходе СЦР при мгновенном делении  $^{235}\text{U}$  бета-гамма-радионуклиды и в незначительном количестве альфа-излучатели. И третий источник — бета-гамма-активные продукты активации, накопившиеся до аварии в конструкциях реактора в результате его многолетней эксплуатации.

Исходная альфа-активность «свежего» ядерного топлива в реакторах типа ВМ-А составляет ~6·10<sup>9</sup> Бк (230–240 кг  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ ). Расчеты, выполненные по результатам мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды, показали, что на береговом радиоактивном следе могло оказаться 3–3,5 % от общей загрузки ядерного топлива (7–8 кг) суммарной альфа-активностью около 2·10<sup>8</sup> Бк (для сравнения: при аварии на Чернобыльской АЭС выброс составил ~3,5 %, или ~6500 кг  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ ). Большая часть топлива (60–70%) в виде расплава в смеси с металлоконструкциями АЗ осталась в корпусе реактора и в реакторном отсеке. Остальное выпало вокруг АПЛ на корабли и суда, пирсы, прибрежную полосу и акваторию бухты Чажма. В береговой полосе, на пирсах и судах практически все было собрано и захоронено, но это невозможно было сделать на акватории бухты. До настоящего времени радиоактивные вещества находятся в донных от-



**Рис. 4.** Спад суммарной активности и доминирующих короткоживущих продуктов деления  $^{235}\text{U}$ , образовавшихся в результате аварии без учета радиоактивных благородных газов  
Оценки приведены для числа делений  $6\text{--}10^{18}$

специалистами результаты выброса по следующим определяющим дозообразующим радионуклидам:  $^{131}\text{I}$  —  $40 \pm 15$  ГБк,  $^{137}\text{Cs}$  —  $\sim 1,7 \pm 0,7$  ГБк и  $^{90}\text{Sr}$  —  $\sim 1,6 \pm 0,8$  ГБк. Выброс  $^{60}\text{Co}$ , накопившегося в реакторе за две предшествующие кампании, составил  $\sim 16000 \pm 6000$  ГБк.

Спад суммарной активности продуктов мгновенного деления  $^{235}\text{U}$  без учета выхода радиоактивных благородных газов при числе делений  $6\text{--}10^{18}$  и основных доминирующих короткоживущих радионуклидов, рассчитанный специалистами РНЦ «Курчатовский институт», приведен на рисунке 4 [4, 6]. Из него видно, что через 1 мин после аварии общая активность выброса уменьшается более чем в 10 раз, через 1 час — в 1000 раз, через сутки — в  $10^5$  раз. Через 2–3 часа после аварии в приземном слое атмосферы основным дозообразующим продуктом деления стал  $^{131}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 8,04$  сут), но его активность составляла не более 1 % от выброса  $^{60}\text{Co}$  ( $T_{1/2} = 5,27$  лет).

Последующие многолетние наблюдения за состоянием радиоактивного загрязнения окружающей среды на территории судоремонтного завода № 30, полуострове Дунай и прилегающих морских акваториях показали, что ядерная авария на АПЛ К-431 привела к образованию «кобальтового» радиоактивного следа. Закрепившееся за чажминским следом такое определение объясняется тем, что в составе содержащихся в грунте, почве, воде, фауне и флоре техногенных радионуклидов на долю  $^{60}\text{Co}$  приходится 90–99 % всей активности.

**Радиоактивный след.** При оценке радиозологических последствий ядерной аварии на АПЛ К-431 для анализа последствий из методических соображений выделено три зоны образования радиоактивного следа: первая — эпицентр аварии, судоремонтный завод и примыкающие к ним акватории; вторая — береговая зона на полуострове Дунай; третья — связанная с отдаленным (залив Петра Великого, юг Приморья) и трансграничным переносом радионуклидов (через российско-китайскую границу) воздушным

ложениях под илом между пирсами № 2 и № 3.

Для оценки образования продуктов деления  $^{235}\text{U}$  энерговыделение при первой вспышке СЦР связывали с максимально возможным его числом —  $5\text{--}10^{19}$ , что эквивалентно взрыву 350 кг тринитротолуола (ТНТ) с мощностью энергетического всплеска  $\sim 1,5\text{--}10^9$  Вт, при второй —  $6\text{--}10^{18}$  (37 кг ТНТ, мощность  $0,2\text{--}10^9$  Вт). Для этих условий были получены согласующиеся между отечественными (РНЦ «Курчатовский институт», ИБРАЭ РАН [4, 6, 8, 9]) и зарубежными (НАТО [7])

и морским путями (выход в нейтральные воды северо-западной части Японского моря).

Площадь акватории вокруг эпицентра аварии радиусом 50–100 м до настоящего времени остается областью с высокой степенью радиоактивного загрязнения донных отложений [4]. Однако на момент аварии наибольшую радиационную опасность представляла АПЛ. В реакторном отсеке мощность экспозиционной дозы (МЭД) на расстоянии 1 м от крышки реактора и части разрушенной активной зоны достигала 2000–3000 Р/ч, а в местах радиационных «прострелов» (узких пучков гамма-излучения) — 4000–7000 Р/ч (МЭД получена расчетным путем). Плотность радиоактивного загрязнения поверхностей составляла  $10^6$ – $10^9$  расп/см<sup>2</sup>·мин, а МЭД в 3–5 м над реакторным отсеком — 150–250 Р/ч.

По направлению развития радиоактивного следа МЭД постепенно снижалась, но в зоне строгого режима вблизи АПЛ в полосе шириной до 200 м (проходная, пирсы, суда, АПЛ) оставалась довольно высокой — 0,2–2 Р/ч. Наибольшее излучение исходило от мелких фрагментов разрушенной сборки АЗ, разбросанных по этой территории. МЭД от них достигала 50–200 Р/ч, что потребовало организовать специальную группу по их поиску, сбору и захоронению. Плотность поверхностного радиоактивного загрязнения в этой области была наибольшей и составляла  $10^4$ – $10^6$  расп/см<sup>2</sup>·мин (рис. 5).

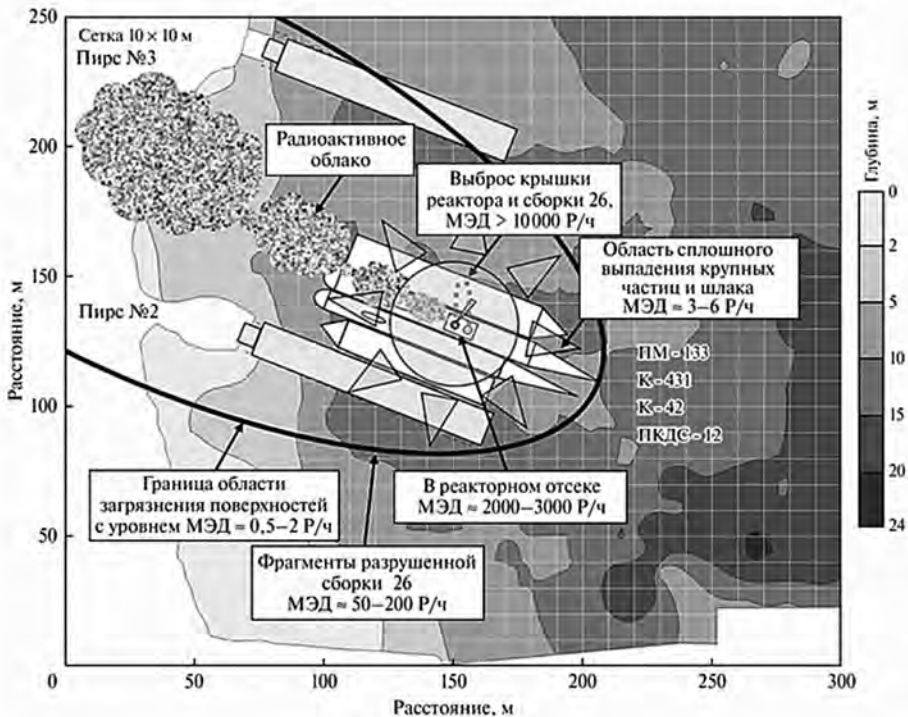
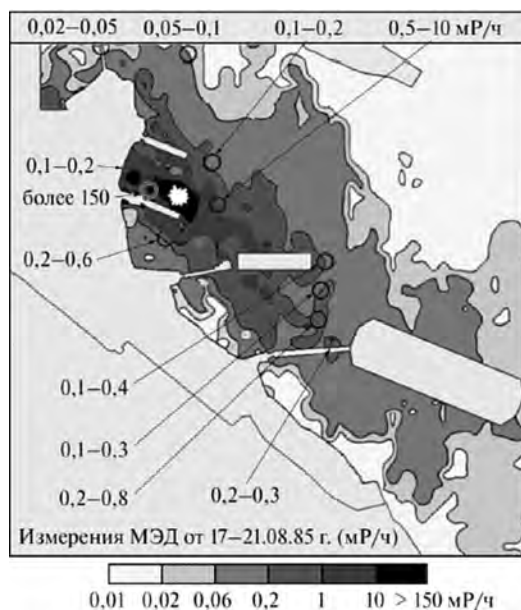


Рис. 5. Радиационная обстановка в эпицентре аварии через 1–5 мин после взрыва ЯЭУ на АПЛ К-431. Бухта Чажма, шкала глубин, м



**Рис. 6.** Восстановленное поле радиоактивного загрязнения донных отложений бухты Чажма в первые 10 дней после аварии. Кружки — места измерения МЭД на дне

долгоживущими радионуклидами были  $^{60}\text{Co}$  (65–90 %),  $^{54}\text{Mn}$  (4–16 %), а также  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (менее 1 %). Через 2–3 суток в верхнем слое воды под воздействием турбулентной диффузии их содержание существенно понизилось. Радионуклиды рассеялись и перешли на нижние горизонты, после чего течением переместились в прилегающий залив Стрелок. Загрязненными до 3–5 км от места аварии оказались не только вода, но донные отложения и биота.

По истечении двух месяцев радиационная обстановка в акватории бухты Чажма в целом нормализовалась, кроме радиоактивного загрязнения донных отложений между пирсами № 1–3. Площадь, где МЭД достигала наибольших значений и изменялась от 1 до 150 мР/ч (без учета излучения от фрагментов разрушенной АЗ), составила ~50000 м<sup>2</sup> (рис. 6) [4].

В ходе дальнейших работ по поиску и идентификации затопленных фрагментов разрушенной АЗ с дистанционным телеосмотром дна, проведенных специалистами Тихоокеанского флота в 1991 г., не выявлено посторонних предметов в местах максимальных значений МЭД. Дно было покрыто ненарушенным слоем ила толщиной от 10 до 30 см. Из 28 обнаруженных измерительной аппаратурой радиоактивных аномалий наибольшие МЭД с уровнями 1,4 и 6,4 Р/ч отмечены только в двух местах. Они располагались рядом друг с другом на удалении 100 и 110 м от береговой черты с левого борта от места нахождения аварийной АПЛ. МЭД от остальных фрагментов изменялась в пределах 20–280 мР/ч. Все они оказались сосредото-

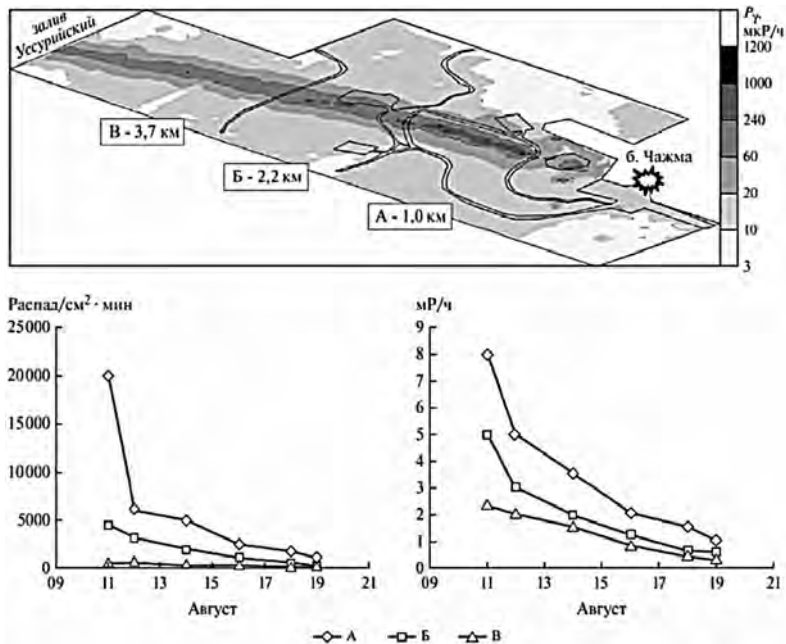
В первые сутки после аварии МЭД и плотность загрязнения на территории завода и особенно на оси радиоактивного следа оставались высокими, достигая в отдельных местах 300 мР/ч и  $10^5$  расп/см<sup>2</sup>·мин соответственно. На вторые-третьи сутки в результате распада короткоживущих продуктов деления эти показатели уменьшились в 3–7 раз, однако в последующем спад активности замедлился, так как определяющую роль стали играть радионуклиды, относящиеся к продуктам активации, периоды полураспада которых составляли десятки-сотни суток и несколько лет.

В первые сутки после аварии удельная активность морской воды вблизи АПЛ достигала предельно высокого уровня —  $(1-3)10^8$  Бк/м<sup>3</sup>. Основными

точными в узкой полосе (протяженностью 120–150 м и шириной 40–60 м), ориентированной в направлении судоремонтного завода вдоль пирса № 2, куда перемещалось радиоактивное облако после взрыва реактора [4].

Выпавшие в момент аварии на пирс, АПЛ и суда обеспечения крупные высокоактивные фрагменты разрушенной сборки АЗ при дезактивации были собраны в контейнеры и захоронены, а мелкие, включая радиоактивный шлак, «горячие» частицы и диспергированное ядерное топливо, смыты за борт, они осели на дно.

Радиационная разведка, выполненная одним из подразделений химического полка флота в лесном массиве на вторые сутки после аварии, показала, что основная область радиоактивных веществ оказалась локализованной в узкой полосе шириной 400–600 м и длиной до 4000 м при общей ширине полуострова Дунай 5,5 км. Для контроля за динамикой спада активности на следе были выбраны три реперные точки наблюдения (А, Б, В), где ежедневно измеряли МЭД ( $P_\gamma$ ) и плотность бета-загрязнения ( $P_\beta$ ) почвы. Анализ полученных результатов показал, что  $P_\beta$ , определявшаяся в основном короткоживущими продуктами деления  $^{235}\text{U}$ , понизилась в первые сутки в 7–10 раз, а МЭД — всего лишь в 1,5–3 раза, так как была преимущественно обусловлена гамма-излучением продуктов активации (рис. 7) [4, 10].



**Рис. 7.** Контрольные точки наблюдений (А, Б, В) за динамикой (б, в) изменения радиоактивного загрязнения почвы на береговом радиоактивном следе с 11 по 19 августа 1985 г.

а — след построен по данным мониторинга 1991 г.;

б — плотность бета-загрязнения;

в — значения МЭД

Последующий ежемесячный, а в дальнейшем и ежегодный контроль за радиационной обстановкой на следе был возложен на службу радиационной безопасности завода и Химическую службу флота, которая проводила и расширенные радиоэкологические исследования с привлечением независимых контролирующих органов. Кроме того, по заказу администрации Приморского края ряд независимых организаций выполнял выборочный контроль и отдельные исследования. В качестве примера в таблице приведены результаты одной из независимых экспертиз, относящихся к идентификации радионуклидного состава загрязнения почвы на полуострове Дунай и донных отложений в бухте Чажма [11]. Исследования проводили специалисты Химической службы Тихоокеанского флота, службы радиационной безопасности СРЗ-30 и Дальневосточного филиала НПО «Тайфун» (Владивосток) — ведущей научной организации Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

**Табл 1.** Удельная активность техногенных радионуклидов на береговом радиоактивном следе и эпицентре аварии ЯЭУ АПЛ К-431 в бухте Чажма (1998 г., Бк/кг сухого веса)

Место отбора проб	Удельная активность, Бк/кг			
	<sup>235</sup> U	<sup>60</sup> Co	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Береговой след	< 5	(4,9±0,08)×10 <sup>4</sup>	47±11	19,0±3,6
(1,3–3 км от эпицентра,	< 5	(1,6±0,04)×10 <sup>4</sup>	76±33	30,2±4,5
п-ов Дунай)	< 5	(4,1±0,03)×10 <sup>4</sup>	41±13	30,1±3,5
Озеро-котлован	< 5	(2,5±0,04)×10 <sup>4</sup>	< 2*	2,9±3,2*
(0,7–1,1 км от эпицентра)	< 5	(4,2±0,04)×10 <sup>4</sup>	< 2*	1,4±3,6*
	< 5	(1,6±0,09)×10 <sup>3</sup>	260±30	2,8±3,1*
Бухта Чажма	< 5	(5,3±0,05)×10 <sup>4</sup>	130±55	3,4±3,7*
донные отложения	< 5	(4,3±0,40)×10 <sup>3</sup>	95±20	3,3±3,1*
(эпицентр, Рдо 100 м)	(5,3±0,08) ×10 <sup>3</sup>	(7,4±0,05)×10 <sup>4</sup>	230±40	3,7±3,5*

\* Фон, обусловленный глобальными выпадениями, соответствует 1–5 Бк/кг.

В соответствии с [12] допустимая концентрация в грунтах приливной зоны <sup>60</sup>

Сосоставляет 3,7·10<sup>2</sup> Бк/кг и <sup>137</sup>Cs– 2,59·10<sup>3</sup> Бк/кг. В эпицентре в местах с высокими значениями МЭД содержание <sup>60</sup>Содостигало 10<sup>5-8</sup> Бк/кг.

*Примечание.* Отбор проб почвы и донных отложений осуществлялся в верхнем слое 0–3 см.

Из данных, приведенных в таблице, видно, что в пробе, содержащей <sup>235</sup>U, которая была отобрана из эпицентра аварии, кроме основных долгоживущих продуктов деления <sup>137</sup>Csi <sup>90</sup>Sr, присутствует и <sup>60</sup>Co. Это свидетельствует о том, что при расплаве ядерного топлива и внутриреакторных конструк-

ций образовывались труднорастворимые интерметаллиды. Неизбежно при СЦР в АЗ со «свежим» ядерным топливом образуются и долгоживущие продукты деления  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , но их количество в сотни и тысячи раз меньше накопившихся ранее во внутриреакторных конструкциях продуктов активации ( $^{60}\text{Co}$  и др.). Именно по этой причине радиоактивное загрязнение окружающей среды в бухте Чажма и на берегу практически полностью определяется  $^{60}\text{Co}$ .

Отсутствие  $^{235}\text{U}$  в пробах грунта в донных отложениях озера-котлована и почвы на полуострове Дунай — показатель того, что основная масса радиоактивных веществ, поступивших в приземный слой атмосферы, находилась в форме аэрозолей, и это обеспечило их перенос на большие расстояния с образованием берегового радиоактивного следа. Интерметаллиды («горячие» частицы) как одна из наиболее тяжелых фракций выброса быстро осели в акватории бухты Чажма и выпали на прилегающей территории судоремонтного завода.

Возвращаясь к моменту аварии, следует отметить, что уже в течение первых 15 мин после теплового взрыва реактора перенос радиоактивных веществ паровоздушным облаком и последствия анализировались специалистами Химической службы Тихоокеанского флота. Для этого использовались данные и сценарии развития событий, заранее подготовленные на этапе планирования работ по перезагрузке реакторов. Одновременно осуществлялась надлежащая корректура путем введения реальных данных о направлении и скорости ветра в районе аварии и заливе Петра Великого, которые предоставила Гидрографическая служба флота, а также использования оперативных данных с места событий о характеристиках ядерной аварии. Вся информация поступала во Владивосток и анализировалась специалистами расчетно-аналитической станции.

По выполненным оценкам было сделано предварительное заключение, что при наиболее неблагоприятных условиях прохождения облака напрямую через Уссурийский залив радиоактивное загрязнение его противоположного берега (Владивостока и окраин) окажется на уровне, не требующем экстренной эвакуации населения (см. рис. 1). Далее специалисты Химической службы и расчетно-аналитической станции, а также других управлений флота экстренно убыли к месту аварии для принятия мер по оценке и нормализации радиационной обстановки на судоремонтном заводе.

Несмотря на такой предварительный прогноз, в течение первого часа после аварии химическому полку флота была дана команда провести широко-масштабную радиационную разведку, включая Владивосток и прилегающие районы, а также до 15 населенных пунктов, вошедших в зону вероятного перемещения радиоактивного облака (радиус до 40–50 км). Через несколько часов результаты разведки показали: радиоактивное загрязнение нигде не обнаружено, что позволило сделать вывод о рассеянии опасного облака над Уссурийским заливом. Выполненный ранее прогноз подтвердился, что позволило сконцентрировать все усилия на вопросах обеспечения безопасности и ликвидации последствий аварии. Радиационная разведка продолжалась еще в течение нескольких месяцев, но касалась уже работ по реабилитации зданий, сооружений, дорог, цехов, территорий и акваторий.



Однако определить общую траекторию перемещения радиоактивных веществ в приземном слое атмосферы, их радиационные и радиоэкологические последствия в тот период было невозможно ввиду отсутствия полной информации о поле ветров над заливом Петра Великого и необходимых программных средств прогноза, адекватных сегодняшнему дню. Тем не менее, исследования в этом направлении продолжались. К одному из таких этапов можно отнести период 1997–1998 гг., когда с использованием разработанного программного средства «Трасе» специалисты ИБРАЭ РАН провели ретроспективный прогноз происшедших событий. В качестве граничных условий использовали натурные данные, полученные специалистами Тихоокеанского флота [9, 13]. В результате были восстановлены неизвестные ранее начальные характеристики радиоактивного загрязнения берегового следа (см. рис. 7). В частности, определено, что через 3–5 мин после взрыва в точках «А» и через 6–8 мин — в «Б»  $P_{\beta}$  составляла  $\sim 50\,000$  расп/см<sup>2</sup>·мин и  $\sim 6000$  расп/см<sup>2</sup>·мин соответственно. Через 11–13 мин (точка «В») вследствие интенсивной фильтрации нижней части радиоактивного облака лесом  $P_{\beta}$  резко понизилась до  $\sim 900$  расп/см<sup>2</sup>·мин. В итоге на берегу Уссурийского залива в 5,5 км от места аварии она уже не превышала 100 расп/см<sup>2</sup>·мин, а на удалении 5–7 км от берега оказалась сопоставимой с природным фоном — 3–5 расп/см<sup>2</sup>·мин. Соответственно, МЭД в точке «А» с 12–15 мР/ч на берегу Уссурийского залива понизилась до 2 мР/ч. Верхнего предела природного фона 0,02 мР/ч она достигла на акватории Уссурийского залива в 5–7 км от берега, среднего (0,01 мР/ч) — в 7–10 км.

Из результатов прогноза следовало, что после выхода радиоактивного облака за пределы судоремонтного завода ( $\sim 600$  м) основная масса радиоактивных веществ при его прохождении над полуостровом Дунай была сосредоточена в приземном слое атмосферы на высоте 30–150 м от уровня моря, чему способствовали низкая сплошная облачность и мелкий моросьный дождь, ограничивавшие его вертикальное распространение (высота сопков составляла 30–70 м). В этих условиях плотность выпадения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на береговом следе по мере удаления от места аварии постоянно снижалась от 0,07 до 0,001 Ки/км<sup>2</sup>, что было меньше допустимого нормативами значения для обычного режима проживания населения (до 1 Ки/км<sup>2</sup>). Плотность выпадений  $^{60}\text{Co}$  оказалась выше. На берегу Уссурийского залива она достигала 5 Ки/км<sup>2</sup>, в центральной части полуострова Дунай — 50–100 Ки/км<sup>2</sup>, а за пределами завода (500–600 м от места аварии) — более 200 Ки/км<sup>2</sup>. В случае, если бы радиоактивный след прошел через поселок Дунай, могла возникнуть необходимость в отселении жителей, чего, к счастью, не произошло.

В результате проведенных исследований был уточнен выброс основных дозообразующих радионуклидов, величина которого по  $^{60}\text{Co}$  составила  $(1,2 \pm 0,3) 10^{13}$  Бк,  $^{90}\text{Sr}$  —  $4,11 \cdot 10^9$  Бк,  $^{137}\text{Cs}$  —  $4,4 \cdot 10^9$  Бк и  $^{131}\text{I}$  —  $37 \cdot 10^9$  Бк. Но и на этом этапе задача осталась нерешенной. После выхода радиоактивного облака на берег Уссурийского залива дальнейшее его перемещение по заливу Петра Великого и Приморскому краю определить не удалось.

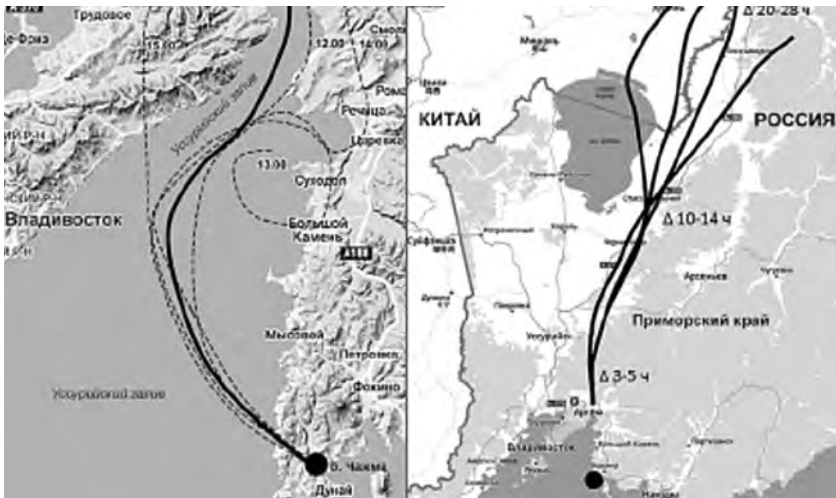
**Отдаленные и трансграничные переносы радионуклидов.** Исследования в этой области продолжались не только в России, но и за рубежом. Напри-



мер, японские и европейские специалисты в 1997–2002 гг. провели оценки последствий гипотетических аварий, которые могли бы произойти при утилизации российских АПЛ вблизи Владивостока. Одно из этих исследований по постановке задачи и исходным данным полностью согласовывалось с ядерной аварией, произошедшей в бухте Чажма летом 1985 г. Отличие состояло в выбранном направлении переноса радиоактивного облака, характерного для зимнего периода, когда преобладают ветры южного направления, перемещающие примесь к берегам Японии и Кореи, а также в том, что в этом исследовании не рассматривалось распространение радионуклидов морским путем.

Анализ переноса и распространения пассивной примеси был выполнен с помощью разработанной в JAERI (Japan Atomic Energy Research Institute) программы WSPEEDI, которую использовали для оценки радиационных последствий гипотетических аварий на японских АЭС с выбросом радионуклидов в приземный слой атмосферы. Программа верифицирована по результатам крупномасштабного эксперимента ETEX (European Tracer Experiment), в ходе которого регистрировали концентрации трассера на удалении до 2 тыс. км от источника, прогноз проводили по сетке с ячейками 50x50 км [14].

Расчеты показали, что через ~16 ч после инцидента вблизи Владивостока попавшие в атмосферу радионуклиды в результате турбулентной диффузии быстро рассеиваются над Японским морем. На удалении 100–300 км от источника их содержание в центральной части радиоактивного облака понижается в  $10^{13}$ – $10^{15}$ , а на периферии — в  $10^{16}$ – $10^{18}$  раз. Задав мощность выброса  $^{131}\text{I}$  на уровне 29 ГБк [7], авторы показали, что при возникновении СЦР в реакторе со «свежим» ядерным топливом загрязнение воздуха на восточном побережье Японии не будет превышать  $3 \cdot 10^{-3-5}$  Бк/м<sup>3</sup>. Используя результаты прогноза, сотрудники JAERI оценили дозы внутреннего и внеш-



**Рис. 8.** Траектории перемещения воздушных масс над Уссурийским заливом с момента аварии с 12 до 15 ч 10 августа 1985 г. и территории Приморья — Китая в последующие 3–28 ч, построенные по данным ретроспективного прогноза. Сплошная линия на рисунке слева — осредненная траектория

него облучения населения Японии за счет вдыхания воздуха и в результате оседания радиоактивных веществ на почву. Расчеты показали, что даже без учета радиоактивного распада  $^{131}\text{I}$ , а также короткоживущих радионуклидов  $^{133}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$  периодов полувыведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма человека ожидаемые дозы облучения для населения Японии будут малы и не превысят миллионных долей от годовой дозы естественного облучения населения, что безвредно для человека (аналогичные оценки получены для населения Кореи).

К такому выводу пришли в 2002 г. и европейские специалисты, проведя независимый прогноз для последствий гипотетических аварий с СЦР в реакторах на АПЛ вблизи Владивостока не только со «свежим», но и с отработавшим ядерным топливом [15]. Однако исследования [14, 15] не преследовали цели комплексного прогноза переноса радиоактивных веществ воздушным и морскими путями, а также оценки последствий гипотетических аварий для населения Приморья, Китая, Японии и Кореи. Как известно, подобные исследования требуют учета локальных особенностей топографии местности и морских акваторий в районе аварии, а также прилегающих областей и на границах перехода «берег–море–берег», что затруднительно было осуществить имевшимися программными средствами прогноза с пространственным разрешением 50х50 км.

К следующему и наиболее полному этапу исследований по данной проблеме, который обобщает предшествующие работы, дополняет их новыми данными и целостным видением, можно отнести ретроспективный прогноз последствий аварии в бухте Чажма, выполненный в ИБРАЭ РАН в 2017 и 2018 гг.

Толчком для развития качественно новых методов моделирования послужила авария на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. С этого момента в ИБРАЭ РАН стали создавать систему прогнозирования радиационной обстановки на основе прогностических полей метеорологических параметров высокого пространственного разрешения 2х2 км на 40 уровнях по вертикали [16, 17]. Расчеты проводили с использованием прогнозов метеобстановки, выполненных Гидрометцентром России, и условий адаптации к особенностям района аварии.

В исследованиях по ядерной аварии в бухте Чажма области формирования радиоактивного следа охватывали все стадии его развития: начальная зона (6х5 км, ~20 мин после аварии) относится к образованию следа на полуострове Дунай, промежуточная (70х90 км, 0,3–3 ч после аварии) — акватории залива Петра Великого и завершающая (400х600 км, ~3–30 ч после аварии) — континентальной части Приморского края и прилегающей к ней провинции Хэйлунцзян в северо-восточной части Китая.

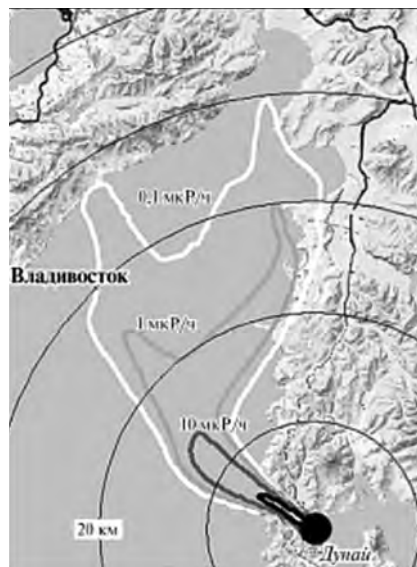
Траекторный анализ перемещения воздушных масс в день аварии над полуостровом Дунай и заливом Петра Великого (ближайший — Уссурийский залив) выявил крайне сложный характер их передвижения (рис. 8). Наиболее компактно воздушные массы перемещались над лесным массивом полуострова Дунай, в результате чего образовался относительно узкий радиоактивный след. На удалении 5–15 км от берега в Уссурийском заливе потоки воздуха стали расходиться, а на выходе из него возникли

разрывы, циркуляции и противотоки, вызванные неидентичностью берегового рельефа и, соответственно, скоростей ветра вдоль них. За пределами Уссурийского залива на юге Приморья передвижение воздушных масс стабилизировалось и приняло относительно устойчивое направление на север вплоть до озера Ханка, однако за ним в районе российско-китайской границы они стали вновь расходиться.

Прогноз изменения радиационной обстановки на полуострове Дунай в результате прохода радиоактивного облака показал, что на начальном этапе образования радиоактивного следа МЭД, обусловленная  $^{60}\text{Co}$ , изменялась в пределах от нескольких десятков до единиц мР/ч. В Уссурийском заливе на удалении 12–15 км от берега она стала сравнимой с природным береговым фоном 10 мкР/ч. По истечении 1,2–2 ч в результате интенсивного рассеяния в центральной части залива (20–40 км) МЭД резко понизилась до 1–0,1 мкР/ч, не оказав существенного воздействия на рекреационную зону Владивостока (пляжи, места отдыха) и населенные пункты (рис. 9). Далее радиоактивное облако через вершину Уссурийского залива вышло на континентальную часть юга Приморья и стало перемещаться на север. Дополнительное увеличение МЭД почвы уже не превышало 1 % от природного фона. В районе озера Ханка облако разделилось на две неравномерные части. Одна, меньшая, пошла вдоль государственной границы по территории Китая на север, вторая, большая — параллельно по территории России, постепенно превращаясь в мелкоразмерные образования, рассеивающиеся на обширном пространстве (рис. 10).

Из данных прогноза, приведенных на рисунке 10, видно, что на удалении 100 и 300 км от места аварии объемная активность воздуха в приземном слое находилась на уровне 0,1–1,0 Бк/м<sup>3</sup> и 0,01–0,1 Бк/м<sup>3</sup> соответственно. Эти значения оказались в десятки, сотни и тысячи раз меньше среднегодовой допустимой объемной активности по  $^{60}\text{Co}$  (11 Бк/м<sup>3</sup>) и  $^{131}\text{I}$  (7,3 Бк/м<sup>3</sup>) и не считаются опасными для населения.

Возвращаясь к предшествующим событиям, следует отметить, что уже в вершине Уссурийского залива допустимая объемная активность  $^{60}\text{Co}$  находилась на уровне меньше нормы, в центральной его части соответствовала нескольким единицам, а на входе радиоактивного облака в залив превышала в тысячи и десятки тысяч раз. Но при таких обстоятельствах, ввиду меньшего (в сотни раз) исходного выброса  $^{131}\text{I}$  в атмосферу по сравнению



**Рис. 9.** Радиоактивное загрязнение полуострова Дунай и Уссурийского залива после ядерной аварии 10 августа 1985 г. на АПЛ К-431 (ретроспективный прогноз)



**Рис. 10.** Динамика развития радиоактивного облака и его перемещение над территорией Приморья и Китая через 6 и 20 ч после ядерной аварии в бухте Чажма (ретроспективный прогноз)

с  $^{60}\text{Co}$ , содержание  $^{131}\text{I}$  в приземном слое воздуха практически на всей акватории Уссурийского залива уже не превышало допустимой нормы. Уссурийский залив сыграл крайне важную роль защитного барьера, обеспечив безопасность населения Приморья и не допустив получения дополнительной дозовой нагрузки более долей единиц процентов по сравнению с природным радиоактивным фоном.

В течение многих лет после ядерной аварии не прекращались натурные исследования и модельные расчеты с целью воспроизведения динамики переноса техногенных радионуклидов не только воздушным путем, но и с морской водой. К последним относятся выполненные в 1997–1998 гг. совместно со специалистами США исследования ИБРАЭ РАН [18]. Построение поля течений в заливе Стрелок в интересах прогноза переноса техногенных радионуклидов из бухты Чажма в Японское море осуществляли специалисты Тихоокеанской северо-западной лаборатории США (PacificNorthwestLaboratory, Richland) с помощью океанической модели (PrincetonOceanModel, 1987), адаптированной к заливу Стрелок (пространственное разрешение 400х400м). Результаты прогноза сопоставляли с экспериментальными данными, полученными в районе аварии на Тихоокеанском флоте [13].

Прогноз поля течений от поверхности залива до дна, а также последующие расчеты показали, что радиоактивные вещества после аварии выходили в Японское море преимущественно с поверхностным слоем воды через восточный проход залива Стрелок. В западный проход они поступали с гораздо меньшей скоростью и в ограниченном количестве, поскольку ввиду наличия в нем котловины глубиной от 5 до 25 м, отделенной от открытой части моря мелководьем, процесс переноса был замедлен. Радионуклиды в основном перемещались в среднем и придонном слоях воды и оседали на дно (рис. 11).



**Рис. 11.** Прогноз переноса радиоактивных веществ поверхностным слоем морской воды через западный (слева) и восточный (справа) проходы залива Стрелок.  
Фактическое загрязнение донных отложений западного и восточного прохода залива  
Данные мониторинга 1990 г., Бк/кг

Быстрому выходу загрязненной морской воды по поверхности западного прохода залива Стрелок в направлении кратчайшего расстояния до залива Петра Великого и Японского моря в день аварии и в течение последующих нескольких суток также препятствовали устойчивые ветры северных направлений, которые заставляли ее двигаться в противоположную сторону — через восточный проход. По этой причине по восточному проходу залива Стрелок радионуклиды перемещались в течение 4–5 суток и при подходе к Японскому морю образовали обширный шлейф шириной 10–15 км.

При начальном радиоактивном загрязнении поверхностного слоя морской воды вблизи аварийной АПЛ в бухте Чажма на уровне  $\sim 2 \cdot 10^8$  Бк/м<sup>3</sup> (в  $5 \cdot 10^5$  раз выше допустимой концентрации — 370 Бк/м<sup>3</sup> — для смеси радионуклидов неизвестного состава [12]) через 4–5 суток на выходе из восточного прохода залива Стрелок содержание радионуклидов в воде понизилось до 0,5–2 Бк/м<sup>3</sup> (менее 0,01 допустимой концентрации). В течение последующих 5 суток в открытой части Японского моря это значение существенно уменьшилось, достигнув шестикратного разбавления (в миллионы раз) [19]. Соответственно, техногенные радионуклиды в концентрациях, превышающих допустимые значения, не достигли берегов Кореи и Японии и не оказали влияния на рыбный промысел в нейтральных водах Японского моря (рис. 12).

Эти исследования позволили прийти к очень важному заключению, что залив Стрелок также сыграл роль мощного природного защитного барьера по отношению к заливу Петра Великого и северо-западной части Японского моря. Особая важность отмеченного об-



**Рис. 12.** Распространение и кратность разбавления загрязненной морской воды, поступившей из залива Стрелок в Японском море в течение 5 суток после аварии  
1–6 — разбавление в 101–106 раз

стоятельства с учетом предшествующих исследований связана с тем, что последствия аварии вызвали серьезную озабоченность населения не только Приморского края, но Японии, Кореи и Китая, так как все полагали, что радиоактивные вещества сразу после аварии по воздуху напрямую пошли на Владивосток, его пригороды и Китай, а загрязненная вода попала в Японское море. Последующие совместные международные российско-японско-корейские морские экспедиции 1994, 1995 и 1997 гг. при участии представителей МАГАТЭ подтвердили отсутствие загрязнения донных отложений  $^{60}\text{Co}$  в Японском море и других морях Тихоокеанского региона [20].

**Человеческие потери, ущерб, нанесенный здоровью людей и окружающей среде, работы по радиоэкологической реабилитации.** В результате воздействия ударной волны, высокой температуры и радиационных поражений мгновенно погибли находившиеся в реакторном отсеке восемь офицеров и два матроса. Еще два человека скончались через несколько лет (офицер и бывший матрос). Наибольшую дозовую нагрузку получили военнослужащие, тушившие пожар и боровшиеся за живучесть тонущей АПЛ К-431, а также занимавшиеся экстренной дезактивацией АПЛ К-42, ПКДС-12 и ПМ-133. Статистика показала, что из выбранных ~ 90 % числа участников реабилитации (1841 человек) наибольшие дозы получили военнослужащие: свыше 150 бэр — 1 человек, 100–150 бэр — 25 человек, 50–100 бэр — 23 человека, 25–50 бэр — 43 человека, 15–25 бэр — 36 человек, 5–15 бэр — 133 человека, 0,5–5 бэр — 643 человека и менее 0,5 бэр — 9 человек. Среди рабочих и служащих завода: 25–50 бэр — 2 человека, 15–25 бэр — 1 человек, 5–15 бэр — 41 человек, 0,5–5 бэр — 284 человека, менее 0,5 бэр — 600 человек [13].

На К-431 были разрушены ядерный реактор и отсек, вся АПЛ загрязнена радиоактивными веществами. Состояние АПЛ после столь тяжелой аварии исключало ее восстановление, она долгие годы находилась в отстое в бухте Павловского. Позже ее утилизировали до трехотсечного блока на Дальневосточном заводе «Звезда» и в 2011 г. поместили в пункт изоляции в бухте Разбойник вблизи от места аварии. Стоявшая рядом АПЛ К-42 после аварии не эксплуатировалась, также была выведена из состава флота, длительное время находилась в отстое и в 2003 г. была утилизирована (одна из причин утилизации — радиоактивное загрязнение). Выполнявшая подъем крышки реактора плавучая мастерская ПМ-133 получила механические повреждения легкой и средней тяжести и высокое радиоактивное загрязнение. Долгое время ее дезактивировали и ремонтировали, но ввели в строй, и она более 15 лет использовалась по прямому назначению (в настоящее время утилизирована).

Около 30 % территории судоремонтного завода № 30 и находившиеся на ней здания, сооружения, цеха подлежали многократной дезактивации. Наиболее важные из них ввели в эксплуатацию в течение 1–3 месяцев, остальные — поэтапно, они эксплуатировались в ограниченном режиме. Период реабилитации завода завершился через 9 месяцев. Больших усилий потребовала дезактивация пирсов, прибрежной полосы, прилегающей территории завода. О масштабах проведенных работ по радиоэкологической реабилитации свидетельствует такой пример. В течение 2 лет после аварии была ликвидирована сопка высотой 70 м, которая первой попала под радиоактивное облако и была сильно загрязнена. Ее

чистые подстилающие породы использовали для разбавления поверхностного радиоактивного загрязнения до допустимых норм, и они пошли на другие нужды, что допускалось нормами радиационной безопасности.

Одновременно с работами по углублению дна в течение 3–5 лет после аварии была дезактивирована часть донных отложений в районе постройки новой причальной стенки для надводных кораблей в заводской акватории (~200 000 м<sup>2</sup>) и прилегающая к заводу со стороны озера-котлована технологическая площадка (~35 000 м<sup>2</sup>).

В 1992 г. ликвидировали временное хранилище радиоактивных отходов (~2000 м<sup>3</sup>), которое создали на радиоактивном следе в 2 км от завода в первые дни после аварии в целях экстренной дезактивации СРЗ-30. Для сбора отходов, накапливавшихся в течение 9 месяцев в результате дезактивации завода и прилегающих территорий, на 375-й береговой технической базе, которая располагалась в 7 км от поселка Дунай, было создано пять траншейных хранилищ общей вместимостью ~8000 м<sup>3</sup>, которые заполнили полностью.

Береговой радиоактивный след на полуострове Дунай не удаляли, так как он находился на необитаемой части лесного массива. На второй день после аварии была выделена область максимального радиоактивного загрязнения (~2 км<sup>2</sup>), которую обозначили знаками радиационной опасности и оградил. На естественную дезактивацию были также оставлены загрязненные донные отложения залива Стрелок (~30 км<sup>2</sup>) и прилегающая к радиоактивному следу часть Уссурийского залива (~40 км<sup>2</sup>) в силу незначительной радиоэкологической опасности.

Максимально загрязненный участок бухты Чажма (~12000 м<sup>2</sup>) вокруг эпицентра аварии также был оставлен на естественную дезактивацию. Такое решение приняли в связи с невозможностью дезактивации находящихся на глубине до 30 м донных отложений из-за отсутствия необходимых технических средств. Последующий многолетний контроль показал, что радиационная обстановка в районе эпицентра в целом остается нормальной и отвечает действующим требованиям безопасности персонала и судов от всех видов излучений. Это связано с тем, что осевшие на дно техногенные радионуклиды надежно экранируются 3–30-метровым слоем морской воды (слой воды 2–3 м в 10<sup>4</sup> ослабляет гамма-излучение <sup>60</sup>Co). В морской воде до 0,5 м от дна содержание <sup>60</sup>Co соответствует 10–200 Бк/м<sup>3</sup> (менее 0,05 допустимой концентрации), выше 3–5 м — < 1 Бк/м<sup>3</sup>, содержание <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr все годы остается на уровне фона 3–5 Бк/м<sup>3</sup>. В результате этого в фауне и флоре удельная активность техногенных радионуклидов не превышает 0,001–0,1 допустимой концентрации.

Решение об оставлении района эпицентра аварии на естественную дезактивацию имело социально-экономическое и радиоэкологическое обоснование. Оно базировалось на многолетних результатах расширенного мониторинга радиоэкологической обстановки в эпицентре аварии, которые выполняли специалисты флота совместно с радиобиологической лабораторией завода. Для этого еще в начале 1990-х годов приступили к систематическому радиационному картографированию донных отложений и целевому отбору проб необходимых видов фауны и флоры. Изучалась динамика перемещения водных масс в придонном слое бухты Чажма, пространственно-временная трансформация области загрязнения, миграция радионуклидов по



трофическим цепочкам. Это позволило осуществить прогноз изменения радиоэкологической обстановки в донных отложениях на 15 лет вперед, до 2015 г. Он показал приемлемость режима естественной дезактивации, что постоянно подтверждалось экспертными оценками независимых организаций и контролирующих органов. Аналогичный подход применялся и для контроля над радиоэкологической обстановкой на береговом радиоактивном следе.

Кроме отмеченного выше, в принятии решения о естественной дезактивации сыграло большую роль и то обстоятельство, что оставление радиоактивного загрязнения на дне представляло меньшую опасность по сравнению с ожидаемыми высокими радиационными рисками, которые могли возникнуть в процессе выполнения работ по радиоэкологической реабилитации акватории. За прошедшие 30 лет выбранный подход полностью оправдал себя. И все же проблема реабилитации акватории бухты Чажма не может считаться окончательно решенной в связи с тем, что в иловых осадках продолжают оставаться высокорadioактивные мелкие фрагменты разрушенной активной зоны реактора. К тому же в настоящее время уже появились приемлемые методы и способы дезактивации таких загрязнений [21].

Важно отметить, что последствия ядерной аварии были бы значительно тяжелее и масштабнее, если бы подобная авария произошла до перезагрузки активной зоны, так как отработавшее топливо обладает значительно большим радиационным потенциалом, чем «свежее».

\*\*\*

Несмотря на сложившиеся неблагоприятные обстоятельства, основной причиной ядерной аварии на АПЛ К-431 следует считать человеческий фактор. Аварии можно было избежать при грамотном проведении работ и высокой ответственности за порученное дело руководителя перегрузки, принявшего недопустимое решение по применению штатного способа использования комплекта перегрузочного оборудования при подъеме крышки реактора, а также руководителей верхнего уровня, отвечавших за подготовку и выполнение этой операции. Требованиями по мерам ядерной безопасности при подъеме крышки реактора с заполненной активной зоной и теплоносителем запрещено пребывание в отсеке посторонних лиц, за исключением работающей смены, что было нарушено и привело к гибели не причастных к операции военнослужащих. Кроме этого, в соответствии с инструкцией при подъеме крышки реактора с использованием плавкрана ПМ-133 на случай непредвиденных событий акватория, на которой ведутся ядерно опасные работы, должна закрываться, что также не было исполнено.

Важная физическая особенность при выполнении работ по подъему крышки реактора, загруженного «свежим» ядерным топливом, состоит в том, что пусковое положение компенсирующей решетки для реактора ВМ-А составляло всего несколько десятков миллиметров от ее крайнего нижнего положения, в то время как для отработавшей зоны это расстояние было во много раз больше. Поэтому при загруженной «свежим» топливом активной зоне даже незначительное перемещение решетки вверх могло привести к неконтролируе-



мой самоподдерживающейся цепной реакции. Однако на эту потенциальную опасность не было обращено специальное внимание исполнителей, и физик, недооценив ее, погиб вместе с другими военнослужащими.

С учетом недостатков технического устройства, которое использовалось для обеспечения безопасности подъема крышки при перегрузке топлива в реакторах ВМ-А на АПЛ первого поколения, последующие поколения реакторов имеют более совершенное оборудование, их конструкция исключает несанкционированное перемещение компенсирующих органов при подъеме крышки.

До освоения и широкого использования ядерной энергетики обеспечение безопасности объектов техносферы ограничивалось применением различных технических средств. Специфика атомной энергетики потребовала более широкого подхода, который получил название «культура безопасности» [22]. Культура безопасности — новое для инженерной практики понятие, смысл которого заключается в отношении человека к проблемам безопасности при выполнении служебных обязанностей. Согласно принятым международной консультационной группой по ядерной безопасности (INSAG) определениям это набор характеристик и особенностей деятельности организаций и отдельных лиц, в котором безопасности работы объектов ядерной энергетики отдается высший приоритет.

Уроки тяжелой ядерной аварии в бухте Чажма еще раз доказывают непреложность строгого выполнения положений культуры безопасности, отсутствие которой явилось одной из основных причин взрыва на АПЛК-431.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роль российской науки в создании отечественного подводного флота / Под общей редакцией А. А Саркисова. М.: Наука, 2008.
2. Саркисов А. А., Гусев Л. Б., Калинин Р. И. Основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов. М.: Наука, 2008.
3. Саркисов А. А., Пучков В. Н. Физика переходных процессов в ядерных реакторах. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Высоцкий В. Л. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в арктические и дальневосточные моря («Белая книга-2000»). М.: ИздАТ, 2005.
5. Маклафлин Т. П., Шан П. и др. Обзор ядерных аварий с возникновением СЦР. США. Лос-Аламос, Нью-Мексико 87545. Лос-Аламосская национальная лаборатория LA-13638, 2003.
6. Сивинцев Ю. В. Число делений при аварии на атомной подводной лодке в бухте Чажма в 1985 г. // Атомная энергия. 2000. Т. 89. Вып. 3. С. 256.
7. NATO/CCMS Pilot Study: Cross-Border Environmental Problems Emanating from Defence-Related Installations and Activities, Phase 11: 1995–1998, Final Report, v. 4, Environmental Risk Assessment for Two Defence-Related Problems, Report No. 227, NATO, 1998.

8. Сивинцев Ю. В. Была ли авария в Чажме дальневосточным Чернобылем // Атомная энергия. 2002. Т. 94. Вып. 6. С. 472–479.
9. Арутюнян Р. В., Данилян В. А., Высоцкий В. Л. и др. Анализ и оценка радиоэкологических последствий ядерной аварии в бухте Чажма. М.: Препринт № IBRAE-98-09, 1998.
10. Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Данилян В. А. Радиоэкологические последствия радиационной аварии на атомной подводной лодке в бухте Чажма // Атомная энергия. 1994. Т. 76(2). С. 158–160.
11. Чайковская Э. Л., Высоцкий В. Л., Гичев Д. В. Закономерности формирования радиационной обстановки на территории Приморского края // Атомная энергия. 2001. Т. 91. Вып. 3. С. 223–237.
12. Руководство по контролю за радиоактивным загрязнением внешней среды и внутренним облучением личного состава кораблей с атомными энергетическими установками (РКВС-90). М.: Воениздат, 1991.
13. Данилян В. А., Высоцкий В. Л., Андреев А. А. и др. Авария ядерной энергетической установки АПЛ К-431 10 августа 1985 года на 30 СРЗ ВМФ в бухте Чажма. Владивосток: Материалы доклада Командующего ТОФ представителю Президента РФ по Приморскому краю, 1992.
14. Takano M. et al. Reactivity Accident of Nuclear Submarine near Vladivostok // J. of Nucl. Science and Technology. 2001. V. 38. № 2. P. 143–157.
15. Compton K.L., Novikov V.N., Parker F.L., Sivintsev Yu.V The Radioactive Legacy of the Russian Pacific Fleet Operations and Its Potential Impact on Neighboring Countries. Austria, Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis, Final Review Draft, 2002.
16. Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Припачкин Д. А. и др. Оценка выброса радионуклидов при аварии на АЭС Фукусима-1 (Япония) // Атомная энергия. 2012. Т. 112. Вып. 3. С. 159–163.
17. Арутюнян Р. В., Припачкин Д. А., Сорокикова О. С. и др. Система ПАРРАД и ее испытания на реальных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу // Атомная энергия. 2016. № 3. С. 169–173.
18. Migration of Radioactive Contaminants from the 1985 Chazhma Bay Submarine Reactor Accident and Fire — Joint U.S.-Russian SCOPING Investigation. Richland, Washington. Pacific Northwest National Laboratory — PNNL. Moscow. Nuclear safety Institute (IBRAE) of the Russian Academy of Sciences. 1998.
19. Антупов С. В., Саркисов А. А., Высоцкий В. Л. и др. Радиоэкологические последствия эксплуатации и утилизации объектов атомного флота в Дальневосточном регионе. М.: ИБРАЭ РАН, 2010.
20. Pettersson H.B.L., Amano H., Berezhnoy V.L., Chaykovsraya E. et al. Anthropogenic Radionuclides in Sediments in the NW Pacific Ocean and its Marginal Seas: Results of the 1994–1995 Japanese-Korean-Russian expeditions // The Science of the Total Environment. 1999. V. 237/238. P. 213–224.
21. Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Никитин В. С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. М.: Юлис, 2015.
22. Саркисов А. А. Феномен восприятия общественным сознанием опасности, связанной с ядерной энергетикой // Вестник РАН. 2012. № 1. С. 9–18.

## На защите родины экономить нельзя\*

**О радиофобии, пользе малых реакторов и перспективах развития жидкометаллических установок, о подводном флоте страны и его связи с академиком Александровым рассказывает академик РАН, доктор технических наук Ашот Саркисов.**

Вы предложили мне высказаться по трем самостоятельным и разнородным темам. Попытаюсь кратко изложить свои соображения, акцентируя внимание на основных положениях.

Начну с феномена гипертрофированного восприятия общественным сознанием опасности, связанной с атомной энергетикой. Следует отметить, что отношение человека к окружающим его опасностям — практически неизученная область психологии. Приведу лишь один пример. Известно, что ежегодно от укусов малярийных комаров погибает более 800 тысяч человек, от укусов змей — около 100 тысяч, жертвами крокодилов становятся 2000, акул — менее 10 человек.

Несмотря на несопоставимость приведенных цифр, опасность акул в усредненном общественном сознании представляется значительно масштабнее, чем опасность малярийного комара; каждый случай нападения акулы на человека становится предметом широкого освещения и обсуждения в средствах массовой информации. Столь же неадекватна реакция человека на разного рода техногенные опасности, которые в категориях ущерба стали не только соизмеримыми с негативными природными воздействиями, но нередко и превосходящими их, о чем наглядно свидетельствуют события последних десятилетий (см. Справку).

Если говорить о ядерной энергетике, то в течение относительно короткой истории своего существования она подверглась трем экстремальным испытаниям: авария на втором энергоблоке АЭС «Три-Майл Айленд» (США, 1979 год), авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС (СССР, 1986 год) и, наконец, авария на АЭС «Фукусима-1» (Япония, 2011 год).

Чернобыльская авария была крупнейшей за всю историю ядерной энергетики. В СССР к началу 1990-х годов прямой ущерб, включая затраты на ликвидацию ее последствий, составил, по разным данным, от \$10 млрд до \$12,6 млрд. В последующие годы на программы преодоления последствий аварии была потрачена значительная часть национальных бюджетов, особенно в Республике Беларусь и на Украине. Из-за различия применяемых методик существует большой разброс в оценках косвенных потерь, связанных с сокращением производства электроэнергии, выводом из оборота сельскохозяйственных земель, свертыванием строительства новых АЭС и другими мероприятиями.

Если размеры прямых потерь от чернобыльской аварии в трех наиболее пострадавших государствах — Белоруссии, России и Украине — исчисля-

---

\* Журнал «Атомный эксперт», №6 (57) 2017

ются десятками миллиардов долларов, то косвенные потери составляют на порядок больше. Такая оценка качественно совпадает с результатами исследования потерь от гипотетической аварии на современной французской АЭС с выбросом в окружающую среду около 1 % ядерного топлива. Полная сумма прямых и косвенных потерь от подобной аварии может составить до 400 млрд евро.

До освоения и широкого использования ядерной энергетики обеспечение безопасности объектов техносферы ограничивалось применением различных технических средств. Специфика атомной энергетики потребовала более широкого подхода, который получил название «культура безопасности». Это понятие появилось в процессе анализа причин чернобыльской аварии, а в научно-техническую терминологию оно вошло после публикации «Итогового доклада послеаварийной обзорной конференции по чернобыльскому реактору», подготовленного Международной консультационной группой по ядерной безопасности (INSAG).

Культура безопасности — новое для инженерной практики понятие, смысл которого заключается в отношении человека к проблемам безопасности при выполнении его служебных обязанностей. Согласно принятым INSAG определениям, это набор характеристик и особенностей деятельности организаций и отдельных лиц, в котором безопасность работы АЭС обладает высшим приоритетом. Эта непреложная истина должна быть принята как руководство к действию на всех без исключения иерархических уровнях управления в государстве.

Экспертами признано, что отсутствие культуры безопасности стало одной из причин чернобыльской аварии. Многолетний опыт эксплуатации атомных станций и других радиационно опасных объектов показывает, что возникновение большинства аварий и инцидентов так или иначе связано с поведением людей, их отношением к своим обязанностям и обеспечению безопасности.

На современном этапе развития цивилизации проблемы безопасности техносферы приобрели подлинно глобальный характер. Непрерывное увеличение энергопотребления и единичных мощностей энергогенерирующих объектов, повышение плотности и интенсивности использования транспортных коммуникаций, механизация всех сфер хозяйственной деятельности и быта человека — все это с неизбежностью приводит к росту энергонасыщенности техносферы.

Объективная потребность в более широком толковании безопасности привела к появлению, наряду с понятием технологической безопасности, таких новых понятий, как «энергетическая безопасность», «экологическая безопасность», «продовольственная безопасность», «информационная безопасность» и тому подобных.

В современных условиях подходы к обеспечению безопасности, определяемые концепцией ее культуры, утрачивают исчерпывающую роль и становятся недостаточными. Обеспечение безопасности техносферы требует еще более универсального и широкого подхода, который должен базироваться на положениях новой области знаний — философии безопасности.

Безопасность как ценностная категория в сознании человека приобретает все большее значение и актуальность. Возникла насущная необходимость в глубоком и всестороннем осмыслении этой философской категории, что требует привлечения к анализу всего многообразия формирующих ее технологических, социальных, экономических, психологических, духовно-гуманитарных и других факторов.

**Начальным ориентиром в понимании ее содержания может служить перечень следующих актуальных направлений:**

- место безопасности на шкале человеческих ценностей и эволюция отношения человеческих сообществ к безопасности в историческом аспекте;
- факторы, определяющие восприятие опасности техногенного, природного или социального характера, их относительная роль и взаимозависимость в процессе формирования стереотипов сознания и практического реагирования;
- соотношение процессов и факторов индивидуального и коллективного восприятия внешних опасностей;
- механизм и закономерности формирования в человеческом сознании представления о приемлемом уровне безопасности.

Не углубляясь далее в философскую тематику, кратко остановлюсь лишь на последнем из перечисленных направлений.

Приемлемым принято считать такой уровень безопасности объектов техносферы, при котором связанные с ними угрозы для жизни или здоровья людей, а также возможный вред для окружающей среды не вызывают массового отторжения или протеста населения против использования этих объектов. Понятие приемлемого уровня безопасности отражает консолидированное отношение человеческих сообществ (стран, регионов, определенных контингентов или групп населения) к повседневному использованию тех или иных технологий и объектов техносферы.

Изучение общественного мнения, а также реакция населения на аварии, катастрофы и стихийные бедствия убеждают в том, что приемлемый уровень безопасности — это скорее ощущение, формируемое на подсознательном уровне, чем осознанная рациональная категория. Приемлемый уровень безопасности объектов техносферы формируется в представлениях людей как продукт совокупного коллективного опыта человеческого сообщества, сложным образом трансформированного в подсознательное ощущение.

Например, несмотря на весьма неблагоприятную статистику гибели и увечий людей в результате автомобильных и авиационных аварий, уровень безопасности, достигнутый в современных автомобиле- и авиационном, в организации автомобильной и авиационной транспортных систем, признается обществом приемлемым. Об этом убедительно свидетельствуют постоянное увеличение числа продаж автомобилей и рост пассажиропотоков на воздушных линиях.

В то же время научно обоснованная разработчиками АЭС очень малая вероятность так называемых запроектных аварий реакторов с выбросом радионуклидов в окружающую среду практически не влияет на устойчивое

негативное отношение к атомной энергетике значительной части жителей многих стран мира. Другими словами, приемлемость того или иного уровня безопасности в большей степени связана с коллективным восприятием, нежели с индивидуальным осознанием реальных значений техногенных рисков той или иной природы.

При этом уровень приемлемого риска формируется на основе компромисса между выгодой (экономия времени, средств, комфорт, получаемое удовольствие и так далее) и потенциальной опасностью. Чем непосредственнее ощущение получаемой пользы, тем выше порог приемлемого обществом риска. Именно этим можно объяснить отсутствие массовых выступлений против использования автомобильного транспорта или авиации.

Для выстраивания эффективной стратегии обеспечения безопасности техносферы принципиальное значение имеет ранжирование различных рисков по степени связанного с ними интегрального ущерба. Однако решение этой задачи затрудняется тем, что в отношении безопасности в общественном сознании часто наблюдаются труднообъяснимые аномалии и перекосы, а порою и удивительные парадоксы. Один из широко известных парадоксов такого рода — гипертрофированное восприятие опасности, связанной с атомной энергетикой, в частности, с последствиями аварий на АЭС.

Особенно наглядно этот феномен проявился во время аварии на АЭС «Фукусима-1», произошедшей в результате катастрофического землетрясения и вызванного им цунами. Магнитуда землетрясения составляла девять баллов — это максимум для Японии за весь период наблюдений. Высота волны цунами также была беспрецедентной — около 15 м. В результате исключительных по масштабу стихийных бедствий погибло или пропали без вести более 27 тыс. человек. Восстановление районов, разрушенных землетрясением и цунами, по оценке министра экономики Японии, обойдется в \$184 млрд.

Сравним эти цифры с количеством человеческих жертв и экономическим ущербом от аварии на АЭС «Фукусима-1». В результате водородного взрыва на станции погибли два человека и 11 получили ранения. Случаев опасного радиационного поражения людей в дни аварии зафиксировано не было. Затраты компании ТЕРСО, которой принадлежит эта АЭС, на компенсацию убытков пострадавшим в результате аварии людям и местному бизнесу могут составить \$23,6 млрд. Еще около \$10 млрд компания потратит на запуск и эксплуатацию замещающих энергоагрегатов, работающих на органическом топливе. Таким образом, затраты, связанные с аварией на АЭС «Фукусима-1», примерно на порядок меньше тех, которые необходимы для компенсации ущерба от землетрясения и цунами.

Несмотря на несопоставимость человеческих потерь и материального ущерба от землетрясения и цунами с одной стороны, и от аварии на АЭС — с другой, внимание всех средств массовой информации было полностью приковано к событиям, которые разворачивались на аварийной станции. В резонансе со средствами массовой информации формировались реакция населения и общественное мнение. Такое гипертрофированное отношение общества к опасности, исходящей от объектов атомной энергетике, не стало

неожиданным, оно наблюдается на протяжении всей истории развития этой отрасли. Факты, связанные с землетрясением в Японии и последовавшими за ним событиями на АЭС «Фукусима-1», позволили еще раз с предельной убедительностью продемонстрировать эту закономерность на поставленном природой масштабном эксперименте.

### **Крупнейшие «неатомные» аварии за последние 40 лет**

**1975 год** — прорыв плотины водохранилища Банкяо (Китай);  
**последствия:** затопление территорий, гибель более 170 тыс. человек.

**1984 год** — авария на химкомбинате в Бхопале (Индия);  
**последствия:** 18 тыс. человек погибли, около 200 тыс. получили несмертельные отравления.

**1989 год** — взрыв углеводородов под Уфой (Россия);  
**последствия:** погибли 645 человек, ранено более 600.

**2009 год** — катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС (Россия);  
**последствия:** погибли 75 человек, нанесен ущерб оборудованию и помещениям станции.

**2010 год** — взрыв платформы «Дипуотер Хорайзон» в Мексиканском заливе (США);

**последствия:** утечка 700 тыс. тонн нефти в открытый океан, экосистема региона пострадала на десятилетия.

**Ежегодно** — автомобильные аварии;

**последствия:** гибель более 1,2 млн человек, 50 млн получают травмы (данные ВОЗ).

### **О том, как преодолеть радиофобию**

Мой многолетний опыт взаимодействия с общественностью по поводу сопоставления рисков атомной энергетики с рисками от других источников энергии показывает, что преодолеть этот перекоп в массовом сознании традиционными методами (эпизодической разъяснительной работой, использованием телевидения, радио, печатных изданий и так далее) невозможно.

Стало очевидно, что без выявления причин такой реакции общества на аварии, связанные с ядерными объектами, нельзя обосновать и предложить эффективные методы и инструменты для коррекции этой аномалии, укоренившейся в массовом сознании. Замечу, что это формируемое на бессознательном уровне ощущение возникает в конкретной материальной среде и опосредованно опирается на вполне реальные факторы. Так, страх перед атомной энергетикой многократно усилился после аварии на Чернобыльской АЭС, а после аварии на «Фукусиме-1» еще больше завладел умами людей во многих странах мира.

Корни этого феномена связаны с рядом как субъективных, так и объективных факторов. К числу первых следует отнести несколько укоренившихся в массовом сознании стереотипов.

Многие считают, что риски для населения от близости атомных электростанций намного больше, чем от тепловых, что атомная станция даже в штатном режиме эксплуатации наносит вред окружающей среде, в то время как это один из наиболее чистых источников энергии.

Другой устоявшийся стереотип состоит в том, что радиоактивность имеет техногенную природу. В действительности же это естественное свойство элементов. Даже в самых экологически чистых местах земного шара есть радиационный фон, нередко существенно превышающий уровни, характерные для территорий технических радиационно опасных объектов.

В сознании людей атомная энергетика прочно ассоциируется с атомным оружием. Все хорошо помнят, что АЭС возникли как побочный продукт атомного оружейного комплекса. В отличие от многих других видов техногенной опасности, воздействие радиационных факторов (во всяком случае, на начальной стадии) незаметно, что формирует у людей представление об этой опасности как о чем-то таинственном и зловещем.

Если проанализировать хотя бы только перечисленные выше стереотипы, становится ясно, что в основе аномального восприятия радиационной опасности лежит недостаточная техническая осведомленность населения о безопасности атомной энергетике, и в частности слабая информированность о средствах ее обеспечения на современных АЭС. Истоки этого — в системе школьного образования. Уровень знаний выпускников школ в области физики, в частности атомной, химии, математики и других точных наук часто бывает весьма низким. Не вселяют оптимизма и планируемые новшества, в частности внедрение нового Федерального государственного образовательного стандарта, в котором такие базовые для подготовки специалистов атомной отрасли дисциплины, как физика, химия, информатика, алгебра и геометрия, вынесены в блок необязательных предметов.

Кроме всего прочего, неудовлетворительная подготовка выпускников школ по атомной физике, радиационной безопасности, радиоэкологии и общей энергетике в значительной степени объясняется низким качеством учебной литературы. Ни в одном из многих просмотренных мною школьных учебников я не обнаружил хотя бы очень краткого, но внятного изложения вопросов, касающихся безопасности техносферы, и в частности такой остро воспринимаемой обществом проблемы, как проблема безопасности атомной энергетике.

В этих учебниках также ничего не говорится о природе различных техногенных рисков и их ранжировании по степени опасности для человека и окружающей среды. Более того, некоторые авторы весьма тенденциозно, а порой недостаточно грамотно излагают вопросы, связанные с радиационной опасностью.

Не последнюю роль в формировании гипертрофированной реакции населения на атомную энергетику играют средства массовой информации и современные информационные технологии. Этот фактор особенно наглядно проявился после аварий на Чернобыльской АЭС и на «Фукусиме-1». То же самое следует сказать о некоторых произведениях литературы и искусства, к которым читатели относятся с большим доверием, чем к газетам, журналам, Интернету, радио и телевидению. Это объясняется тем, что опи-



сание фактов, облеченное в художественную форму, убедительнее; оно глубже отражается в сознании и запоминается лучше, чем те же сведения, представленные средствами массовой информации.

Поэтому ответственность деятелей искусства, обращающихся к такой деликатной проблеме, как безопасность атомной энергетики, должна быть особенно высокой. Еще одна причина негативного восприятия частью населения атомной энергетики — такая особенность психологии массового сознания, как недоверие к власти, настороженное (заведомо критическое) отношение к ученым-атомщикам и вообще к работникам атомной отрасли. Большая часть населения воспринимает то, что говорят эти люди, с позиции презумпции их виновности. Значительно охотнее обыватели прислушиваются к их оппонентам — противникам атомной энергетики, в том числе к тем, кто сознательно вводит в заблуждение население по разным конъюнктурным соображениям, а также к далеким от этой области знаний добросовестно заблуждающимся дилетантам.

Одно из важнейших направлений в коррекции неадекватного восприятия опасности, связанной с техногенной сферой, — последовательная учебно-просветительская работа. В отношении к проблеме техногенной опасности, и особенно к такой ее составляющей, как атомная энергетика, одинаково вредны обе крайности — недооценка и преувеличение риска. Уже на стадии школьного обучения должны закладываться основы грамотного и осознанного отношения к восприятию опасностей, исходящих от окружающей нас техносферы.

После школы обучение нужно продолжать в вузе и на производстве. Просвещение должно охватывать все слои населения, в том числе и неработающих людей. Развитие атомной энергетики — один из стратегических приоритетов государства, поэтому организацию образовательной и просветительской работы в этой области также следует считать задачей государственной важности.

Для устранения неадекватного восприятия общественным сознанием разнородных техногенных опасностей, и в частности для преодоления господствующей среди большей части населения радиофобии, необходима работа по двум основным направлениям. Первое из них, повторюсь, — это ликвидация технической безграмотности населения, которая, к сожалению, не стала предметом системной работы государственного масштаба для тех специалистов, которые борются за формирование общественного мнения.

Пример хорошо налаженной образовательной системы такого рода — Франция, где очень правильно поставлена работа, начиная со школьной скамьи. Детям рассказывают, и они понимают, что атомная энергетика потенциально опасна, но все технические средства, которые используются, гарантируют ее абсолютно безопасное применение и особенно высокую экологичность, что в наше время чрезвычайно важно. Эта задача достаточно ясная, и для ее решения требуются надлежащее внимание, а также организационные меры на государственном уровне. Но только этим способом проблему радиофобии полностью решить невозможно.

Необходимо углубленное изучение психологических особенностей восприятия опасности отдельным человеком и коллективом. Философия безо-

пасности — это совершенно новая научная область, которая требует изучения, развития и практического внедрения в целях формирования более адекватного восприятия опасности, связанной с атомной энергетикой. Так что работа должна осуществляться одновременно по двум вышеназванным генеральным направлениям.

Нужно отметить, что имеются и объективные причины негативного отношения общества к атомной энергетике, которые связаны с особенностями, присущими работе только ядерных реакторов.

### О том, как обезопасить реактор

В ядерном топливе беспрецедентно высока концентрация энергии. При одном акте деления ядра урана выделяется в среднем 200 млн эВ энергии.

Если принять загрузку активной зоны реактора с водой под давлением в составе энергетического блока электрической мощностью 1 ГВт равной 70 т урана с обогащением 4 %, то легко подсчитать, что полная потенциальная энергия деления всех ядер  $^{235}\text{U}$  составит гигантскую величину —  $5,2 \cdot 10^{13}$  ккал. Конечно, даже при самой тяжелой аварии до разрушения активной зоны в результате теплового взрыва успеет разделиться лишь малая часть топлива. Если предположить, что к моменту разрушения зоны разделится только одна тысячная часть первоначальной загрузки (2,8 кг урана), то и в этом случае высвобожденная в ходе неуправляемого цепного процесса энергия будет очень большой —  $5,2 \cdot 10^{10}$  ккал.

Такое опасное для целостности реакторной установки энерговыделение предотвращается системой управления и защиты реактора, а также оптимизацией физических свойств активной зоны, совокупность которых должна обеспечивать так называемую отрицательную обратную связь. При этом чем быстрее растет мощность реактора, тем интенсивнее за счет изменения температур и плотностей компонентов активной зоны «гасится» цепная реакция.

При нестационарных режимах работы ядерного реактора существует некоторое предельное состояние, за которым цепная реакция становится неуправляемой. В теории реакторов оно называется состоянием мгновенной критичности и может возникнуть за счет резкого извлечения стержней — поглотителей нейтронов или других действий, в результате которых реактивность (величина, характеризующая отклонение от состояния критичности) становится равной или превосходит суммарную долю всех запаздывающих нейтронов (0,0064 для  $^{235}\text{U}$ ). В этом случае условия размножения нейтронов улучшаются настолько, что цепная реакция может идти на одних мгновенных (то есть рождающихся без задержки) нейтронах.

Крупнейшая за всю историю ядерной энергетики чернобыльская авария была следствием неуправляемой цепной реакции на мгновенных нейтронах, повлекшей разрушительный тепловой взрыв реактора. Это произошло из-за грубейших нарушений эксплуатационного регламента и ошибок проектирования — недостатков конструкции стержней системы управления и защиты в сочетании с неудовлетворительными физическими характеристиками реактора.

Одна из ключевых задач обеспечения ядерной безопасности в подобных ситуациях такова: ни при каких неисправностях и ошибках эксплуатирующего персонала условия размножения нейтронов не должны улучшаться настолько, чтобы обеспечить цепную реакцию на одних мгновенных нейтронах. Наиболее радикальная мера обеспечения ядерной безопасности — выполнение условия, при котором в течение всего периода эксплуатации реактора запас реактивности не превосходил бы величину 0,0064. Это условие может быть реализовано, в частности, в жидкосолевых реакторах, а также в некоторых инновационных конструкциях реакторов на быстрых нейтронах.

Специфическая особенность реакторов — невозможность мгновенного выключения. После полного выключения в течение длительного времени в ядерном реакторе продолжает генерироваться тепло за счет радиоактивного распада накопившихся за время работы продуктов деления. Уровень этого остаточного тепловыделения зависит от мощности, на которой работал реактор, и продолжительности его работы до выключения. Так, в реакторе АЭС электрической мощностью 1000 МВт, работавшем в течение 200 суток на номинальной мощности, через час после остановки остаточное тепловыделение составит 31,5 МВт, через сутки после остановки — 13,5 МВт, через 10 суток — около 6 МВт и через месяц — 3,5 МВт. Далее тепловыделение продолжает спадать очень медленно, и ничто не может повлиять на скорость данного процесса.

На АЭС должен быть обеспечен бесперебойный отвод тепла из активной зоны не только при работе, но и после остановки реактора. Иначе в случае прекращения теплоотвода, как это произошло на АЭС «Фукусима-1» в результате землетрясения и последующего цунами, вероятно повреждение топливных сборок вплоть до их расплавления.

При работе ядерных реакторов образуются высокоактивные продукты деления урана, твердые и жидкие радиоактивные отходы. Многие образующиеся при работе реактора радионуклиды являются высокотоксичными и долгоживущими. Период полураспада некоторых из них превосходит сотни и тысячи лет. Поэтому выход радионуклидов в атмосферу, почву и водоемы за пределами АЭС в случае аварии осложняет ее последствия, требует специфических подходов к дезактивации оборудования и радиоэкологической реабилитации загрязненных территорий. Аварии на АЭС даже при относительно небольших выбросах радиоактивных веществ в определенном смысле глобальны, так как попавшие в результате утечки в атмосферу или воду радионуклиды могут переноситься атмосферными и океаническими течениями на большие расстояния от места аварии. Как правило, из-за уменьшения концентрации радионуклидов по мере удаления от аварийной АЭС они представляют все меньшую опасность для населения и окружающей среды. Однако сам факт обнаружения радионуклидов на больших расстояниях от места аварии становится поводом для усиления информационного бума и неадекватной реакции населения.

Основной способ уменьшения подобных рисков — размещение оборудования реакторной установки в защитной оболочке, локализующей послед-



**Рис. 1.** Севастополь. 29 июля 1973 года. Военно-морской парад

ствия аварий в случае их возникновения. Именно такая оболочка позволила минимизировать выход радиоактивных веществ во время аварии на АЭС «Три-Майл Айленд», сопровождавшейся расплавлением части активной зоны.

### **О том, что лучше для подлодки: ВВЭР или БН?**

А теперь поговорим о подводных лодках, которым я посвятил практически всю жизнь. Так получилось, что у нас первая атомная электростанция была построена в 1954 году в Обнинске, но она была демонстрационного типа и не имела никакого промышленного значения.

По сути, первая АЭС должна была просто зафиксировать факт возможности получения электроэнергии в результате деления атомных ядер. А вот первая советская атомная подводная лодка была спущена на воду в 1957 году, и дальше началось массовое строительство атомных подводных лодок.

На наших атомных подводных лодках использовались водо-водяные реакторы, которые до этого как энергетические реакторы у нас в промышленности не применялись. Таким образом, впервые для нужд обороны в СССР были разработаны и запущены энергетические реакторы с водой под давлением, которые стали сейчас основой атомной энергетики. Пришлось решить очень большой комплекс научных и технических проблем.

При внешней схожести традиционных паросиловых установок и корабельных атомных энергетических установок (в обоих случаях есть источник тепла, парогенератор, насосы, сепараторы, конденсаторы, паровая турбина и так далее) существует принципиальнейшее различие в природе

самого источника тепла. Применение ядерного реактора в качестве источника тепловой энергии потребовало изучения новых закономерностей теплообмена и гидродинамики.

Несмотря на то что вода как теплоноситель давно использовалась в котельной технике, в атомной энергетике возникла необходимость обеспечить новые технологические требования и выявить для воды новые закономерности в условиях применения ее в полях мощных излучений, при новых, ранее не применявшихся материалах оболочек, для форсированных тепловых потоков и при новых формах проточного тракта.

Для решения проблемы теплопередачи от твэлов к теплоносителю потребовалось развить исследования по кризисам теплоотдачи в щелевых каналах сложной формы, по определению коэффициентов теплоотдачи для новых геометрий и совокупности параметров, по созданию и изучению различных интенсификаторов теплообмена.

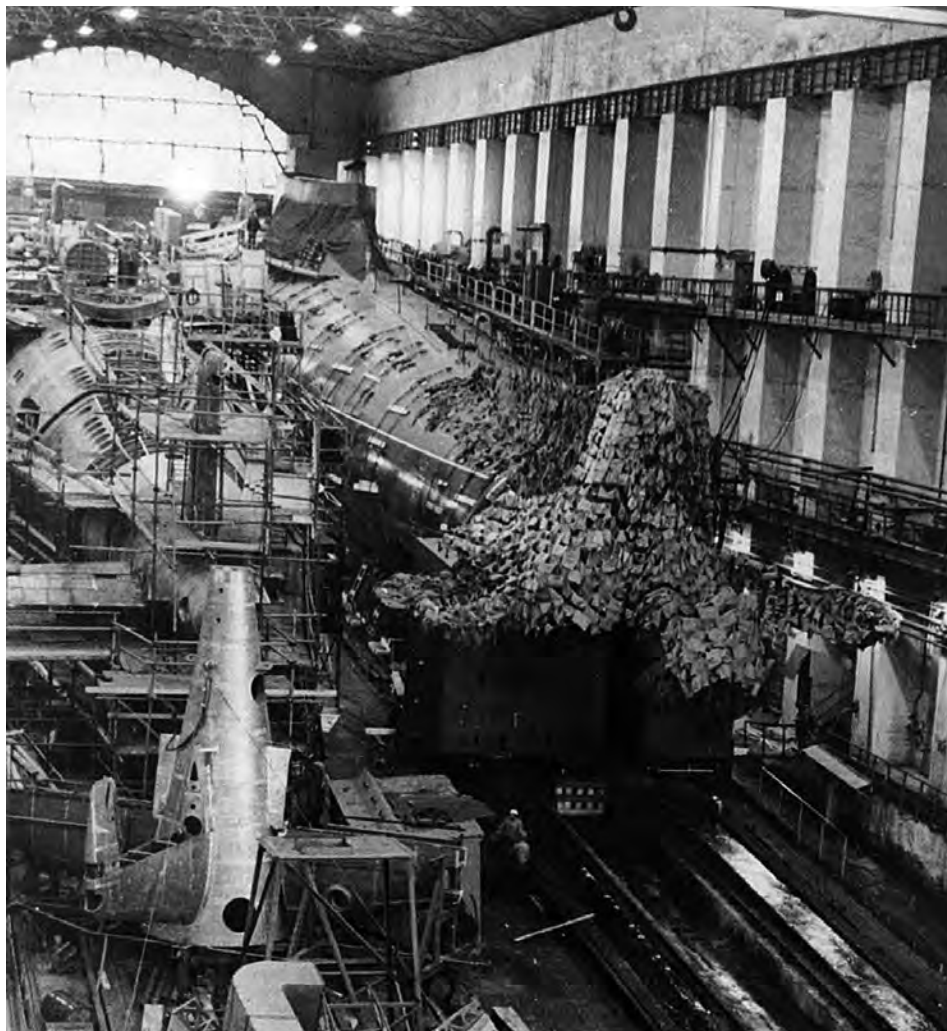
В гидродинамике стали совершенно недостаточны одномерные и осредненные подходы, когда для теплообменного аппарата определялись только перепады статического давления на участках проточного тракта и средние в сечениях скорости, то есть расходы. Возникла необходимость разработки методов экспериментального исследования актуальных скоростей с выделением пульсационных составляющих; выявления источников и спектров пульсаций и вихревых структур; оптимизации моделирования пульсационных течений; разработки численных методов расчета трехмерных течений; решения уравнений Рейнольдса и Новье-Стокса. Актуальным стало формирование безвихревого проточного тракта с обязательным выравниванием поля давлений в напорных и выходных коллекторах.

Все эти сложные научные задачи были успешно решены в течение 10–12 лет творческими коллективами Физико-энергетического института, Центрального котло-турбинного института, Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники и других научных учреждений.

Те огромные научно-технические заделы, которые были достигнуты в процессе создания атомных подводных лодок, в значительной степени были экстраполированы на атомные электростанции, использующие реакторы с водой под давлением (ВВЭР). Сейчас атомные установки с этим типом реакторов стали основными не только у нас, но и во всем мире.

Я бы хотел отметить еще одно направление, которое возникло на атомных подводных лодках и сейчас может найти широкое применение в мирной атомной энергетике. Речь идет о реакторе совершенно нового типа — на промежуточных или быстрых нейтронах с жидкометаллическим (свинцово-висмутовым) теплоносителем.

Такой реактор был создан для атомных подводных лодок, и даже была построена целая серия атомных подводных лодок 705-го проекта с реакторами со свинцово-висмутовым теплоносителем, но, к сожалению, наша промышленность и инфраструктура флота не позволяли тогда иметь два типа реакторов, и это направление было понемножку свернуто. Однако тот научно-технический задел, который мы получили при разработке нового типа реакторов, сейчас оказался неожиданно востребован в мире при создании реакторов малой мощности.



**Рис. 2.** Атомная подводная лодка проекта 705 «Лира» на стапелях

Возникает новое направление в развитии атомной энергетики — атомная энергетика малых мощностей. Существует объективная потребность в атомных установках мощностью в несколько десятков киловатт для использования в автономных условиях. Возможные области применения таких установок и спектр их предназначения достаточно широки.

Атомные станции малой мощности, в частности, могут быть использованы как объекты локальной энергетики для энергоснабжения удаленных изолированных потребителей. Целевыми потребителями энергоресурсов в этом случае будут компактно расположенные группы населенных пунктов и промышленных предприятий.

Другая область возможного применения, на которую ориентированы некоторые зарубежные проекты, связана с созданием распределенных энерге-

тических систем на основе атомных станций малой мощности. Актуальная область возможного применения АСММ — энергоснабжение единичных потребителей, таких как буровые платформы, горно-обогатительные комплексы, металлургические предприятия и другие энергоемкие производства.

Наряду с выработкой электроэнергии АСММ могут быть потенциально востребованы как источники теплоснабжения, для производства водорода и других вторичных энергоносителей, для опреснения воды в регионах с острым дефицитом водоснабжения.

Отдельная сфера, актуальная для стран с развитой атомной энергетикой, — производство АСММ с целью их экспорта в Юго-Восточную Азию, Африку и некоторые северные страны для использования в удаленных, слабообразованных в социальном и экономическом планах регионах.

Сегодня в мире велика потребность в таких установках, во многих странах разворачиваются масштабные работы по созданию атомных станций малых мощностей. В русле этих исследований очень перспективны, в частности, реакторы с жидкометаллическим теплоносителем. К этой теме сейчас обратились некоторые японские и американские фирмы.

К сожалению, должен отметить, что очень многие научные и технологические достижения в этой области, которые были, безусловно, секретными в техническом отношении, в годы перестройки стали доступными для наших иностранных конкурентов. И несмотря на это, мы продолжаем пока оставаться лидерами в этой области. Мне бы очень хотелось, чтобы мы восстановили и поддерживали свои передовые позиции в области создания установок с жидкометаллическим теплоносителем. Теперь уже для мирных целей, для создания реакторных установок малых мощностей.

У жидкометаллических реакторов есть несколько безусловных преимуществ перед ВВЭР. Первое из них — это более высокие параметры пара, что обеспечивает более высокий коэффициент полезного действия установки. Второе преимущество таково: давление теплоносителя первого контура невысокое. Водо-водяной реактор представляет большую опасность еще и потому, что для исключения кипения приходится поддерживать давление воды в первом контуре на очень высоком уровне. Это высокое давление создает потенциальную угрозу разрыва трубопроводов с последующим распространением радионуклидов в окружающую среду. У жидкометаллических реакторов эта опасность отсутствует.

Еще одно преимущество: реакторы на быстрых нейтронах более органично вписываются в концепцию ядерной энергетики с замкнутым топливным циклом, переход к которому в перспективе неизбежен по ряду объективных причин. Одна из них связана с возможностью использования в качестве топлива не только  $^{235}\text{U}$ , как в водо-водяных реакторах, но и  $^{238}\text{U}$ , который составляет более 99 % в естественной смеси изотопов урана, содержащегося в земных недрах.

Конечно, нельзя не отметить и ряд проблем, связанных с созданием и практическим применением установок рассматриваемого типа.

Первая из них — это технология обращения с жидкометаллическим теплоносителем. Несмотря на опыт, накопленный в ходе эксплуатации АПЛ 705-го проекта, здесь еще остаются нерешенные проблемы.



Вторая проблема — это более высокая капиталоемкость таких установок, что ухудшает их конкурентные возможности по сравнению с ВВЭР. Однако следует учесть, что экономические оценки, приводимые в литературе, относятся к головным образцам. При переходе к серийному сооружению установок их капитальная стоимость будет неизбежно снижаться.

### **Об атомных энергоисточниках малых мощностей**

Территория России крайне неравномерно населена; уровень экономического развития отдельных регионов также сильно различается. Достаточно сказать, что около 2/3 территории России находится вне зоны централизованного электроснабжения.

Это главным образом удаленные, малонаселенные районы, но именно они представляют особую стратегическую ценность вследствие большого содержания в недрах этих территорий полезных ископаемых. Энергообеспечение этих регионов осуществляется от автономных источников на органическом топливе, завоз которого связан с большими экономическими издержками, а эксплуатация наносит серьезный экологический урон окружающей среде.

Характерный пример — территория Сибири, которая составляет 57 % от территории РФ. Здесь проживает всего 15 % населения России, причем в основном вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали, в то время как северная, наиболее холодная и редконаселенная часть Сибири таит в себе огромные природные ресурсы. Более 90 % добываемого газа и 70 % запасов российской нефти находится именно здесь; большие запасы цветных, редких металлов, химического сырья, половина запасов древесины — таковы богатства, которые сосредоточены в этом регионе.

Особое место занимает Арктика. Обнаруженные здесь гигантские запасы углеводородов и высокий транспортный потенциал, связанный с Северным морским путем, определяют приоритетное значение Арктического региона в стратегии экономического развития страны.

Эти перспективные территории РФ, как и развивающаяся экономика мира в целом, нуждаются, а вскоре еще более будут нуждаться в современных, автономных, надежных, экологически безопасных и экономически эффективных энергоисточниках. В качестве таких источников для целей электро- и теплоснабжения, а также для некоторых технологических нужд наряду с традиционными и возобновляемыми источниками энергии могли бы быть востребованы и атомные установки малой мощности (по классификации МАГАТЭ — 300 МВт и ниже).

Отношение к малой атомной энергетике стало радикально меняться в последние годы. В ряде стран с развитой атомной энергетикой разворачиваются масштабные работы по созданию реакторов малой мощности для применения в самых разных целях. В России интерес к малой энергетике стал возрастать, прежде всего, в связи с необходимостью освоения отдаленных регионов, в то время как в мире делается ставка на создание распределенных энергетических систем, основанных на энергоисточниках малой мощности, в том числе возобновляемых источниках энергии.



Помимо России и США, где ведутся разработки сразу нескольких проектов АСММ, а также прорабатываются меры государственной поддержки таких проектов, свои концепции реакторов малой мощности разрабатывают Япония, Китай, Южная Корея, Франция, Германия, Италия, Аргентина, Бразилия, Нидерланды, Индонезия и другие страны.

По данным МАГАТЭ, разработчиками атомных энергетических установок к настоящему времени заявлено более 50 проектов АЭУ малых (до 300 МВт эл.) и средних (до 700 МВт эл.) мощностей. Многие развивающиеся страны заявили о намерении использовать АЭ для своего промышленного и социального развития. Экономическое и географическое положение этих стран делает целесообразным для них строительство АЭС умеренных мощностей.

С учетом интереса, проявляемого в последние годы к ядерным энергоисточникам малой мощности, и масштабов ведущихся в мире работ по их созданию можно утверждать, что мы находимся на старте появления нового направления в развитии ядерной энергетики, а именно — широкого применения атомных станций малой мощности.

Перечислю основные преимущества применения малой атомной энергетики для освоения отдаленных, малоразвитых регионов.

Первое — это минимизация объемов и стоимости капитального строительства в районе размещения атомных станций. Все высокотехнологичные, дорогостоящие и трудоемкие операции переносятся в специализированные цеха заводов и выполняются квалифицированным персоналом.

Второе, очень важное преимущество — это перенесение наиболее ядерно и радиационно опасных операций, связанных с ремонтом, перегрузкой топлива, выводом из эксплуатации, с площадки размещения в специализированные заводские цеха, что обеспечивает высокий уровень безопасности и качества выполняемых процедур.

Важным преимуществом таких станций станет также минимизация экологических последствий для окружающей среды.

И еще одно, далеко не последнее преимущество: возможность обходиться минимальным количеством персонала, работающего по вахтенному методу.

В разработке атомных энергоисточников малой мощности наша страна имеет очевидный приоритет, связанный с опытом, который накоплен при создании ядерных энергетических установок боевых кораблей, атомных подводных лодок и ледоколов, а также при разработке совершенно новых, уникальных ядерных технологий, которые не разрабатывались в мире, в частности, технологии реакторов на промежуточных нейтронах со свинцово-висмутовым теплоносителем. В нашей стране строится первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция, сейчас она спущена на воду.

Несмотря на издержки, связанные с экономикой и другими проблемами, которые решались не лучшим образом, эта установка имеет хорошую перспективу. Что касается технологии реакторов на жидком металле, сейчас у нас разрабатывается установка СВБР-100 мощностью 100 МВт модульного типа, на базе которой могут строиться установки большей кратной мощности. Эта установка базируется на опыте, который был приобретен при строительстве АПЛ 705-го проекта, использовавших реакторы на промежу-

точных нейтронах и свинцово-висмутовый теплоноситель. В различных организациях (НИКИЭТ, ОКБМ) прорабатываются и другие инновационные технологии.

И все же, несмотря на некоторые реальные достижения, очевидно, что это новое направление развития атомной энергетики находится пока лишь на стадии подготовки плацдарма для широкомасштабной экспансии.

**Для успешной реализации этого направления необходимо разрешить целый ряд проблем, важнейшими из которых, на мой взгляд, являются следующие:**

- обеспечение повышенных стандартов ядерной и экологической безопасности разрабатываемых проектов атомных установок малой мощности;
- достижение высокой экономической эффективности АСММ, которая обеспечивала бы высокий уровень их конкурентоспособности;
- освоение технологий индустриального серийного производства АСММ;
- разработка и реализация технологий централизованного (на заводе-изготовителе) обращения с ОЯТ и РАО;
- правовое и институциональное обеспечение сектора атомной энергетики на основе АСММ.

Несмотря на огромный экономический потенциал и стратегическое значение Сибири, северных и восточных территорий для развития страны, в Российской Федерации до сих пор отсутствует единая программа энергоснабжения регионов, не обеспеченных электроэнергией централизованно. Разработка единой концепции и программы энергообеспечения этих регионов представляется одной из приоритетных задач современного этапа развития отечественной электроэнергетики.

Я обрисовал облик малой атомной энергетики и сформулировал ее техническую философию. Мне бы хотелось, чтобы Росатом и наша промышленность нашли принципиально новый подход к этому направлению развития энергетики. Для этого требуются большие вложения и прежде всего — внимание.

Нам удалось организовать две научные конференции, всероссийскую и международную. Это были первые в нашей стране мероприятия, посвященные малым атомным станциям. Интерес к ним был огромный. Было очень много докладов, Росатом принимал участие. Но когда перед тем же Росатомом ставится вопрос о практическом развертывании работ в этом направлении, то обычно мы слышим такой ответ: если промышленность будет просить у нас, если экономика от нас потребует, мы будем это разрабатывать.

Такой подход к последовательности решения проблем закрывает государству возможность занять передовые позиции. Лидерства можно достичь лишь в том случае, если государство идет на решение задачи, не считаясь на первых этапах с экономическими издержками, а ориентируясь на ожидаемую положительную перспективу.

Теперь немного поговорим о великом ученом-атомщике Анатолии Петровиче Александрове, с которым я имел привилегию и удовольствие сотрудничать и общаться в течение почти 30 последних лет его жизни.



**Рис. 3.** Академик А. П. Александров  
О скромном обаянии Александрова

Так получилось, что первое знакомство с Анатолием Петровичем у меня произошло при очень любопытных обстоятельствах. Я тогда руководил Севастопольским высшим военно-морским инженерным училищем. Оно было расположено (как и сейчас) в северной стороне города, где отсутствует регулярная застройка и нет четких градостроительных линий. Улиц как таковых нет, но место, где находилось это училище, горсовет назвал улицей Курчатова.

Меня заинтересовало, почему улица носит это имя. Выяснилось, что в 1942 году здесь, на берегу бухты Голландия, была размещена станция размагничивания кораблей, на которой работали А. П. Александров, И. В. Курчатov, А. Р. Регель и их сотрудники. Позже на месте станции образовалось училище, которое готовило офицеров-инженеров для атомного подводного флота.

Тем, кто хорошо знает Анатолия Петровича, известно, что он больше всего гордился двумя своими достижениями. Первое — это размагничивание кораблей, которое позволило сохранить десятки судов и тысячи жизней наших моряков. Второе — создание атомного подводного флота. И так получилось, что на территории Севастопольского училища были сосредоточены свидетельства двух наиболее выдающихся достижений Александрова. И я решил на этом месте соорудить памятный знак, посвященный группе физиков, которые занимались размагничиванием кораблей отечественного флота. Такой знак был сооружен.

На открытие памятника я пригласил Анатолия Александрова, с которым до того не был знаком. Так что наше знакомство состоялось на открытии этого памятника. Памятник ему очень понравился: величественный, он оказался похожим на эмблему Курчатовского института. Море и корабль.

Позднее я имел возможность наблюдать его в самых разных обстоятельствах. Если говорить о вкладе различных наших ученых в создание отечественного атомного флота — военного и гражданского — можно уверенно сказать, что научная и организационная роль Александрова несоизмерима с ролью всех остальных специалистов. Без всякого преувеличения его можно назвать отцом отечественной корабельной атомной энергетики.

Он был не только научным руководителем создания первой атомной подводной лодки, он продолжал курировать это направление до последних дней своей жизни, уделяя огромное внимание всем стадиям строительства атомных подводных лодок, всем сторонам научной и технической проблематики, которая возникала в процессе создания нашего атомного флота.

Огромное внимание Анатолий Александров уделял подготовке эксплуатационников. Он понимал, что даже самая хорошая техника в руках не очень подготовленных людей может давать сбои, а в худшем случае даже приводить к тяжелым катастрофам. Поэтому подготовку специалистов он считал одной из важнейших задач при создании атомного флота. И не случайно первые экипажи подводных лодок учились под непосредственным наблюдением Александрова.

Экзамены у всех первых управленцев атомных реакторов он принимал лично. Во всех испытаниях атомных лодок он также принимал непосредственное участие. Он не просто много вложил в создание атомного флота, он очень любил атомный флот, был настоящим патриотом и старался сделать все, чтобы обеспечить обороноспособность и безопасность России.

Конечно, атомный флот сыграл огромную роль в обеспечении безопасности нашего государства, паритета на переговорах с нашими потенциальными противниками; он обеспечил стабильность и мир, которые существуют до сегодняшнего дня.

Анатолий Петрович был обаятельным и простым человеком. Перед нашей первой встречей я очень волновался — трижды Герой Социалистического труда, академик, создатель нашего атомного флота и так далее. Но когда я встретился с ним, то увидел простого человека, умевшего сказать о сложных вещах простыми словами, очень внимательного, остроумного.

Эпизод, который мало кому известен. На испытаниях первой лодки присутствовало очень много представителей атомной промышленности, и они бегали на пульт, чтобы проконтролировать работу своей техники, что очень мешало операторам работать. Один из операторов — Юрий Корнилович Баленко — пожаловался Александрову, что невозможно работать спокойно, он боится за исправность установки. Анатолий Петрович говорит: «Хорошо, мы это дело исправим». Он сел у входа в реакторный отсек, вытянул свою больную ногу (у него когда-то, кажется во время гражданской войны, была прострелена нога) в виде шлагбаума — и никого не подпускал к пульту до тех пор, пока не завершились испытания.



**Рис. 4.** При посещении машиностроительного предприятия, производящего оборудования для АПЛ. Второй слева — академик А. П. Александров, третий слева — председатель Госкомитета по использованию атомной энергии А. М. Петросянец

Конечно, кто-то может подумать, что сейчас сложно найти фигуры, сопоставимые по масштабу и творческому потенциалу с великими отцами-основателями атомной отрасли. Но я считаю, что больших людей порождают и формируют большие задачи. В послевоенные годы страна была на очень крутом подъеме в образовании, промышленности, экономике. Надо помнить и о высоком уровне фундаментальных исследований в стране, в частности, международном авторитете советских физиков и математиков. На этом фоне страна могла ставить и ставила перед собой очень амбициозные задачи, решение которых требовало привлечения новейших научных достижений и передовой промышленности.

Достаточно назвать прорывные достижения в атомной энергетике и освоении космоса. Здесь уместно назвать еще одну актуальную область, в которой мы задали очень высокий старт и могли бы достигнуть больших результатов, — это область информационных технологий, вычислительная техника. На начальном этапе развития этой перспективной области мы занимали в мировой кооперации вполне достойное место.

Но позже, к сожалению, из-за недооценки стратегической роли этого направления, которой в немалой степени способствовали абсурдные идеологические установки, внимание к нему у нас резко упало. В результате мы значительно отстали, и исправление сложившейся ситуации потребует больших усилий, финансовых затрат и времени.

## Создатель

Анатолий Петрович Александров был научным руководителем проекта первой советской атомной подводной лодки (АПЛ проекта 627). Свою работу он координировал с главным конструктором АПЛ Владимиром Николаевичем Перегудовым. В ходе проекта приходилось решать непростые задачи: вписать ядерную энергетическую установку в объем подводной лодки, обеспечить надежную защиту экипажа от радиации.

В результате анализа различных проектов реакторных установок для АПЛ А. П. Александров совместно с другими учеными-ядерщиками выбрал конструкцию легководного корпусного реактора с водой под давлением. По воспоминаниям участников проекта, он лично отбирал кадры для разработки морской ядерной энергетической установки. А. П. Александров принял ряд важных решений, которые позволили ускорить разработку реакторной установки, без получения экспериментальных подтверждений. Например, в ходе опыта по горячему пуску наземного прототипа реактора из-за слабого нагревателя не удавалось достичь номинальной средней температуры замедлителя (воды) в 265 °С. Максимальная достигнутая температура равнялась 220 °С.

В таких условиях коэффициент реактивности был положительным, что ставило под сомнение безопасность активной зоны. «Анатолий Петрович решил прекратить нагрев, уверенно заявив, что при средней температуре в 230 °С дифференциальный эффект реактивности станет отрицательным. Многие из нас сомневались в этом, но, как показал пуск в Обнинске, Александров предвидел чуть ли не до градуса», — вспоминает участник разработки реактора первой советской АПЛ Борис Буйницкий.

А. П. Александров также лично участвовал в разработке «Технологической инструкции по управлению ЯЭУ» — главного нормативного документа операторов реакторов АПЛ.

Атомщикам под управлением А. П. Александрова удалось отстоять свою позицию по парогенераторам. Они были спроектированы с перегревом, что, с одной стороны, давало больший, чем на атомных подлодках США, коэффициент полезного действия ядерной установки, с другой — резко уменьшало живучесть парогенераторов.

Военные требовали сделать все как у американцев, но команда Анатолия Александрова доработала парогенераторы, заменив в них металл. Ресурс этих агрегатов увеличился с 800 до десятков тысяч часов, что убедило заказчиков в правоте ученых.

## **Феномен восприятия общественным сознанием опасности, связанной с ядерной энергетикой\***

В ряду ценностных предпочтений человеческого сообщества особое место занимает безопасность. По мере развития цивилизации четко прослеживаются две разнонаправленные тенденции. Влияние различных факторов, угрожающих существованию человеческих сообществ, приводило к качественным изменениям в образе жизни и характере организации общественного производства. В результате возрастала защищенность человека от природных воздействий, эпидемий, голода и других негативных факторов. Одновременно создавались технические системы, совокупное действие которых уже сегодня способствует не снижению угроз для жизни людей, а их увеличению. Опасность техносферных явлений в категориях ущерба стала не только соизмеримой, но нередко и превосходящей негативные для человека природные воздействия, о чем свидетельствуют события последних десятилетий.

Крупнейшей в мире аварией за всю историю существования гидроэлектростанций был прорыв плотины китайского водохранилища Банкяо в 1975 г. во время тайфуна. Под напором воды были разрушены основная плотина и боковые дамбы, что привело к затоплению территорий ниже по течению и гибели более 170 тыс. человек.

В результате аварии 1984 г. на химкомбинате в индийском городе Бхопале 3 тыс. человек погибли сразу на месте аварии и еще 15 тыс. умерли в результате отравления. Кроме того, около 200 тыс. человек получили несмертельные отравления различной степени тяжести.

При аварии в Башкирии, под Уфой, в 1989 г. в момент прохождения двух пассажирских поездов произошел мощный взрыв легких углеводородов, вытекших через трещину из проложенного рядом трубопровода «Сибирь—Урал—Поволжье». Погибли 645 человек, ранены более 600.

В августе 2009 г. произошла техногенная катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС, в результате которой погибли 75 человек, нанесен существенный ущерб оборудованию и помещениям станции. Работа станции по производству электроэнергии приостановлена. Последствия аварии отразились на экологической обстановке акватории, прилегающей к ГЭС, социальной и экономической сферах региона.

В апреле 2010 г. в Мексиканском заливе взорвалась принадлежащая компании ВР буровая платформа «Deerwater Horizon». В результате началась крупнейшая за всю мировую историю утечка нефти в океан с негативными последствиями для экосистемы региона на многие десятилетия вперед. Вследствие утечки 700 тыс. т нефти в открытый океан более 57000 кв. миль площади залива закрыты для рыболовства. Компания ВР уже потратила на борьбу с ущербом от разлива нефти 13,5 млрд. долл., что составляет лишь небольшую часть от общей величины нанесенного региону ущерба.

---

\* ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, том 82, № 1, 2012

Огромное количество человеческих жизней уносит обычный автотранспорт. По данным ВОЗ, в автомобильных авариях ежегодно гибнут более 1 млн. 200 тыс. человек и еще 50 млн. получают травмы. Это значит, что ежедневно на дорогах погибают свыше 3 тыс. человек, большая часть которых — молодые люди в возрасте от 15 до 44 лет.

Если говорить о ядерной энергетике, то в течение относительно короткой истории своего существования она подверглась трем экстремальным испытаниям: авария на втором энергоблоке АЭС «Three Mile Island» (США, 1979 г.), авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС (СССР, 1986 г.) и, наконец, авария на АЭС «Фукусима– Даичи» (Япония, 2011 г.).

Чернобыльская авария была крупнейшей за всю историю ядерной энергетике. В СССР к началу 1990-х годов прямой ущерб, включая затраты на ликвидацию ее последствий, составил, по разным данным, от 10 до 12.6 млрд. долл. В последующие годы на программы преодоления последствий аварии была потрачена значительная часть национальных бюджетов, особенно в Республике Беларусь и Украине. Из-за различия применяемых методик существует большой разброс в оценках косвенных потерь, связанных с сокращением производства электроэнергии, выводом из оборота сельскохозяйственных земель, свертыванием строительства новых АЭС и другими мероприятиями. Если размеры прямых потерь от чернобыльской аварии в трех наиболее пострадавших государствах — Белоруссии, России и Украине — исчисляются десятками миллиардов долларов, то косвенные потери составляют на порядок больше. Такая оценка качественно совпадает с результатами исследования потерь от гипотетической аварии на современной французской АЭС с выбросом в окружающую среду около 1 % ядерного топлива [1]. Полная сумма прямых и косвенных потерь от подобной аварии может составить до 400 млрд. евро.

### Культура и философия безопасности

До освоения и широкого использования ядерной энергетике обеспечение безопасности объектов техносферы ограничивалось применением различных технических средств. Специфика атомной энергетике потребовала более широкого подхода, который получил название «культура безопасности». Это понятие появилось в процессе анализа причин чернобыльской аварии, а в научно-техническую терминологию оно вошло после публикации «Итогового доклада послеаварийной обзорной конференции по чернобыльскому реактору», подготовленного Международной консультационной группой по ядерной безопасности (INSAG).

Культура безопасности является новым для инженерной практики понятием, смысл которого заключается в отношении человека к проблемам безопасности при выполнении служебных обязанностей. Согласно принятым INSAG определениям это набор характеристик и особенностей деятельности организаций и отдельных лиц, в котором безопасность работы АЭС обладает высшим приоритетом. Эта непреложная истина должна быть принята к руководству на всех без исключения иерархических уровнях управления в государстве.



Экспертами признано, что отсутствие культуры безопасности явилось одной из причин чернобыльской аварии. Многолетний опыт эксплуатации атомных станций и других радиационно опасных объектов показывает, что возникновение большинства аварий и инцидентов так или иначе связано с поведением людей, их отношением к своим обязанностям и обеспечению безопасности.

На современном этапе развития цивилизации проблемы безопасности техносферы приобрели подлинно глобальный характер. Непрерывное увеличение энергопотребления и единичных мощностей энергогенерирующих объектов, повышение плотности и интенсивности использования транспортных коммуникаций, механизация всех сфер хозяйственной деятельности и быта человека — всё это с неизбежностью приводит к росту энергонасыщенности техносферы. Объективная потребность в более широком толковании безопасности привела к появлению наряду с понятием «технологическая безопасность», таких новых понятий, как «энергетическая безопасность», «экологическая безопасность», «продовольственная безопасность», «информационная безопасность» и т. п. В современных условиях подходы к обеспечению безопасности, определяемые концепцией культуры безопасности, утрачивают исчерпывающую роль и становятся недостаточными. Обеспечение безопасности техносферы требует ещё более универсального и широкого подхода, который должен базироваться на положениях новой области знаний — философии безопасности.

Безопасность как ценностная категория в сознании человека приобретает всё большее значение и актуальность. Возникла насущная необходимость в глубоком и всестороннем осмыслении этой философской категории, что требует привлечения к анализу всего многообразия формирующих её технологических, социальных, экономических, психологических, духовно-гуманитарных и других факторов. Начальными ориентирами в понимании её содержания может служить перечень следующих актуальных направлений:

- место безопасности на шкале человеческих ценностей и эволюция отношения человеческих сообществ к безопасности в историческом аспекте;
- факторы, определяющие восприятие опасности техногенного, природного или социального характера, их относительная роль и взаимозависимость в процессе формирования стереотипов сознания и практического реагирования;
- соотношение процессов и факторов индивидуального и коллективного восприятия внешних опасностей;
- механизм и закономерности формирования в человеческом сознании представления о приемлемом уровне безопасности.

Не углубляясь далее в специальную философскую тематику, кратко остановлюсь лишь на последнем из перечисленных направлений.

Приемлемым принято считать такой уровень безопасности объектов техносферы, при котором связанные с ними угрозы для жизни или здоровья людей, а также возможный вред для окружающей среды не вызывают массового отторжения или протеста населения против использования этих объектов. Понятие приемлемого уровня безопасности отражает консолидированное отношение человеческих сообществ (стран, отдельных регионов

в пределах страны, определённых контингентов или групп населения) к повседневному использованию тех или иных технологий и объектов техносферы. Изучение общественного мнения, а также реакция населения на аварии, катастрофы и стихийные бедствия убеждают в том, что приемлемый уровень безопасности — это скорее ощущение, формируемое на подсознательном уровне, чем осознанная рациональная категория. Приемлемый уровень безопасности объектов техносферы формируется в представлениях людей как продукт совокупного коллективного опыта человеческого сообщества, сложным образом трансформированного в подсознательное ощущение.

Например, несмотря на весьма неблагоприятную статистику гибели и увечья людей в результате автомобильных и авиационных аварий, уровень безопасности, достигнутый в современном автомобиле- или авиационном, в организации автомобильной и авиационной транспортных систем, признаётся обществом приемлемым. Об этом убедительно свидетельствует постоянное увеличение числа продаж автомобилей и рост пассажиропотоков на воздушных линиях.

В то же время научно обоснованная разработчиками АЭС очень малая вероятность так называемых запроектных аварий реакторов с выбросом радионуклидов в окружающую среду —  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  1/(реактор-лет) — практически не влияет на устойчивое негативное отношение к атомной энергетике значительной части людей из многих стран мира. Другими словами, приемлемость того или иного уровня безопасности в большей степени связана с коллективным восприятием, нежели с индивидуальным осознанием реальных значений техногенных рисков той или иной природы. При этом уровень приемлемого риска формируется на основе компромисса между выгодой (экономия времени или средств, комфорт, получаемое удовольствие и т. д.) и потенциальной опасностью. Чем непосредственнее ощущение получаемой пользы, тем выше порог приемлемого обществом риска. Именно этим можно объяснить отсутствие массовых выступлений против использования автомобильного транспорта или авиации.

### **Причины гипертрофированного восприятия опасности атомной энергетики**

Для выстраивания эффективной стратегии обеспечения безопасности техносферы принципиальное значение имеет ранжирование различных рисков по степени связанного с ними интегрального ущерба. Однако решение этой задачи затрудняется тем, что в отношении безопасности в общественном сознании часто наблюдаются труднообъяснимые аномалии и перекосы, а порою и удивительные парадоксы. Одним из широко известных парадоксов такого рода является гипертрофированное восприятие опасности, связанной с атомной энергетикой и, в частности, с последствиями аварий на АЭС.

Особенно наглядно этот феномен проявился во время недавней аварии на АЭС «Фукусима», произошедшей в результате катастрофического землетрясения в Японии и вызванного им цунами. Магнитуда землетрясения составляла 9 баллов, что является максимумом для Японии за весь период

наблюдений. Высота волны цунами также была беспрецедентной — около 15 м. В результате исключительных по масштабу стихийных бедствий погибло или пропало без вести более 27 тыс. человек. Восстановление районов, разрушенных землетрясением и последовавшим за ним цунами, по оценке министра экономики Японии, обойдется в 184 млрд. долл.

Сравним эти цифры с количеством человеческих жертв и экономическим ущербом от аварии реакторов АЭС «Фукусима». В результате водородного взрыва на станции погибли 2 человека и 11 человек получили различные ранения. Случаев опасного радиационного поражения людей в дни аварии зафиксировано не было. Затраты компании ТЕРСО, которой принадлежит эта АЭС, на компенсацию убытков пострадавшим в результате аварии людям и местному бизнесу могут составить 23,6 млрд. долл. Еще около 10 млрд. долл. компания потратит на запуск и эксплуатацию замещающих энергоагрегатов, работающих на органическом топливе. Таким образом, затраты, связанные с аварией АЭС «Фукусима», примерно на порядок меньше тех, которые необходимы для компенсации ущерба от землетрясения и цунами.

Несмотря на несопоставимость человеческих потерь и материального ущерба от землетрясения и цунами, с одной стороны, и от аварии на АЭС — с другой, внимание всех средств массовой информации было полностью приковано к событиям, которые разворачивались на аварийной станции. В резонансе со средствами массовой информации формировались реакция населения и общественное мнение. Такое гипертрофированное отношение общества к опасности, исходящей от объектов атомной энергетики, не явилось чем-то неожиданным, оно наблюдается на протяжении всей истории развития этой отрасли. Факты, связанные с землетрясением в Японии и последовавшими за этим событиями на АЭС «Фукусима», позволили еще раз с предельной убедительностью продемонстрировать эту закономерность на поставленном природой масштабном эксперименте.

Мой многолетний опыт взаимодействия с общественностью по сопоставлению рисков атомной энергетики с рисками от других источников энергии показывает, что преодолеть этот перекося в массовом сознании традиционными методами (эпизодической разъяснительной работой, использованием телевидения, радио, печатных изданий и т. д.) невозможно. Стало очевидным, что без выявления истоков и причин такой реакции общества на аварии, связанные с ядерными объектами, нельзя обосновать и предложить эффективные методы и инструменты для коррекции этой аномалии, укоренившейся в массовом сознании. Замечу, что это формируемое на бессознательном уровне ощущение возникает в конкретной материальной среде и опосредованно опирается на вполне реальные факторы. Так, страх перед атомной энергетикой многократно усилился после аварии на Чернобыльской АЭС, а после недавней аварии на «Фукусиме» еще больше завладел умами людей во многих странах мира.

Корни этого феномена связаны с рядом как субъективных, так и объективных факторов. К числу первых следует отнести несколько укоренившихся в массовом сознании стереотипов.

Многие считают, что риски для населения от близости атомных электростанций намного больше, чем от тепловых, что атомная станция даже

в штатном режиме эксплуатации наносит вред окружающей среде, в то время как это один из наиболее чистых источников энергии.

Другой устоявшийся стереотип состоит в том, что радиоактивность имеет техногенную природу. В действительности же это естественное свойство элементов. Во всех, даже в самых экологически чистых местах земного шара есть свой радиационный фон, нередко существенно превышающий уровни, характерные для территорий технических радиационно опасных объектов. Например, на Алтае средняя годовая доза от природного фона составляет 6–7 мЗв (данные измерений за 2009 г.). Другой пример: в Финляндии около 240 тыс. человек постоянно проживают на территории со среднегодовой дозой выше природного фона 6 мЗв. Для сравнения отметим, что связанная с профессиональной деятельностью средняя годовая доза, полученная в тот же период персоналом ГК «Росатом», непосредственно работающим с источниками ионизирующих излучений, составила 1,59 МЗв [2].

В сознании людей атомная энергетика прочно ассоциируется с атомным оружием. Все хорошо помнят, что АЭС возникли как побочный продукт атомного оружейного комплекса. В отличие от многих других видов техногенной опасности, воздействие радиационных факторов (во всяком случае, на начальной стадии) незаметно, что формирует у людей представление об этой опасности как о чем-то таинственном и зловещем.

Если проанализировать хотя бы только перечисленные выше стереотипы, становится ясным, что в основе аномального восприятия радиационной опасности лежит недостаточная техническая осведомленность населения о безопасности атомной энергетики и, в частности, слабая информированность о средствах ее обеспечения на современных АЭС. Истоки этого лежат в системе школьного образования. Уровень знаний выпускников школ в вопросах физики, в частности атомной физики, химии, математики и других точных наук, часто бывает весьма низкой. Не вселяют оптимизма и планируемые новшества, в частности внедрение нового Федерального государственного образовательного стандарта, в котором такие базовые для подготовки специалистов для атомной отрасли дисциплины, как физика, химия, информатика, алгебра и геометрия, вынесены в блок необязательных предметов.

Кроме всего прочего, неудовлетворительная подготовка выпускников школ по атомной физике, радиационной безопасности, радиоэкологии и общей энергетике в значительной степени объясняется низким качеством учебной литературы. Ни в одном из просмотренных мною многих школьных учебников я не обнаружил хотя бы очень краткого, но внятного изложения вопросов, касающихся безопасности техносферы и, в частности, такой остро воспринимаемой обществом проблемы, какой является проблема безопасности атомной энергетики. В этих учебниках также ничего не говорится о природе различных техногенных рисков и их ранжировании по степени опасности для человека и окружающей среды. Более того, некоторые авторы весьма тенденциозно, а порой недостаточно грамотно излагают вопросы, связанные с радиационной опасностью.

Не последнюю роль в формировании гипертрофированной реакции населения на атомную энергетику играют средства массовой информации и современные информационные технологии. Этот фактор особенно на-

глядно проявился после аварий на Чернобыльской АЭС и на японской АЭС «Фукусима». То же самое следует сказать о некоторых произведениях литературы и искусства, к которым читатели относятся с большим доверием, чем к газетам, журналам, Интернету, радио и телевидению. Это объясняется тем, что описание фактов, облеченное в художественную форму, убедительнее; оно глубже отражается в сознании и запоминается лучше, чем те же сведения, представленные средствами массовой информации.

Поэтому ответственность деятелей искусства, обращающихся к такой деликатной проблеме, как безопасность атомной энергетики, должна быть особенно высокой.

Еще одной причиной негативного восприятия частью населения атомной энергетики является такая особенность психологии массового сознания, как недоверие к власти, настороженное (заведомо критическое) отношение к ученым-атомщикам и вообще к работникам атомной отрасли. Большая часть населения воспринимает то, что говорят эти люди, с позиции презумпции их виновности. Значительно охотнее обыватели прислушиваются к их оппонентам — противникам атомной энергетики, в том числе к тем, кто сознательно вводит в заблуждение население по разным конъюнктурным соображениям, а также к далеким от этой области знаний добросовестно заблуждающимся дилетантам.

Одним из важнейших направлений в коррекции неадекватного восприятия опасности, связанной с техногенной сферой, является последовательная учебно-просветительская работа. В отношении к проблеме техногенной опасности, и особенно к такой ее составляющей, как атомная энергетика, одинаково вредны обе крайности — недооценка и преувеличение риска. Уже на стадии школьного обучения должны закладываться основы грамотного и осознанного отношения к восприятию опасностей, исходящих от окружающей нас техносферы. После школы обучение нужно продолжать в вузе и на производстве. Просвещение должно охватывать все слои населения, в том числе и неработающих людей. Развитие атомной энергетики является одним из стратегических приоритетов государства, поэтому организацию образовательной и просветительской работы в этой области также следует считать задачей государственной важности на всех стадиях обучения и производственной деятельности наших сограждан.

В то же время имеются и объективные причины негативного отношения общества к атомной энергетике, которые связаны с особенностями, присущими работе только ядерных реакторов.

*В ядерном топливе беспрецедентно высока концентрация энергии. При одном акте деления ядра урана выделяется в среднем 200 млн. эВ энергии, в то время как при окислении одного атома углерода энерговыделение составляет лишь несколько электронвольт. Это соотношение особенно наглядно иллюстрируется широко известным примером: 1 кг  $^{235}\text{U}$  по теплотворной способности эквивалентен загруженному углем железнодорожному составу из 70 платформ по 40 т. Если принять загрузку активной зоны реактора с водой под давлением в составе энергетического блока электрической мощностью 1 ГВт, равной 70 т урана с обогащением 4 %, то легко*

подсчитать, что полная потенциальная энергия деления всех ядер  $^{235}\text{U}$  составит гигантскую величину —  $5,2 \times 10^{13}$  ккал. Конечно, даже при самой тяжелой аварии до разрушения активной зоны в результате теплового взрыва успеет разделиться лишь малая часть топлива. Если предположить, что к моменту разрушения зоны разделится только одна тысячная часть первоначальной загрузки, то есть  $2,8 \text{ кг } ^{235}\text{U}$ , то даже в этом случае высвобождаемая в ходе неуправляемого цепного процесса энергия все еще будет очень большой —  $5,2 \times 10^{10}$  ккал.

Для представления масштаба этой величины сравним ее с внутренней энергией пароводяной смеси в паровых котлах тепловой электростанции мощностью 1 ГВт, равной  $10^5$  ккал, или с энергией вращения роторов генераторов ГЭС такой же мощности —  $10^6$  ккал. В отношении ГЭС эта оценка качественно изменяется, если учитывать потенциальную энергию накопленной в водохранилище воды. Например, полезный объем водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС равен  $15 \text{ км}^3$ , высота плотины 240 м, энергия вращения роторов генераторов  $10^{12}$  ккал, что значительно (на два порядка) превосходит упомянутую выше энергию деления одной тысячной части  $^{235}\text{U}$  в активной зоне реактора мощностью 1 ГВт.

Опасное для целостности реакторной установки энерговыделение предотвращается системой управления и защиты реактора, а также оптимизацией физических свойств активной зоны, совокупность которых должна обеспечивать так называемую отрицательную обратную связь. При этом чем быстрее растет мощность реактора, тем интенсивнее за счет изменения температур и плотностей компонентов активной зоны «гасится» цепная реакция [3, 4].

При нестационарных режимах работы ядерного реактора существует некоторое предельное состояние, за которым цепная реакция становится неуправляемой. В теории реакторов оно называется состоянием мгновенной критичности и может возникнуть за счет резкого извлечения стержней-поглотителей нейтронов или других действий, в результате которых реактивность (величина, характеризующая отклонение от состояния критичности) становится равной или превосходит суммарную долю всех запаздывающих нейтронов (0.0064 для  $^{235}\text{U}$ ). В этом случае условия размножения нейтронов улучшаются настолько, что цепная реакция может идти на одних мгновенных (то есть рождающихся без задержки) нейтронах.

Крупнейшая за всю историю ядерной энергетики чернобыльская авария была следствием неуправляемой цепной реакции на мгновенных нейтронах, повлекшей за собой разрушительный тепловой взрыв реактора. Это произошло по причине грубейших нарушений эксплуатационного регламента и ошибок проектирования — недостатков конструкции стержневой системы управления и защиты в сочетании с неудовлетворительными физическими характеристиками реактора.

Одна из ключевых задач обеспечения ядерной безопасности в подобных ситуациях состоит в следующем: ни при каких неисправностях и любых наложениях ошибок эксплуатирующего персонала условия размножения нейтронов не должны улучшаться настолько, чтобы обеспечить цепную

реакцию на одних мгновенных нейтронах. Наиболее радикальной мерой обеспечения ядерной безопасности является выполнение условия, при котором в течение всего периода эксплуатации реактора запас реактивности не превосходил бы величину 0.0064. Это условие может быть реализовано, в частности, в жидкосолевых реакторах, а также в некоторых инновационных конструкциях реакторов на быстрых нейтронах.

Специфическая особенность реакторов—невозможность мгновенного выключения. После полного выключения в течение длительного времени в ядерном реакторе продолжает генерироваться тепло за счет радиоактивного распада накопившихся за время работы продуктов деления. Уровень этого остаточного тепловыделения зависит от мощности, на которой работал реактор, и продолжительности его работы до выключения. Так, в реакторе АЭС электрической мощностью 1000 МВт, работавшем в течение 200 суток на номинальной мощности, через 1 ч после остановки остаточное тепловыделение составит 31,5 МВт, через 1 сутки после остановки — 13,5 МВт, через 10 суток — около 6 МВт и через месяц — 3,5 МВт. Далее тепловыделение продолжает спадать очень медленно, и ничто не может повлиять на скорость данного процесса.

На АЭС должен быть обеспечен бесперебойный отвод тепла из активной зоны не только при работе, но и после остановки реактора. Иначе в случае прекращения теплоотвода, как это произошло на АЭС «Фукусима» в результате землетрясения и последующего цунами, вероятно повреждение топливных сборок вплоть до их расплавления.

При работе ядерных реакторов образуются высокоактивные продукты деления урана, твердые и жидкие радиоактивные отходы. Многие образующиеся при работе реактора радионуклиды являются высокотоксичными и долгоживущими. Период полураспада некоторых из них превосходит сотни и тысячи лет. Поэтому выход радионуклидов в атмосферу, почву и водоемы за пределами АЭС в случае аварии осложняет ее последствия и требует специфических подходов к дезактивации оборудования и радиоэкологической реабилитации загрязненных территорий.

Аварии на АЭС даже при относительно небольших выбросах радиоактивных веществ в определенном смысле являются глобальными, так как попавшие в результате утечки в атмосферу или воду радионуклиды могут переноситься атмосферными и океаническими течениями на большие расстояния от места аварии. Как правило, из-за уменьшения концентрации радионуклидов по мере удаления от аварийной АЭС они представляют все меньшую опасность для населения и окружающей среды. Однако сам факт обнаружения радионуклидов на больших расстояниях от места аварии становится поводом для усиления информационного бума и неадекватной реакции населения.

Основным способом уменьшения подобных рисков является размещение оборудования реакторной установки в защитной оболочке, локализующей последствия аварий в случае их возникновения. Именно такая оболочка позволила минимизировать выход радиоактивных веществ во время аварии на АЭС «Three Mile Island», сопровождавшейся расплавлением части активной зоны.

## Безопасность современных АЭС в сравнении с другими энергетическими объектами

Перечисленные выше характерные особенности в разной степени влияют на потенциальные риски, связанные с эксплуатацией объектов атомной энергетики. Физическая сущность всей совокупности этих имманентных особенностей ядерных источников энергии объективно обуславливает повышенные по сравнению с другими типами станций требования к обеспечению безопасности АЭС и определяет применительно к ним более высокие стандарты безопасности. Это наглядно характеризуется такими цифрами: расходы на обеспечение безопасности современных АЭС составляют в среднем 25–30 % капитальных расходов на их строительство, в то время как для теплоэлектростанций, работающих на органических топливах, эта величина не превосходит 10 %.

Полувековой опыт широкого использования атомной энергии во многих странах мира убедительно свидетельствует, что наука и инженерная практика оказались способными найти эффективные технические решения, которые позволили обеспечить атомным станциям самый высокий уровень безопасности в ряду других типов крупномасштабной энергетики.

Это утверждение основано на результатах многочисленных исследований по сопоставлению рисков от использования атомных, тепловых и гидроэлектростанций. Применяемые при этом методологии и процедуры оценки рисков не ограничивают анализ сравнением аварий только на самих электростанциях. Они предусматривают сопоставление рисков всех энергетических цепочек, включающих разведку, добычу, транспортировку, хранение топлива, выработку электроэнергии, обращение с отходами и их захоронение. Несмотря на то, что не все перечисленные этапы присутствуют в разных энергетических цепочках (например, при использовании ГЭС нет проблемы захоронения отходов), предложенный подход дает возможность количественно оценить и сопоставить риски от использования различных источников энергии.

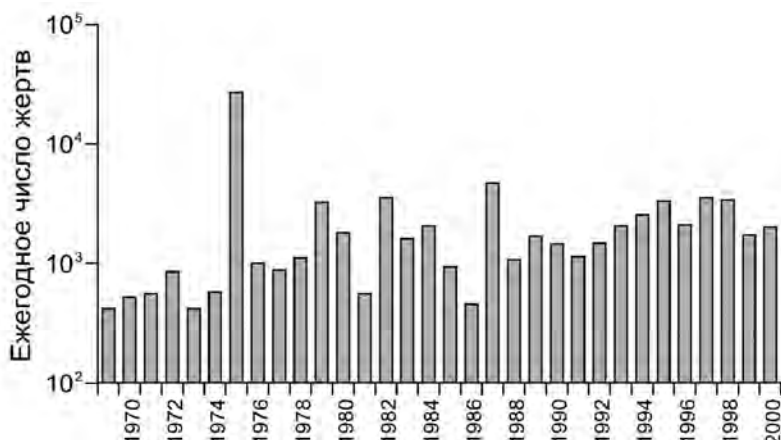


Рис. 1. Ежегодное число жертв в результате крупных техногенных аварий в энергетике



Приведем некоторые данные подобного сравнения, которые получены швейцарским институтом им. Поля Шеррера [3]. Основным объектом исследований были крупные аварии, вызывающие наиболее сильную реакцию общества и оказывающие значительное влияние на энергетическую политику государств. Авария считалась крупной, если за короткий промежуток времени она привела к пяти и более жертвам. Исходя из этих критериев, была создана база всемирных данных, содержащая информацию о числе смертельных случаев в результате крупных техногенных аварий в энергетике в период с 1969 по 2000 г. Общий масштаб потерь от крупных техногенных аварий в энергетической отрасли иллюстрирует диаграмма, представленная на рисунке 1 [5]. В среднем жертвами аварий в энергетике ежегодно становятся более 1000 человек.

Еще больший интерес представляет сравнительный анализ потерь в технологических цепочках при разных способах получения энергии. Для такого анализа использовалось прямое сопоставление количества жертв крупных аварий, а также сравнение специальных индикаторов, определяемых как число летальных случаев на единицу произведенной энергии. Сводная информация за 1969–2000 гг. о жертвах крупных аварий на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях (включая аварии на всех этапах соответствующих энергетических цепочек) представлена в таблице 1 [5]. Приведены сведения о 1768 авариях с пятью или более мгновенными жертвами, общее количество мгновенных жертв во всех энергетических цепочках составило 76396 человек. Вследствие различия в уровне технологического развития стран и несовпадения критериев безопасности все аварии в таблице 1 разделены на две группы. В первую группу включены аварии, произошедшие в 30 странах с высокоразвитой экономикой, входящих в Организацию по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР), а во вторую — аварии, случившиеся во всех остальных государствах.

**Табл. 1.** Сводные данные о жертвах аварий в тепловой, атомной и гидроэнергетике [3]

Источники энергии	Страны ОЭСР			Остальные страны		
	Число аварий	Число жертв, чел.	Индикатор, чел./Вт	Число аварий	Число жертв, чел.	Индикатор, чел./Вт
ТЭС (уголь)	75	2259	0.157	1044	18017	0.597
ТЭС (нефть)	165	3713	0.132	232	16505	0.897
ТЭС (природный газ)	90	1043	0.085	45	1000	0.111
ТЭС (сжиженный газ)	59	1905	1.957	46	2016	14.896
ГЭС	1	14	0.003	10	29924	10.285
АЭС	0	0	0	1	31	0.048

Анализ табличных данных позволяет сделать вывод, что существенно меньшее число жертв и смертей на единицу произведенной энергии наблюдается в странах ОЭСР по сравнению с другими странами. Это объясняется главным образом более высоким уровнем технологического развития энергетических отраслей и большим вниманием к проблемам безопасности.

О высоком уровне травматизма в отечественной угольной промышленности наглядно свидетельствуют данные, приведенные на рисунке 2 [6]. По уровню травматизма эта отрасль занимает первое место в производственной сфере. В среднем число пострадавших при несчастных случаях в отрасли составляет 25–30 человек на 1000 работающих. Каждый 60-й несчастный случай заканчивается смертельным исходом, из каждых 10 тыс. работающих шахтеров погибают четверо.

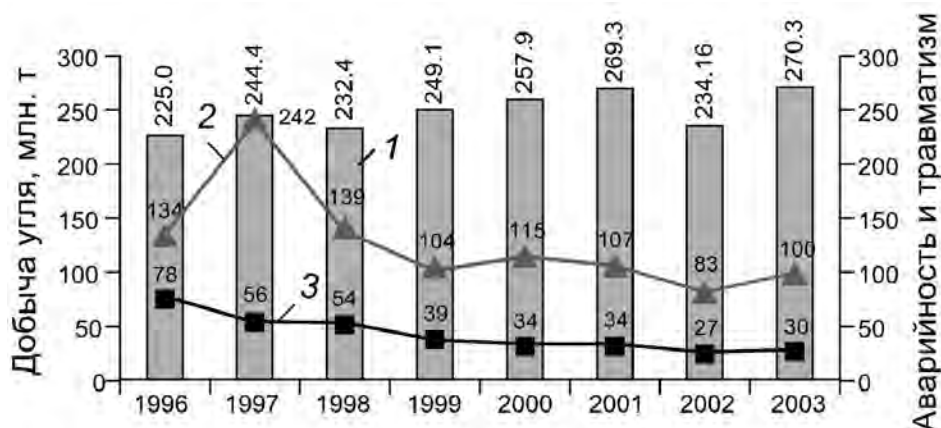


Рис. 2. Динамика добычи угля (1), травматизма со смертельным исходом (2) и аварийности в угольной промышленности России (3)

На фоне больших потерь людей в результате крупных аварий на всех этапах цепочек в тепловом секторе энергетики и в гидроэнергетике эксплуатация атомных станций выглядит более благополучно. За рассматриваемый период (1969–2000) в странах, входящих в ОЭСР, вообще не было крупных (с мгновенной потерей пяти или более человек) аварий на АЭС, а в остальных странах произошла только одна крупная авария — чернобыльская, в результате которой мгновенно погиб 31 человек. Однако, кроме мгновенных, есть еще так называемые отложенные жертвы. По оценкам, сделанным на основе текущих коэффициентов взаимосвязи доз и рисков, за 70 лет после чернобыльской аварии могут уйти из жизни от 9 до 33 тыс. человек, пострадавших от радиации.

При оценке рисков, связанных с эксплуатацией объектов тепловой энергетики, необходимо также учитывать возможные отложенные жертвы. В экологическом обзоре [7] указывается, что только в 2000 г. причиной смерти примерно 960 тыс. человек стало загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами (менее 10 мкм), которое на 30 % состоит из выбросов в атмосферу продуктов сгорания при работе мощных тепловых электростанций.

Риски для здоровья, связанные с тепловой и особенно с угольной энергетикой, являются значительными как для российских, так и для более экологичных зарубежных ТЭС. Так, в США с выбросами тепловых электростанций, 70 % которых работает на угле, связывают около 24 тыс. преждевременных смертей ежегодно, из которых 2800 вызваны раком легких [8]. Обобщенные данные по воздействию тепловых электростанций на здоровье населения США, кроме смертности, выражаются также следующими цифрами: ежегодно госпитализируются 21 850 человек, регистрируется около 600 приступов астмы и сердечных приступов, общее количество ежегодно теряемых рабочих дней превышает 3 млн.

По оценкам, выполненным российскими исследователями [9] на основе данных мониторинга Росгидрометом загрязнения атмосферного воздуха, индивидуальные годовые риски смерти от загрязнения воздуха летучей угольной золой в российских городах с крупными электростанциями (Рефтинская ГРЭС в Асбесте, Ростовская ГРЭС в Новочеркасске и др.) находятся на уровне  $10^{-4}$ - $10^{-3}$ . Суммарный ущерб здоровью населения страны, обусловленный работой угольных ТЭС, оценивается в 5–7 тыс. дополнительных случаев смерти в год.

Фактором риска является также радиационное воздействие тепловых электростанций, особенно работающих на угле, поскольку в нем всегда содержатся радиоактивные вещества, такие как торий, изотопы урана и продукты их распада (в частности, полоний, радий и радон), а также калий-40. При сгорании угля эти радиоактивные вещества частично попадают в атмосферу, а частично накапливаются в шлаковых отвалах тепловых электростанций. В 1 т шлаков от сгоревшего угля содержится примерно 100 г радиоактивных веществ. В результате вымывания дождями они проникают в почву и далее — в продукты питания людей.

В отличие от ТЭС, атомные станции выбрасывают в атмосферу лишь очень незначительное количество короткоживущих нуклидов, обладающих невысокой радиоактивностью. Радиационные риски, обусловленные работой атомных станций, составляют  $10^{-9}$ - $10^{-7}$  и оказываются на 4–5 порядков ниже рисков, связанных с работой угольных ТЭС аналогичной мощности [9]. Столь же велика разница в величине популяционных рисков.

Еще одним недостатком, присущим только ТЭС, является выброс в атмосферу большого количества оксидов серы, поскольку природное органическое топливо содержит от 1,5 % до 4,5 % серы. При его сгорании образуются оксиды серы, которые вместе с другими продуктами сгорания выбрасываются в атмосферу. Там они вступают в реакцию с парами воды, в результате чего образуется слабый раствор серной кислоты. Тепловая электростанция мощностью 1 ГВт, работающая на угле с содержанием серы 3,5 %, даже при наличии средств очистки, ежегодно выбрасывает в атмосферу около 140 тыс. т сернистого ангидрида, из которого образуется 280 тыс. т серной кислоты. Соизмеримое количество серной кислоты попадает в атмосферу и при сжигании мазута. Вместе с дождем серная кислота проникает в почву и наносит большой вред растительности, изменяет состав почвы, разрушает памятники архитектуры и негативно влияет на качество питьевой воды.

Перечисленные особенности электростанций, работающих на органическом топливе, не исчерпывают перечень негативных последствий их эксплуатации. Существенный экологический ущерб наносит потребление тепловыми станциями атмосферного кислорода и выброс огромного количества углекислого газа (табл. 2). При использовании АЭС эти негативные последствия полностью исключаются.

**Табл. 2.** Оценки некоторых экологических последствий годичной эксплуатации энергоблока мощностью 1 ГВт, работающего на разных видах органического топлива

Некоторые экологические последствия работы ТЭС	Виды ТЭС		
	на угле	на мазуте	на газе
Потребление атмосферного кислорода, млрд, м <sup>3</sup>	5.5	3.4	4.4
Выброс углекислого газа, млрд, м <sup>3</sup>	5	3	1

Известным проектом по оценке и сравнительному анализу ущерба здоровью человека и природной среде, который наносят разные виды производства электроэнергии, стал проект «External Costs of Energy» [10]. В усредненном виде (потерянные годы жизни на 1 ТВт • ч выработанной электроэнергии) ущерб здоровью населения Европы составил 7 чел.-лет при производстве электроэнергии из ядерного топлива, 44 чел.-лет — из газа, 144 и 164 чел.-лет — из каменного и бурого угля соответственно. Приведенных данных достаточно, чтобы получить представление о том месте, которое занимает атомная энергетика в шкале рисков, связанных с применением различных технологий получения энергии.

\* \* \*

Одной из наиболее характерных тенденций развития техносферы является поступательный рост ее энергетического потенциала и энерговооруженности. Энерговооруженность первобытного человека ограничивалась его мускульными возможностями и составляла 100–150 Вт. В настоящее время средняя энерговооруженность человека в мире достигает 3–4 кВт, а в развитых странах — 10–15 кВт. Наиболее состоятельные представители современного общества потребления, с учетом принадлежащих им самолетов, яхт, машин и другой техники, могут «похвастаться» уровнем энерговооруженности 10–20 МВт.

Несмотря на то, что страны с высоким уровнем экономического развития в последние десятилетия предпринимают определенные усилия для сдерживания роста энергопотребления, в частности за счет повсеместного внедрения энергосберегающих технологий, мировое энергопотребление продолжает расти, что особенно интенсивно стимулируется бурным развитием экономик стран третьего мира. По всем прогнозам, отличающимся друг от друга лишь оценкой предполагаемых темпов роста, отмеченная тенденция будет сохраняться в течение всей обозримой перспективы. На отдаленную перспективу этот рост не может быть обеспечен углеводородными источниками энергии, так как природные запасы углеводородов не бесконечны. Что касается возобновляемых источников энергии (солнечной энергии, энергии ветра, биомассы, геотермальной энергии, энергии приливов и др.), то в обозримой перспективе их доля в общем производстве энергии, по самым оптимистическим оценкам, не сможет превысить 15–20 %.

Единственным реалистичным направлением обеспечения роста мировой выработки энергии остается широкомасштабное развитие атомной энергетики на базе использования реакторов на быстрых нейтронах и замкнутого топливного цикла. Именно такая стратегия позволяет обеспечить атомную энергетику топливным сырьем на длительную перспективу и в наиболее полной мере решить проблемы повышения безопасности и нераспространения ядерных материалов. Стратегии и планы развития энергетики многих стран свидетельствуют о начале проявления этой генеральной тенденции.

Таким образом, человечеству предстоит жить в условиях, когда одним из основных источников энергоснабжения станут атомные электростанции. Поэтому в ряду важнейших задач энергетической стратегии государства должно стать создание безопасной, высокоэффективной по экономическим параметрам, широкомасштабной атомной энергетики. В связи с этим систематическое изучение и формирование общественного мнения в отношении АЭС, хорошо организованная эффективная система просвещения в области атомной энергетики, радиационной биологии, радиоэкологии и других областях атомной науки и техники должны стать задачами государственного значения.

Выражаю благодарность Е. О. Адамову и В. Н. Пучкову за обсуждение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nuclear Electricity Generation: What Are the External Costs? OECD. NEA 4372. Paris, 2003.
2. Государственный доклад «Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2009 год». М., 2010.
3. Саркисов А. А., Пучков В. Н. Физика переходных процессов в ядерных реакторах. М.: Энергоатомиздат, 1983.

4. Саркисов А. А., Гусев Л. Б., Калинин Р. И. Основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов. М.: Наука, 2008.
5. Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources. OECD. NEA. 2010. № 6861. P 52.
6. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2005 году». М., 2006.
7. OECD Environmental Outlook. OECD. Paris, 2008.
8. Power Plant Emissions: Particulate Matter-Related Health Damages and the Benefits of Alternative Emission Reduction Scenarios. Report prepared by Abt Associates Inc. with Computer Sciences Corporation and E. H. Pechan Associates Inc. for Clean Air Task Force. Boston. June 2004.
9. Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Воробьева Л. М. и др. Экология и устойчивое развитие региона размещения Нововоронежской АЭС // Атомная энергия. 2010. Т 109. Вып. 2. Август 2010. С. 109–114.
10. Εξωτερικιτιες οφ Ενεργψ. Βρουσσελς: Ευροπεαν Χομμιςσιον, 1999. ζ. 7. ΔΓ ΞΠ, ΕΥΡ 19083.

## Свинец-висмут — технология, опередившая время\*

— Ашот Аракелович, наш первый вопрос к Вам легко предугадать. Как Вы оцениваете сейчас, по прошествии лет, АПЛ проекта 705 со свинцово-висмутовым реактором?

— Без всякого преувеличения могу сказать, что это был уникальный научно-технический прорыв, который опередил уровень того времени на несколько десятилетий. В западных публикациях устоялся тезис, что лодка 705 проекта опередила время на 20 лет. А я бы сказал, что на 40–45 лет.

Отечественным атомщикам единственным в мире удалось довести до реального воплощения реактор со свинцово-висмутовым теплоносителем (СВТ). Такие реакторы успешно служили на атомных подводных лодках проекта 705, надежно охранявших Родину с 60-х до середины 90-х годов 20-го века. Вообще, история появления на АПЛ реактора с жидкотеплоносительным теплоносителем (ЖМТ) тесно связана с задачей по созданию уникальной подводной лодки истребителя-перехватчика, которую поставили перед советскими конструкторами в конце 50-х годов. Военным требовалась подводная лодка с малым водоизмещением, небольшим количеством личного состава и повышенной автоматизацией процессов. Этот корабль с высокой скоростью подводного хода должен был способен за короткое время выйти в заданную точку океана, преследовать противника на протяжении длительного времени и даже уклоняться от вражеских торпед. Конечно, такой подводной лодке требовалась уникальная энергоустановка. В общем, нужно было создать нечто совершенно необычное, новый класс атомных лодок. Масштабы и сложности задач, возникших при создании такого атомного корабля, потребовали беспрецедентной концентрации научных сил. Было принято уникальное в истории военного кораблестроения решение, в соответствии с которым научными руководителями проекта этой удивительной АПЛ стали сразу четыре академика, ведущих специалиста в своей области. За весь проект отвечал Анатолий Петрович Александров, за ядерную энергетическую установку — Александр Ильич Лейпунский, за разработку системы комплексной автоматизации управления — Владимир Александрович Трапезников и за создание электрооборудования АПЛ — Андроник Гевондович Иосифьян.

Вот такая концентрация в проекте 705 была не столько личностей, сколько тех коллективов, которые стояли за этими личностями! И того научно-производственного потенциала, который был связан с ведущими советскими институтами. Все это позволило создать установку, далеко обогнавшую время.

Я глубоко убежден, что если бы не сложная экономическая ситуация, то свинцово-висмутовое направление на подводном флоте сумело бы освободиться от недостатков, свойственных всякому начальному периоду разработки новых проектов, и стать равноправным направлением в развитии АПЛ.

---

\* Интервью опубликовано на сайте AtomInfo.Ru , 09.05.2010

— Откуда пошла идея использовать теплоноситель свинец-висмут? Для наземной энергетики тяжелые металлы не были характерны.

— Это сегодня многие решения, принятые в атомной отрасли десятилетия назад, воспринимаются как естественные. А на ранней стадии развития ядерной энергетики перед советскими учеными вставала масса вопросов, ответы на которые были совершенно не ясны. Один из таких трудных вопросов, требовавших скорейшего разрешения, возник при создании атомной энергетической установки для высокоскоростной лодки-перехватчика. Какой тип реактора взять за основу в разработке подобной установки? Конкурировало много разных предложений. Вода в качестве теплоносителя в реакторе АПЛ не представлялась специалистам как безусловный фаворит. Разные типы реакторов сравнивались по многим параметрам: и по безопасности эксплуатации, и по компактности, и по надежности. Первоначально обсуждался вариант применения жидкого натрия в качестве металлического теплоносителя. Но тут сыграли свою роль соображения пожароопасности. Во внимание был также принят неудачный опыт эксплуатации реактора с натрием на американской АПЛ «Seawolf». В итоге выбор пал на эвтектический сплав свинца-висмута (Pb — 44%, Bi — 56%) с температурой плавления в 125 градусов Цельсия и кипения в 1670 градусов Цельсия. Этот сплав хоть и уступал натрию по теплофизическим свойствам, но был менее химически активен и опасен в случае аварии, что в свою очередь позволило избежать проблем, с которыми столкнулись американцы.

Работы по созданию реакторных установок (РУ) со свинцово-висмутовым теплоносителем были начаты еще в 1952 году Опытным конструкторским бюро «Гидропресс». Уже на ранних стадиях проектирования новой АПЛ рассматривалось предложение Физико-энергетического института (ФЭИ г. Обнинск), научную школу которого возглавлял академик А. Лейпунский, по размещению на лодке реактора со свинцом-висмутом. Обеспечение высокого уровня энергонапряженности активной зоны, что диктовалось весогабаритными и мощностными параметрами установки, могло быть достигнуто применением реактора на промежуточных или быстрых нейтронах, и поэтому теплоноситель не должен был содержать легких ядер, эффективно замедляющих нейтроны. К выбору свинцово-висмутового теплоносителя А. И. Лейпунский пришел не сразу. Этому предшествовали предварительные расчетные исследования и сравнительные оценки, которые по его поручению выполнялись студентами в ходе их преддипломной стажировки в ФЭИ.

Выбор свинцово-висмутового теплоносителя явился не только исключительно смелым для того времени, инновационным, но и оптимальным применительно к проектируемой АПЛ решением. Важнейшими преимуществами этого сплава по сравнению с другими конкурирующими жидкометаллическими теплоносителями являются относительно низкая температура плавления и химическая инертность, обеспечивающая взрыво- и пожаробезопасность АПЛ, в частности при попадании воды или воздуха в контур теплоносителя. В то же время термодинамические свойства данного сплава позволяют иметь при низком рабочем давлении в контуре реактора высо-



кую температуру на выходе, что обеспечивает выработку в парогенераторе пара высоких параметров и получение высокой термодинамической эффективности паросилового цикла, а также достижение минимальных весовых характеристик проектируемой установки. Справедливости ради надо сказать, что теплоноситель оказался не таким уж идеальным. В ходе его эксплуатации разработчики столкнулись с трудностями, связанными с коррозией конструкционных материалов и зашлаковыванием контура оксидами свинца. Нужно было обосновать режимы эксплуатации реактора, при которых эти явления были бы исключены. Технология внедрялась совершенно новая, предлагаемые материалы ранее не испытывались ни в каких теплотехнических установках, а значит требовали широкого фронта экспериментальных и теоретических исследований. В ФЭИ создали специальную большую лабораторию, которая консолидировала все исследовательские работы теплофизической и технологической направленности. С 1954 г. по предложению А. И. Лейпунского лабораторию возглавил В. И. Субботин, впоследствии избранный действительным членом АН ССР.

Помимо этой лаборатории, для проведения испытаний сплава в реальных условиях его применения в г. Обнинске построили полномасштабный стенд 27/ВТ с прототипом энергетической установки.

В конце концов, все основные проблемы были решены, и первой лодкой со свинцово-висмутовыми реакторами стала АПЛ «К-27», построенная по проекту 645.

К сожалению, в 1968 году лодка потерпела аварию и была плановым порядком затоплена в Карском море, недалеко от Новой Земли, где сейчас и покоится на дне. Но опытная эксплуатация реактора со свинцово-висмутовым ЖМТ на «К-27» позволила подтвердить правильность всех основных принятых конструктивных технологических решений, и наша страна приступила к строительству серии АПЛ проекта 705 и 705К.

**— Не могли бы Вы рассказать, в чем заключаются основные особенности и преимущества свинцово-висмутового теплоносителя?**

— СВТ обладает целым рядом весьма привлекательных качеств в сравнении с водой. Очень высокая температура кипения свинцово-висмутового сплава позволяет иметь низкое давление в первом контуре реактора, за счет этого конструкторам удалось снизить толщину стенок и оборудования и трубопроводов. Это же свойство исключало потерю теплоносителя из-за его выкипания при нарушении герметичности первого контура, а значит, повышало безопасность эксплуатации.

Отсутствие давления в первом контуре свинцово-висмутовой реакторной установки значительно повысило ее безопасность. В водном реакторе, для того чтобы исключить кипение воды, приходится поддерживать давление в 200 атмосфер в первом контуре, а это потенциальная опасность. В реакторе со свинцом-висмутом давление определяется только давлением напоров насосов, что близко к атмосферному давлению и практически исключает тепловой взрыв. Еще одно преимущество СВТ связано с использованием в качестве источника энергии реактора с промежуточным спектром нейтро-

нов. Замедлителем нейтронов служит металлический бериллий, что обеспечивает высокий уровень потока нейтронов, контролируемый безопасный и быстрый пуск реактора. Корабль мог отойти от причала за 30 минут с момента нажатия кнопки «Пуск» до принятия нагрузки на турбогенератор.

Реактор со свинцом-висмутом лишен и известного недостатка водо-водяного реактора, на котором при извлечении компенсирующих и регулирующих стержней всегда существует потенциальная опасность перехода в состояние неуправляемого цепного процесса, так называемой самоподдерживающейся цепной реакции. На свинцово-висмутовом реакторе даже при диверсионном акте и принудительном подъеме стержней защиты такая опасность невозможна.

Еще одним преимуществом СВТ, и очень существенным, является то, что при эксплуатации данного типа реакторов практически не образуется жидких радиоактивных отходов. Особое свойство жидкого металла — высокая электропроводимость — позволило применить на атомной подводной лодке магнитно-электродинамические насосы, что в свою очередь снизило механический шум корабля и улучшило виброакустические характеристики судна. Данный ЖМТ также позволял получить перегретый пар повышенных (в сравнении с водо-водяными реакторами) параметров, что давало возможность увеличить давление пара в конденсаторе турбины при уменьшении габаритов, диаметра и водоизмещения АПЛ. Ко всему прочему, невысокая температура плавления СВТ обеспечивала возможность ремонта оборудования первого контура и перегрузки топлива без дренирования свинцово-висмутового теплоносителя при поддержании его в жидком состоянии при температуре 160–180 градусов Цельсия за счет работы системы обогрева.

С 1961 г. наша страна приступила к строительству серии АПЛ 705 проекта. Главная энергетическая установка АПЛ проекта 705 состояла из реактора на ЖМТ мощностью 150МВт, паропроизводящей установки (ППУ) ОК-550 (для проекта 705К — БМ-40А), паротурбинной установки мощностью 40 тысяч л. с. и двух турбогенераторов мощностью по 1500 кВт. Главным конструктором ППУ ОК-550 являлось ОКБМ им. И. И. Африкантова, создателем ППУ БМ-40А — ОКБ «Гидропресс». Все оборудование первого контура АПЛ размещалось в радиационной защите, состоящей из бака свинцово-водной защиты, одновременно являвшейся элементом силового каркаса ППУ. Собственно ППУ находилось в отсеке диаметром 7,1 метра и длиной около 12 метров.

Эти лодки буквально взбудоражили американцев. Наш тогдашний наиболее вероятный противник, узнав о них, испытал шок.

### —Что их поразило больше всего?

— Во-первых, широкое применение титана, в том числе, при изготовлении корпуса, что позволило увеличить глубину погружения. Во-вторых, конечно же, установка. Неожиданно для всех у нас появилась установка с жидкотеплоталлическим теплоносителем, позволившим создать малогабаритный реактор с большой плотностью объемного энерговыделения. Иначе говоря, с возможностью получения больших мощностей при малых габаритах.

Последнее обстоятельство сразу открыло возможность создания подводной лодки небольшого размера, что на тот момент являлось важнейшей задачей. Многие умели строить АПЛ, но лодки получались большими. А тут в руках у СССР возникла принципиально новая технология, обеспечивавшая настоящий прорыв.

Обязательно я должен упомянуть о третьей особенности проекта 705 — его полная автоматизация, комплексная автоматизация управления и подводной лодкой, и энергетической установкой и вооружение.

**— Ого! Честно говоря, даже не верится...**

— В то время это было сделано, понимаете? В наши дни только начинаются работы по созданию беспилотных автомобилей, поездов, самолетов, а полвека тому назад нашими учеными и инженерами задача полной комплексной автоматизации управления подводной лодкой и оружием была практически реализована на серийных подводных лодках 705 проекта.

Американцы оказались абсолютно не готовыми к честному состязанию с нами, и единственное, чем они активно занимались — это разведработой.

**— Свинец-висмут для них оказался неизвестным направлением?**

— У них даже задумок не было до тех пор, пока они не узнали о наших лодках. Поэтому они не пытались сделать что-то самостоятельно. Это совершенно новая технология, и для нее требовался огромный объем НИР и НИОКР. Одно дело, знать, что свинец-висмут годится как теплоноситель, другое — на практике использовать его в качестве рабочего тела, отводящего тепло из активной зоны реактора.

**— Почему же при отмеченных Вами достоинствах свинцово-висмутowego теплоносителя и проекта АПЛ в целом это направление не получило дальнейшего широкого развития?**

— Безусловно, СВТ обладают и определенными недостатками. Назову некоторые из них. Спецификой СВТ является образование в нем при облучении нейтронами висмута альфа-активного радионуклида полония-210 с очень коротким периодом полураспада в 138 суток. Радиологическая опасность ЖМТ проявлялась при попадании СВТ или контактирующего с ним газа в обслуживаемые помещения, обычно это происходило при авариях и ремонтах реакторной установки.

В тоже время опыт эксплуатации ППУ на АПЛ показал, что выход полония-210 и радиоактивность воздуха резко уменьшаются после снижения температуры и затвердения пролитого сплава. Ученые США в свое время также исследовали радиационную опасность СВТ и пришли к выводу, что образование полония-210 в свинцово-висмутовом теплоносителе не является препятствием для его использования в качестве ЖМТ ядерных реакторов. Следует иметь в виду, что полоний-210 является альфа-активным радионуклидом для защиты от такого излучения порой достаточно тонкой

фольги, а мы заливаем реактор толстым массивом свинца-висмута. Безопасность использования в качестве теплоносителя сплава свинца-висмута доказывает и тот факт, что на АПЛ проекта 705 из-за радиационных аварий не погиб ни один моряк.

Еще одним недостатком СВТ называют высокую степень обогащения топлива, которое требуется для реактора (90 % по урану 200–235 и выше) что делает проект значительно более затратным, чем, к примеру, создание топлива для водо-водяного реактора.

Справедливости ради надо сказать, что теплоноситель оказался не таким уж идеальным. В ходе его эксплуатации разработчики столкнулись с трудностями, связанными с коррозией конструкционных материалов и зашлаковыванием контура оксидами свинца. Нужно было обосновать режимы эксплуатации реактора, при которых эти явления были бы исключены. Технология внедрялась совершенно новая, предлагаемые материалы ранее не испытывались ни в каких теплотехнических установках, а значит требовали широкого фронта изучений и исследований. В ФЭИ создали большую теплотехническую лабораторию, которая консолидировала все исследовательские работы в данном направлении. Для проведения испытаний сплава в Обнинске построили специальный стенд 27/ВТ с прототипом энергетической установки.

Но главным недостатком эксплуатации атомоходов проекта 705 была сложность базирования этих АПЛ: «Разветвленная система разводки свинцово-висмутового теплоносителя не позволяла выключать реактор. Любой вывод из действия этой установки приводил к замерзанию теплоносителя в различных трубках, патрубках, ответвлениях и тем самым исключал его вторичный запуск. Поэтому установки должны были работать непрерывно и имели береговое обеспечение, то есть систему, которая постоянно подавала тепло и обеспечивала работу этой установки на небольшой мощности непрерывно вплоть до выработки всего ресурса».

Нужно сказать, что свойство сплава свинца-висмута затвердевать при 125 градусах Цельсия в некоторых случаях играло положительную роль, поскольку при хранении выгруженной активной зоны в баке с застывшим СВТ появляется дополнительный защитный барьер на пути выхода радиоактивности.

И все же необходимость создания специальной береговой системы энергообеспечения подводных лодок с реакторами, охлаждаемыми жидким металлом, объективно приводила к усложнению и удорожанию инфраструктуры обслуживания АПЛ. Именно это обстоятельство явилось основной причиной ограничения, а впоследствии и прекращения строительства подводных лодок данного типа.

**— Лодки со свинцово-висмутовыми реакторами были построены, и началась их эксплуатация. Об опыте эксплуатации есть самые разные отзывы, от положительных до негативных.**

— То, что есть негативные отклики, не удивительно. Имели место аварии, и аварии были неприятны тем, что они сопровождались застыванием,

замерзанием теплоносителя, которое полностью выводило из строя энергетическую установку. Конструкция установки не допускала повторного разогрева после замерзания.

**— То есть, как только запустили реактор, его требовалось постоянно поддерживать в горячем состоянии?**

— Все время. Это был родовой недостаток принятой конструкции реакторной установки. Даже в тех случаях, когда лодка была на берегу и бездействовала в течение месяцев, надо было поддерживать теплоноситель в разогретом состоянии.

**— Чего боялись? Что твэлы будут раздавлены при замерзании?**

— Нет, все гораздо проще. Установка при замерзании выходила из строя. Необратимый процесс — замерзание приводило к необходимости замены всей ядерной паропроизводящей установки. В проекте была масса мелких трубок, очень разветвленная система контуров, и технически было нереально везде освободиться от пробок, которые возникали в результате замерзания.

Это первый недостаток установки, и надо честно признать, что он существовал. Второй недостаток обуславливался тем, что выбор спектра промежуточных нейтронов оказался неоптимальным решением. В результате приходилось иметь довольно большой запас реактивности, многократно превышавший эффективную долю запаздывающих нейтронов. То есть всегда была потенциальная опасность неуправляемого цепного процесса.

**— И общий вес стержней был при этом высоким? И, как следствие, опасность аварии с самоходом стержней...**

— Да, за счет этого. Это был второй недостаток. Были и другие претензии, это я вам могу сказать откровенно как человек, выступавший со стороны заказчика этих лодок. Но в целом, несмотря на то, что имело место несколько аварий, я считаю, что опыт эксплуатации подтвердил жизнеспособность и перспективность этого направления. Все отмеченные недостатки были в принципе устранимыми, но это требовало времени и серьезных финансовых затрат.

К сожалению, в те годы не было возможности поддерживать два направления параллельно. Поэтому было построено семь подводных лодок 705-го проекта, и на этом серия завершила свое существование.

**— Приходилось слышать мнение от некоторых из Ваших коллег, что насосы никуда не годились.**

— Не согласен с таким утверждением. Магнитогидродинамические насосы после устранения некоторых начальных неполадок в течение всего периода эксплуатации работали вполне устойчиво и свою задачу выполняли.

Вообще, рассуждая о тех или иных недостатках, нельзя судить о правильности выбранного направления по ограниченному опыту эксплуатации. Было построено только несколько лодок, сделаны первые шаги. Если бы направление получило более широкое распространение, то, конечно, те идеи, которые сейчас реализуются в перспективных проектах реакторов с СВТ, в частности в разрабатываемом коммерческом проекте СВБР-100, были бы осуществлены и на лодках. Недостатки были бы ликвидированы, и мы могли бы с чистой совестью говорить, что свинцово-висмутовая установка по надежности ничуть не уступает водо-водяным реакторам, а по безопасности превосходит их.

Почему превосходит? В первую очередь, потому что вода накладывает требование поддержания высокого давления в первом контуре. Жидкий металл этого не требует. У жидкометаллических реакторов нет потенциальной энергии, которая представляет собой «затаившийся» риск.

Я для себя сделал сравнительную таблицу — что нового предлагается реализовать в свинцово-висмутовом реакторе СВБР-100 по сравнению с реакторами подводных лодок? Первое — в СВБР перешли на быструю зону, что резко уменьшило запас реактивности и практически исключило возможность неуправляемого разгона. Даже при вынутых по ошибке стержнях СУЗ реактивность в СВБР оказывается меньше суммарной доли запаздывающих нейтронов, и реактор остается управляемым.

Второй революционный скачок, который мы хотели, но не успели сделать на подводных лодках — интегральная компоновка энергетической установки, допускающая останов реактора и повторный пуск с разогревом теплоносителя. Никаких мелких трубок, никаких разветвленностей. В компоновке СВБР все это исключено.

Для СВБР принято правильное решение, и я его поддержал, — несколько снижено удельное энерговыделение. В наземном реакторе нет жесткой необходимости в уменьшении габаритов, как на подводной лодке. Для СВБР нет смысла гнаться за напряженность, памятуя о том, что это может быть чревато уменьшением надежности.

Следующий шаг, сделанный в СВБР, — создание автоматизированной системы управления технологией теплоносителя. Она будет регулироваться не вручную, а системой автоматики.

**— То есть автоматика будет держать примеси, температуру...**

— Да, она будет отслеживать заданные параметры, вводить необходимые добавки и делать другие необходимые вещи.

Очень правильно также, что в СВБР предусмотрели возможность естественной циркуляции в случае обесточивания установки. Так что проект СВБР можно считать капитальным усовершенствованием свинцово-висмутовой технологии по сравнению с лодочными реакторами. В нем сохранены ее уникальные положительные качества и одновременно исключены недостатки начальных этапов разработки.

— **Можно ли назвать примеры, которые свидетельствовали бы о возрождении интереса к свинцово-висмутовому теплоносителю.**

— Некоторое время казалось, что направление РУ со свинцово-висмутовым теплоносителем возродить проблематично, но сегодня оно вновь развивается и в первую очередь не для военных, а для гражданских надобностей. Российским специалистам удалось фактически полностью преодолеть недостаток СВТ в виде «заморозки». Отечественными конструкторами спроектирована моноблочная РУ со свинцом-висмутом, в которой нет разветвленных систем, сам теплоноситель полностью сконцентрирован в объеме активной зоны и внедрена возможность его разогрева электрическим способом в любой момент. На базе этой технологии создается уникальная модульная установка СББР-100, которая открывает новое направление — атомную энергетику малых и средних мощностей. Исторически сложилось, что стационарные атомные станции формировались на основе блоков мощностью от 500 до 1500 МВт. Сейчас возникла необходимость в установках меньшей мощности для самых разных нужд — от обеспечения энергоснабжением военных радиотехнических установок в труднодоступных местах до электроснабжения небольших поселений.

Сегодня разработкой ядерных энергоустановок малой и средней мощности уже занимается целый ряд ведущих стран мира. Возникает, по существу, новое направление широкомасштабного развития атомной энергетики — строительство атомных энергоисточников малой и средней мощности. США считают, что к 2030 году потребность в таких малых АЭС возрастет многократно и особое внимание атомщики других страны стали проявлять именно к СВТ. Американцы разрабатывают свинцово-висмутовый реактор «NuRegion», большие работы ведутся в области теплоносителей в Японии. Уверен, что именно принцип СВТ, успешно воплощенный в реальный проект великими советскими конструкторами, и подтолкнул мир к разработкам малых ядерных энергоустановок. Раньше американцы в этом направлении отставали от нас на 40–45 лет. К сожалению, в 90-е годы многие наши визитеры в страны Запада, и прежде всего в США, выложили почти все секреты и ноу-хау эксплуатации СВТ. Иностранцы тогда принимали наших ребят с большим удовольствием, создавали им минимальные материальные условия, а взамен получали довольно много бесценной информации. Но все равно у Росатома и сегодня в данном направлении имеется задел, и мы, безусловно, впереди всего мира в использовании СВТ на 10–15 лет.

— **Какова же окончательная судьба АПЛ проекта 705? Есть ли у России четкое понимание, что требуется с ними сделать?**

— Сначала отвечу вам кратко, одним предложением, а потом можем перейти к деталям. По выводу из эксплуатации лодок 705 проекта мы имеем совершенно четкую картину, четкие планы, и у нас нет ни одной технологической проблемы, которая бы не решалась.

Положение дел на сегодняшний день таково. Все лодки выведены из числа действующих. Девять отработавших выемных частей покоятся в специальных хранилищах ПВХ ОЯТ и РАО в поселке Гремиха.

— Извините, Вы можете уточнить значение термина «выемная часть»?

— Отработавшая выемная часть — это активная зона, то есть вся сборка активной зоны с топливом. В проекте 705 конструкция предусматривала выгрузку не поканально, а сразу всей зоны полностью. Зона там не такая большая, и поэтому ее полная выгрузка была возможна.

Итак, семь подводных лодок были выгружены штатно, в горячем состоянии. Их выемные части были опущены в специальные стальные шахты и залиты слоем свинца-висмута. Потом этот свинец-висмут застывал и брал на себя роль дополнительной защиты. Как показал опыт, получающийся таким образом монолит с активной зоной внутри может храниться безопасно и без отрицательных экологических и радиационных воздействий на окружающую среду.

Возвращаясь к исходной теме. Я сказал про семь выгруженных нормальных активных зон, но остаются еще две аварийные. В сентябре 2009 года в Гремихе прошла операция по выгрузке выемной части из АПЛ № 910. Это лодка аварийная, в 1989 году она была выведена из состава ВМФ и поставлена в режим ожидания своей дальнейшей судьбы.

Первоначально считалось, что выгрузка выемной части из аварийной лодки будет делом сложным, если не невозможным. Но эпопея выгрузки из лодки №910 показала, что задачу это можно решить. Конечно, для этого потребовалась смелость.

Я отдаю должное моему ученику вице-адмиралу Пантелееву В.Н., ныне Генеральному директору «СевРАО», возглавлявшему операцию по выгрузке. Не вдаваясь в технические подробности, отмечу, что предложенный им порядок выгрузки быстро приводил к результату, но был сопряжен с определенными рисками, поэтому далеко не все поддержали это предложение. Однако, взвесив все аргументы «за» и «против», он взял на себя ответственность и успешно решил задачу. Теперь Валерий Николаевич и его предприятие «СевРАО» готовятся к разгрузке блока реакторного отсека аварийной подводной лодки №900

— А что предполагается делать с активными зонами дальше?

— В 2007 году мы закончили разработку стратегического мастер-плана утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обеспечивающей инфраструктуры в Северо-Западном регионе России.

Несколько слов о важности этого документа. До 2002 года работы по данному направлению велись только по краткосрочным ведомственным планам, ориентированным на 5-7 лет вперед. В них не охватывались все объекты, не учитывались должным образом взаимосвязи, и так далее.



В 2002 году на саммите G-8 в Кананаскисе было принято решение помочь России в ликвидации наследия холодной войны, выделив ей 10 миллиардов долларов в течение 10 лет. В качестве одной из главных задач рассматривалась задача утилизации подводных лодок и реабилитация объектов инфраструктуры, которые обслуживали АПЛ.

Но европейский банк реконструкции и развития поставил вопрос таким образом — мы не дадим России ни одного цента, пока у нашей страны не появится всеобъемлющий план. План, учитывающий все объекты, ориентированный на выполнение конечных целей, обосновывающий все приоритеты, и так далее. Тогда и была поставлена задача разработать мастер-план.

Руководство разработкой этого многотомного документа было поручено мне. Мы потратили на его составление целых четыре года.

В чем заключается его особенность? Прежде всего, он охватывает все объекты, представляющие радиационную опасность. И атомные подводные лодки, и атомные надводные корабли, и суда технологического обслуживания, и объекты береговой инфраструктуры. То есть все, что представляет радиационную опасность. Ни один план раньше такой широтой не отличался.

Второе. В отличие от всех предыдущих планов, здесь осуществлена беспрецедентная глубина планирования. Мы планируем не на пять, не на семь лет, а вплоть до достижения конечных целей. Поэтому некоторые проекты, которые здесь предусмотрены, будут выполняться через 25-30 лет.

### **— Что Вы имеете в виду под конечной целью?**

— Первое — полный вывоз всего ядерного топлива из региона. Второе — создание инфраструктур обращения с радиоактивными отходами и захоронение радиоактивных отходов в регионе. Третье и очень важное — экологическая реабилитация загрязненных территорий до уровня, позволяющего использовать их в нормальных промышленных целях.

Вернемся к особенностям мастер-плана. Две я уже назвал, дополню их третьей. Мы этот проект выполняли с учетом как нашего, так и западного опыта. До сих пор не было, пожалуй, ни одного отечественного планового документа, который разрабатывался бы с участием иностранных специалистов.

У нас был назначенный банком международный консультант. Правда, честно признаться, мы его больше консультировали, чем он нас, но, тем не менее, совместная работа с компанией-консультантом позволила использовать накопленный на Западе позитивный опыт в этих вопросах.

Наконец, четвертая особенность мастер-плана. Если раньше планы составлялись, опираясь на исследования, сделанные ранее или выполняемые в других учреждениях, то в рамках стратегического мастер-плана было предусмотрено восемь специальных стратегических исследований, ориентированных на решение принципиально важных проблем.

**— Пример таких исследований Вы можете привести?**

— Пожалуйста — обоснование критериев реабилитации радиационнозагрязненных объектов береговой инфраструктуры. Здесь подходы могут быть разные, например, зеленая лужайка или что-то другое. Нам нужно было обосновать тот разумный критерий, до уровня которого надо заниматься реабилитацией.

Второе специальное стратегическое исследование касалось реакторов с жидко-металлическими теплоносителями. Было много неясностей у нас, и требовалось создать цельную картину обращения с ними.

Также были проведены исследования по обращению с дефектным и неперерабатываемым ОЯТ, по усовершенствованию нормативной правовой базы в сфере комплексной утилизации АПЛ и экологической реабилитации ОЯТ и РАО и другие.

**— Каков на данный момент статус мастер-плана?**

— Прежде всего, с гордостью скажу, что он утвержден. Он одобрен ассамблеей стран-доноров и введен в действие приказом руководителя Росатома С. В. Кириенко 26 декабря 2007 года как основной плановый документ самого высокого уровня, определяющий все работы в области утилизации. Сейчас все, что делается по утилизации и экологической реабилитации в Северо-Западном регионе, проходит в соответствии с мастер-планом.

Недавно в дополнение к мастер-плану была разработана информационная система управления — специализированная ИСУП. В январе этого года ИСУП была утверждена госкорпорацией «Росатом» и введена в действие.

Группа, которая занимается ИСУП, находится в ИБРАЭ. К ней стекаются все сведения по работам, связанным с утилизацией. Если возникают какие-то новые обстоятельства, требующие альтернативных решений, то подключается группа экспертов, созданная при проектном офисе «Комплексная утилизация АПЛ Госкорпорации «Росатом», которая анализирует ситуацию и рекомендует оптимальные действия. После этого решение утверждается руководством «Росатома» и выдается как указание тем, кто занимается этими работами.

Подчеркиваю еще раз, что сейчас все работы, связанные с утилизацией выведенного из эксплуатации атомного подводного флота, а также объектов инфраструктуры, которая его обслуживала, сверяются и ведутся в соответствии с предначертаниями Стратегического мастер-плана.

**— Какой итог получился по реакторам? Что будут делать с выемными частями? Пойдут в хранилище?**

— Посмотрите мастер-план. Вот девять выемных частей плюс еще одна, которая находится в Сосновом Бору. В 2013 году начнется их вывоз. Они сначала будут вывозиться к месту погрузки на железную дорогу морским

путем специальным судном, которое строится сейчас в Италии, потом по железной дороге на площадку временного хранения.

— Она будет расположена в Димитровграде?

— Да, предполагается, что в Димитровграде. По каждой зоне составлен план по разборке и утилизации, от начала до конца\*.

— Кроме реактора, есть ведь еще собственно корпус и все остальное. Если не ошибаемся, американцы предпочитают поставить все это куда-нибудь лет на 50, чтобы все спокойно высветилось.

— Ответ простой. Все, что связано с радиоактивностью, ограничивается реакторным отсеком. Как поступают американцы (и, кстати, за что я воевал еще в далекие 80-е годы, но тогда не получал поддержки)? Они вырезают реакторный отсек вместе с реактором, в котором топлива уже нет. Иногда в этот реакторный отсек загружают радиоактивные детали и конструкции из других мест. Потом бочку с твердым радиоактивным металлом везут в пустыню Невада в штате Вашингтон и устанавливают на бетонные блоки.

В той местности очень маленькая влажность. Дожди там выпадают пять-семь дней в году. Поэтому все хранилище просто обнесено колючей проволокой, а весь обслуживающий персонал — пара десятков человек.

Не могу не вспомнить экзотическую картину, которую я наблюдал в американском хранилище — по территории свободно идет индеец в красочном облачении и с перьями. Задаем вопрос, как он туда попал. Ответ таков: это индейская земля, их община дала разрешение на строительство хранилища, но землю они продолжают считать своей и гуляют по ней, как им заблагорассудится.

Реакторные отсеки американцы собираются хранить в течение 70–80 лет. Мы спрашивали их: как вы планируете поступать по окончании этого срока? Неофициально нам сказали, хитро улыбнувшись, что получают разрешение на следующие 70–80 лет хранения.

В США никто ничего с реакторными отсеками делать не собирается. Нет смысла. Есть, конечно, технологии, позволяющие в результате переплавки выделять радиоактивную часть, а остальное пускать в производство, в промышленность. Но это будут настолько дорогие стали, что смысла заниматься такой работой нет. Проще выдерживать в хранилище. И мы поступим точно также.

Остальная часть подводной лодки не радиоактивна. Она разрезается на части, разделяется резина, кабели, медь, сталь, и все идет на переплавку в производство. Это классическая схема.

---

\* Таков был первоначальный план. К настоящему времени все АПЛ 705 проекта утилизированы, а их выемные части с ядерным топливом вывезены на ПО «Маяк» для переработки.

У нас пытались сначала отсеки разместить в штольнях, которые были выстроены в свое время в скальном массиве на Севере и Дальнем Востоке для укрытия подводных лодок в случае атомного удара. Штольни представляют собой циклопические сооружения.

Но я, когда в первый раз приехал на объект вместе с группой специалистов, обратил внимание на две вещи. Первое - уровень нижнего основания штолен на десять метров ниже уровня моря. Там стоит плотина, и в случае ее прорыва отсеки окажутся в морской воде со всеми вытекающими последствиями.

И второе — обстановка там не слишком подходящая для длительного хранения отсеков. Считалось, что в скальном грунте должно быть сухо, но на самом деле там было «сыровато». В сутки через щели в штольни поступали десятки тонн воды.

Я в свое время, будучи еще председателем научно-технического комитета ВМФ, написал главнокомандующему письмо, где обратил внимание на нецелесообразность такого способа обращения. Тем более что мне на тот момент уже были известны разведанные об американских подходах к хранению реакторных отсеков.

Меня вызвал к себе главком, Сергей Георгиевич Горшков, и сказал так: «Что касается техники, я с вами согласен. Но вы рассуждаете слишком узко. У меня есть еще социальные проблемы. Что я буду делать с десятком тысяч строителей, которые остаются на Севере без работы?». На том беседа и закончилась. Загрузка строительных предприятий, другие социальные вопросы интересовали главкома в неменьшей степени, чем решение технических проблем. И это было по-своему понятно.

Все-таки, в конце концов, от этой идеи благополучно отказались, и сегодня мы идем тем же путем, что и остальной мир. Хранение отсеков никакой опасности для окружающей среды не представляет. За ними нужно при-сматривать и осуществлять локальный мониторинг.

Так вот и заканчивается жизненный цикл подводных лодок. Хотелось бы вернуться к концу 50-х годов, когда началась разработка и была спущена первая атомная подводная лодка. Это было время гонки вооружений, отчаянное время. У нас, к сожалению, весь жизненный цикл продуман не был. Считалось, что надо в первую очередь строить, а обо всем прочем можно задуматься и потом.

### — Американцы действовали по тому же принципу?

— Нет. У них руководителем создания АПЛ был адмирал Риквер. Читая его мемуары, я сам своими глазами нашел в документах, относящихся к времени разработки «Наутилуса», указания о том, что надо думать о конечных стадиях обращения. Поэтому американцы так легко подошли к этому этапу, у них была готова концепция и даже выбрано место для хранения.

— Знаете, наше личное мнение — Риквер был просто фантастически умный специалист.

— Да, умный и пробивной. И очень проницательный. Незаурядный человек, конечно. Ничего не скажешь. Но тем приятнее подчеркнуть, что талант

нашего российского ученого и конструктора оказался значительно более богатым и многообразным, чем американский. И лодки со свинцом-висмутом появились в нашей стране, а не в Соединенных Штатах. А американцы так и уперлись в водо-водяные реакторы.

Благодаря нашему заделу, полученному на лодках, мы можем теперь переходить к созданию АЭС малой мощности с реакторами СВБР. Свинцово-висмутовые реакторы прописаны в ФЦП на новой технологической платформе. Есть все шансы, что этот реактор будет построен.

**— Сколько времени может потребоваться потенциальным конкурентам, чтобы догнать Россию по свинцу-висмуту?**

— Точную оценку дать трудно. Если где-то будут сконцентрированы большие деньги, то с учетом известного нашего опыта, который в значительной степени сегодня раскрыт, то время на создание таких технологий развитой страной я оцениваю, как лет 15, не менее.

Но спать нам ни в коем случае не надо! Нужно торопиться. Нужно работать, продвигаться вперед и сохранять созданный в советские времена отрыв от конкурентов.

**— Большое спасибо, Ашот Аракелович, за интересное интервью для электронного издания AtomInfo.Ru. И, конечно же, поздравляем Вас с великим праздником — Днем Победы!**

## Атомные станции малых мощностей\*

В пределах отведенного для сообщения ограниченного времени я позволю себе не останавливаться на подробностях и деталях, в частности на описании отдельных проектов и конструкций, а постараюсь представить общую картину состояния проблемы и сформулировать принципиальные положения и условия, выполнение которых необходимо для реализации широкомасштабного развития этого нового направления в ядерной энергетике.

Около полувека история развития атомной энергетики была связана с созданием блоков единичной мощностью от 500 до 1500 МВт и сооружением на их основе крупных атомных станций. Области масштабного применения малой атомной энергетики долгое время оставались и продолжают оставаться атомные подводные лодки и надводные военные корабли с АЭУ, а также единственный в мире советский, а ныне российский атомный ледокольный флот. Таким образом, можно констатировать, что малая энергетика для коммерческих целей практически не развивалась.

Такое ограниченное использование богатых возможностей атомной энергетики мне всегда представлялось недостаточно обоснованным, особенно с учетом географических и экономических особенностей нашей страны, которая и после распада Советского Союза продолжает оставаться самой большой по территории страной мира. При этом территория России крайне неравномерно населена и отличается очень неравномерным уровнем экономического развития отдельных регионов. Достаточно сказать, что около 2/3 территории России, где проживает всего около 15 % населения России, находится вне зоны централизованного электроснабжения. Но именно эти удаленные, малонаселенные районы представляют особую стратегическую ценность. Здесь находится более 90 % добываемого газа, 70 % запасов российской нефти, большие запасы цветных, редких металлов, химического сырья, более запасов древесины. И в то же время вся эта огромная территория находится за пределами единой электроэнергетической системы страны (**Рис.1**). Энергообеспечение этих удаленных труднодоступных регионов Севера, Сибири и Дальнего Востока, где сконцентрированы основные национальные запасы углеводородов и др. полезных ископаемых, осуществляется от автономных источников на органическом топливе, завоз которого связан с большими экономическими издержками, а эксплуатация наносит серьезный экологический урон окружающей среде. Многочисленные действующие маломощные устаревшие дизельные и мазутные энергоустановки (ЭУ) и котельные находятся сейчас в ведении местных властей, отдельных предприятий, в том числе и частных. Их эксплуатация сопряжена со значительными организационными трудностями по доставке топлива

---

\* Доклад на заседании Совета РАН по приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии», 25.10.2018 г.



и экономически эффективных энергоисточниках. Радикальным решением этой проблемы наряду с традиционными и возобновляемыми источниками энергии могло бы стать широкое внедрение атомных станций малой мощности (АСММ) — плавучих, транспортабельных и стационарных для целей электро- и теплоснабжения, а также для некоторых технологических нужд.

До недавнего времени Россия сохраняла приоритет в области малогабаритных атомных ЭУ. Он базировался на опыте создания и эксплуатации сотен атомных реакторов подводных лодок и ледоколов. В настоящее время в завершающей стадии находится строительство плавучей АТЭС на базе ледокольной установки КЛТ-40С. В ряде НИИ и КБ разработаны и находятся в разной стадии готовности к созданию опытно-промышленного образца несколько вариантов АСММ различных типов и компоновок, в том числе основанных на уникальной отечественной технологии ядерных энергоустановок со свинцово-висмутовым теплоносителем. Однако практическую реализацию это направление может получить при наличии обоснованного представления о целесообразности создания системы АСММ как основы региональной электроэнергетики и цельной государственной стратегии энергообеспечения регионов, не входящих в единую энергосистему.

Возможные области применения таких установок и спектр их предназначений достаточно широки. Наиболее очевидные из них представлены ниже:

- Региональные распределенные энергетические системы.
- Объекты локальной энергетики.
- Энергоснабжение единичных потребителей (объекты нефтегазового промысла, горно-обогатительные комплексы, металлургические предприятия).
- Гражданские аэропорты, объекты портовой инфраструктуры.
- Метеорологические и гидрологические станции и посты.
- Обеспечение радиосвязи, радиолокационной и навигационной поддержки для транспортной инфраструктуры в Арктике.
- Энергообеспечение оборонных объектов.
- Производство АСММ с целью их экспорта в страны Юго-Восточной Азии, Африки и некоторые северные страны.

Самостоятельный интерес представляет направление реализации модульной компоновки станций мощностью 100-300 МВт из реакторов малой единичной мощности.

Отношение к малой атомной энергетике стало радикально изменяться в последние годы. В ряде стран с развитой атомной энергетикой предпринимаются практические шаги и разворачиваются масштабные работы по созданию реакторов малой мощности для применения в самых разных целях.

В 2009 году в Сенат США был внесен законопроект, который называется «Инициатива по улучшению исследований в области энергетики». Начинается этот законопроект словами: «Министр энергетики должен руководить исследованиями по уменьшению стоимости ядерных энергетических систем, включая исследования по модульным и малым реакторам...». Этот



законопроект поддержан президентом США Бараком Обамой, министром энергетики США Стивеном Чу и рядом влиятельных сенаторов, так что имеются все основания, что в ближайшее время законопроект будет принят. Стоит добавить, что этим законопроектом предусмотрено только на исследования в области ядерной энергетики выделить в 2011 году 50 миллионов долларов.

Помимо России и США, где ведутся разработки сразу нескольких проектов АСММ, а также прорабатываются меры государственной поддержки таких проектов, свои концепции реакторов малой мощности разрабатывают Япония, Китай, Южная Корея, Франция, Германия, Италия, Аргентина, Бразилия, Нидерланды, Индонезия и др. Интерес, проявляемый к малой атомной энергетике, во многих странах подкрепляется наличием проектных разработок: NuScale, mPower (оба США), 4S (Япония, США), ANWR (Индия), SMART (Республика Корея) и др.

По информации МАГАТЭ (Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS) 2018 Edition), в мире существует более 50 проектов АСММ, находящихся на различных стадиях проектной разработки, лицензирования и строительства в 12 странах (Табл. 1, 2). Обращает на себя внимание широкий спектр типов и конструкций разрабатываемых установок, что характерно на начальном этапе поиска оптимальных вариантов.

**Табл. 1.** Сводка конструктивных особенностей и статуса разрабатываемых в мире реакторов малой и средней мощности

Проект	Выход (МВт)	Тип	Разработчик	Страна	Статус
<b>ЧАСТЬ 1: МАЛОМОЩНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ С ВОДЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ (НАЗЕМНЫЕ)</b>					
CAREM	30	PWR	CNEA	Аргентина	строится
ACP100	100	PWR	CNRC	Китай	эскизный проект
CAP200	150/200	PWR	CGNPC	Китай	проектная концепция
DHR400	районное отопление	LWR (бассейн типа)	CNRC	Китай	эскизный проект
IRIS	335	PWR	IRIS Consortium	Несколько стран	проектная концепция
DMS	300	BWR	Hitachi GE	Япония	эскизный проект
IMR	350	PWR	MHI	Япония	проектная концепция
SMART	100	PWR	KAERI	Корея	одобренный проект
ЕЛЕНА	68 кВт	PWR	НИЦ «Курчатовский институт»	РФ	проектная концепция
KARAT-45/100	45/100	BWR	ОАО «НИКИЭТ»	РФ	проектная концепция
РИТМ-200	50 x 2	PWR	«ОКЕМ Африкантов»	РФ	в разработке
РУТА-70	70 МВт	PWR	ОАО «НИКИЭТ»	РФ	проектная концепция
ЮНИТЕРМ	6,6	PWR	ОАО «НИКИЭТ»	РФ	проектная концепция
BK-300	250	BWR	ОАО «НИКИЭТ»	РФ	рабочий проект
UK-SMR	443	PWR	Rolls-Royce and Partners	Британия	зрелая концепция
mPower	195 x 2	PWR	BWVX Technologies	США	в разработке
NuScale	50 x 12	PWR	NuScale Power	США	в разработке
SMR-160	160	PWR	Hotec International	США	предварительный проект
W-SMR	225	PWR	Westinghouse	США	проектная концепция
<b>ЧАСТЬ 2: МАЛОМОЩНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ С ВОДЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ (МОРСКИЕ)</b>					
ACPR50S	60	PWR	CGNPC	Китай	предварительный проект
ABV-6E	6 - 9	плавающий PWR	«ОКЕМ Африкантов»	РФ	проектирование на стадии завершения
KLT-40S	70	плавающий PWR	«ОКЕМ Африкантов»	РФ	строится
РИТМ-200М	50 x 2	плавающий PWR	«ОКЕМ Африкантов»	РФ	в разработке
ШЕЛЬФ	6,4	погруженная АЭС	ОАО «НИКИЭТ»	РФ	рабочий проект
ББЭР-300	325	плавающий PWR	«ОКЕМ Африкантов»	РФ	на стадии лицензирования
ББЭР-300	325	плавающий PWR	«ОКЕМ Африкантов»	РФ	на стадии лицензирования

Следует заметить, что в России практический интерес к малой энергетике стал прогрессивно возрастать, прежде всего, в связи с необходимостью освоения отдаленных регионов Арктики. Учитывая относительную конкурентоспособность АСММ для целевых районов применения в Арктике, в среднесрочной перспективе можно ожидать увеличение масштабов их использования. При оптимистичном сценарии развития атомных энергетиче-

ских технологий к 2030 г. в Арктике будет эксплуатироваться до 26 РУ в составе АППУ ледоколов, плавучих и наземных электростанций, а общее количество находящихся в работе активных зон будет исчисляться десятками.

Опубликованные данные по зарубежным проектам АСММ, а также отчетственная практика наглядно свидетельствуют о большом разнообразии типов и конструкций атомных энергоисточников. При этом многие проекты АСММ копируют или опираются на уже существующие для других целей реакторные установки (РУ), что, впрочем, естественно для начального этапа развития этого нового направления. Однако понятно, что эффективность такого сценария развития атомной энергетики на основе АСММ в долгосрочной перспективе далека от оптимальной, так как это неизбежно приводит к усложнению и удорожанию обслуживающей их инфраструктуры, к усложнению эксплуатации и, как следствие, к снижению экономической конкурентоспособности.

Табл.2. Сводка конструктивных особенностей и статуса разрабатываемых в мире реакторов малой и средней мощности (продолжение)

Проект	Выход (МВт)	Тип	Разработчик	Страна	Статус
<b>Часть 3: высокотемпературные газопроизводящие маломощные модульные реакторы</b>					
HTR-PM	210	HTGR	NET, Tsinghua University	Китай	строится
GT-MHR	285	HTGR	JAEA	Япония	эскизный проект
MHR-T	205,5 x 4	HTGR	«СНЕМ Африкантов»	РФ	предварительный проект
MHR-100	25 - 87	HTGR	«СНЕМ Африкантов»	РФ	проектная концепция
A-HTR-100	50	HTGR	Eskom Holdings SOC Ltd	ЮАР	проектная концепция
HTMR-100	35	HTGR	Steenkampstral Thorium Limited	ЮАР	проектная концепция
PBMR-400	165	HTGR	PBMR SOC Ltd	ЮАР	предварительный проект
SC-HTGR	272	HTGR	AREVA	США	проектная концепция
Xe-100	35	HTGR	X-energy LLC	США	проектная концепция
<b>Часть 4: маломощные модульные реакторы на быстрых нейтронах</b>					
4S	10	LMFR	Toshiba Corporation	Япония	рабочий проект
LFR-AS-200	300	LMFR	Hydromine Nuclear Energy	Люксембург	предварительный проект
LFR-TL-X	5 - 20	LMFR	Hydromine Nuclear Energy	Люксембург	проектная концепция
BREST-OD-300	300	LMFR	ОАО «НИКИИЗТ»	РФ	рабочий проект
SVBR-100	100	LMFR	ОАО «АКМЗ-инжиниринг»	РФ	рабочий проект
SEALER	3	Small Lead Cooled	LeadCold	Швеция	проектная концепция
EMF	265	GMFR	General Atomics	США	проектная концепция
SUPERSTAR	120	LMFR	Аргонская НЛ	США	проектная концепция
WLFTR	450	LFR	Westinghouse	США	проектная концепция
<b>Часть 5: маломощные модульные реакторы на солевом расплаве</b>					
IMSR	100	MSR	Terrestrial Energy	Канада	эскизный проект
CMR	100-115	MSR	Seaborg Technologies	Дания	проектная концепция
CA Waste Burner	20	MSR	Copenhagen Atomics	Дания	проектная концепция
ThorCon	250	MSR	Martingale	Международный консорциум	эскизный проект
FUJI	200	MSR	ITMSF-Международный форум по расплаву солей тория	Япония	на стадии эксперимента
Stable Salt Reactor	37,5 x 8	MSR	Molten Energy	Британия	проектная концепция
Stable Salt Reactor	300 - 900	MSR	Molten Energy	Британия	предпроектная концепция
LFTR	250	MSR	Flibe Energy	США	проектная концепция
Mk1-PB-FHR	100	MSR	Калифорнийский университет, Беркли	США	предпроектная концепция
MC5FR	50	MSR	Elysium Industries	США и Канада	проектная концепция
<b>Часть 6: другие маломощные модульные реакторы</b>					
eVinci	0,2 - 15	Small Heat Pipe	Westinghouse	США	в разработке

Важнейшим условием широкомасштабного использования АСММ является модульный принцип их конструирования, предусматривающий возможность создания установок различных мощностей за счет комплектования однотипных блоков. Другим условием развития конкурентоспособной малой атомной энергетики является серийное изготовление энергоустановок, что представляется вполне реальной перспективой, исходя из оценки масштабов потенциального потребления энергии в регионах РФ, не охваченных централизованным энергоснабжением. С учетом ожидаемого большого числа АСММ, актуальной задачей является также централизация инфраструктуры обращения с ними, что позволит унифицировать цепочки технологических процессов и снизить стоимость владения объектом генерации при масштабном развитии направления. В этом ключе в качестве приоритетных проектов целесообразно рассматривать модульные, транспортабельные атомные энергоисточники с высокой степенью заводской готовности.

Широкий диапазон потребных мощностей АСММ приводит к выводу о необходимости разработки нескольких универсальных модулей для выделенных характерных диапазонов востребованных мощностей. Выполненный нами предварительный анализ позволяет наметить, по меньшей мере, три таких наиболее востребованных на сегодня интервала мощностей для потенциальных потребителей, которые могут быть рекомендованы при выборе мощности единичного модуля.

- **Группа 1 (10-30МВт)**

Горнодобывающие предприятия арктической зоны Якутии Чукотского АО — потребные мощности 10–30 МВт.

Крупные промышленные объекты нефтегазового промысла — расчетная нагрузка 5 МВт (бурение), 10 МВт (добыча).

- **Группа 2 (1-5МВт)**

Арктическая группировка Вооруженных Сил РФ, а также гражданские аэропорты, портовая инфраструктура, отдельные населенные пункты (0,5-10 МВт).

- **Группа 3 (0,05- 0,2 МВт)**

Метеорологические и гидрологические морские станции и посты (несколько КВт), обитаемые научно-исследовательские станции (до 100 КВт), радиосвязь, радиолокационная и навигационная поддержка Севморпути, гражданской и военной авиации (50-200 КВт).

Реализация и использование унифицированных проектов модульных АСММ позволяет обеспечить ряд инновационных качественных особенностей и преимуществ:

- Наличие большой численности потенциальных потребителей в пределах обозначенных групп представляет возможность серийного производства РУ.
  - Модульный принцип компоновки при формировании необходимой мощности и возможность ее изменения в зависимости от потребностей целевой площадки.
  - Полная или высокая степень заводской готовности к эксплуатации.
  - Транспортабельность отдельных модулей или блоков.
  - Минимизация объемов и стоимости капитального строительства в районе размещения атомных станций. Все высокотехнологичные, дорогостоящие и трудоемкие операции переносятся в специализированные цеха заводов и выполняются квалифицированным персоналом. Следствием этого является минимизация затрат по разворачиванию и вводу в действие малых атомных энергоисточников.
  - Возможность перенесения наиболее ядерно и радиационно опасных операций, связанных с ремонтом, перегрузкой топлива, с площадки размещения в специализированные заводские цеха, что обеспечивает высокий уровень безопасности и качества выполняемых процедур.
  - Высокая автономность эксплуатации.
- Минимизация численности обслуживающего персонала.

- Упрощение процедур снятия с эксплуатации, вывоз ОЯТ и РАО вместе с энергоустановкой.
- Существенное снижение экологических последствий для окружающей среды.
- Возможность работы в режиме когенерации, опреснение воды, выработка водорода.

Одним из самых дискуссионных вопросов применения АСММ является их экономическая эффективность (**Рис.2, 3**).

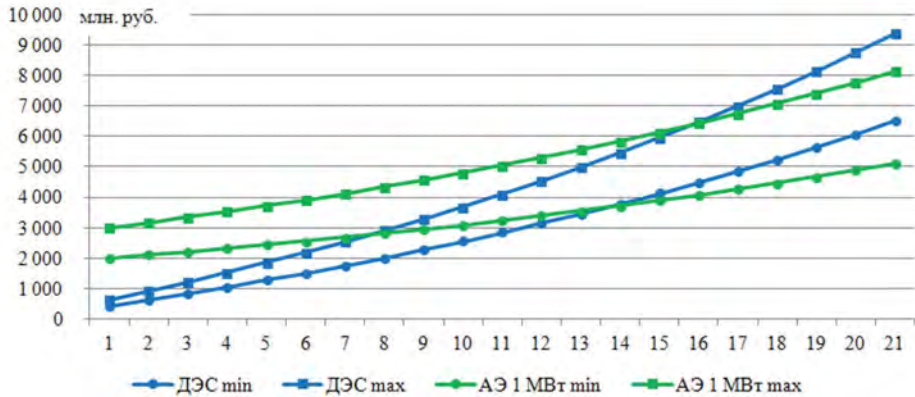
На рисунках представлено сценарное сравнение интегральных затрат по энергоисточникам для ДГУ и серийных проектов АСММ мощностью 1 МВт и 100 кВт. Расчет произведен с учетом параметров автономности, заявляемых проектировщиками. Эксплуатационные затраты рассчитаны по аналогии для АЭС большой мощности. Экономические показатели рассчитаны с учетом методик NEA OECD, МАГАТЭ, СЭИ и LCOI (Росатом).

Несмотря на более высокий уровень начальных затрат в создание атомных энергоисточников, относительная конкурентоспособность по интегральным затратам достигается на 13–16-й годы эксплуатации для уровня мощности 1 МВт и на 15–19-й годы эксплуатации для уровня мощности 100 кВт.

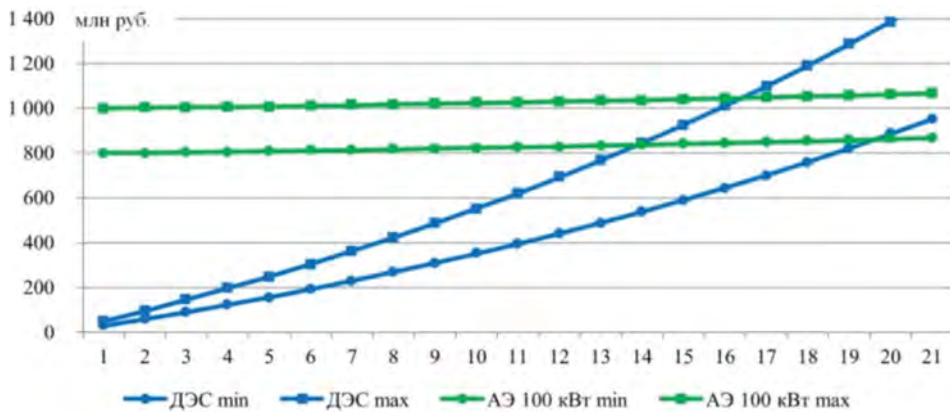
Напомним, что современная широкомасштабная атомная энергетика возникла как совокупный результат технического прогресса в атомной отрасли и объективных потребностей экономики. Ровно такая же ситуация к настоящему времени сложилась с проблемой становления и развития атомной энергетике малых мощностей.

С учетом прогрессивно возрастающего интереса, проявляемого в последние годы к ядерным энергоисточникам малой мощности, и масштабов ведущихся в мире работ по их созданию, можно утверждать, что мы находимся на старте появления нового направления в развитии ядерной энергетике, а именно широкого применения атомных станций малой мощности.

В разработке атомных энергоисточников малой мощности наша страна имеет неплохой задел, а в некоторых случаях и очевидный приоритет, связанный с опытом, который накоплен при создании ядерных энергетических установок боевых кораблей, атомных подводных лодок, атомных ледоколов, первой в мире плавучей АЭС, источников питания бортовой аппаратуры спутников, а также с разработкой совершенно новых, уникальных ядерных технологий. И все же, несмотря на некоторые реальные достижения и позитивные шаги, очевидно, что это новая область развития атомной энергетике находится пока лишь на стадии подготовки плацдарма для широкомасштабной экспансии. Было бы ошибочным полагать, что все проблемы уже решены и единственным препятствием для широкомасштабного развития малой атомной энергетике является отсутствие заявленных потребностей со стороны государства и бизнеса. В действительности же, для успешной реализации этого направления еще необходимо разрешить целый ряд сложных научных, технических и организационных проблем, важнейшими из которых, на мой взгляд, являются следующие:



**Рис. 2.** Интегральные затраты по энергоисточникам мощностью 1 МВт



**Рис. 3.** Интегральные затраты по энергоисточникам мощностью 100 кВт

- Подготовка научно-производственной базы для проведения стендовых испытаний и создания головных образцов энергоустановок.
- Освоение технологий и мобилизация промышленных мощностей для серийного производства АСММ.
- Разработка ядерного топлива с высокими эксплуатационными характеристиками, позволяющими увеличить продолжительность кампании на период не менее 7–10 лет, а также адаптированного к большим и резким перепадам потребляемой мощности.
- Разработка реакторных установок с высоким уровнем автоматизации, что позволило бы минимизировать численность обслуживающего персонала.
- Разработка основанных на принципах внутренней самозащищенности и пассивных систем защиты РУ с повышенными стандартами ядерной, а также и экологической безопасности.



- Разработка и реализация технологий централизованного (на заводе-изготовителе) обращения с ОЯТ и РАО.
- Обеспечение физической защиты АСММ и нераспространения ядерных материалов в гражданском секторе и на объектах военного назначения.
- Правовое и институциональное обеспечение сектора атомной энергетики на основе АСММ.

Уместно упомянуть еще одну задачу более общего характера.

Несмотря на огромный экономический потенциал и стратегическое значение для развития страны Арктики, Сибири, северных и восточных территорий, в Российской Федерации до сегодняшнего дня отсутствует единая концепция энергоснабжения регионов, не обеспеченных централизованным электроснабжением. Разработка такой единой концепции и программы энергообеспечения этих регионов представляется также одной из наиболее приоритетных задач современного этапа развития отечественной электроэнергетики.

### **Выводы:**

1. Востребованность АСММ и их конкурентоспособность во многих конкретных условиях их перспективного использования очевидны, о чем свидетельствует прогрессивно возрастающий интерес в мире к их разработке и применению.
2. С учетом долгосрочных экономических интересов страны представляется необоснованной очень сдержанная чрезмерно рыночная позиция в отношении этого нового направления развития атомной энергетики ГК «Росатом», пассивно ожидающей заказов со стороны государства и крупного бизнеса.
3. Возникновение, по существу, нового направления развития атомной энергетики не означает лишь очередное наращивание доли ядерных энергоисточников в топливно-энергетическом балансе. Создание АСММ связано с качественно новой философией применения атомной энергии, и прежде всего с индустриализацией их производства, а также с разработкой технологии централизованного обращения с ОЯТ и РАО.
4. Новое направление развития атомной энергетики требует масштабного научного обеспечения по широкому кругу фундаментальных и прикладных проблем, в решении которых могли принять самое активное участие институты РАН.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ  
АТОМНОГО ФЛОТА**

# **Стратегическое планирование и его применение при решении комплексных инженерных и технических проблем\***

## **Введение. Особенности стратегического планирования**

Разработка и реализация крупномасштабных программ, направленных на решение сложных многопрофильных проблем, требуют 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 определенные требования.

---

\* 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.



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 является 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 все 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»

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:

Объект	Конечные цели
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.

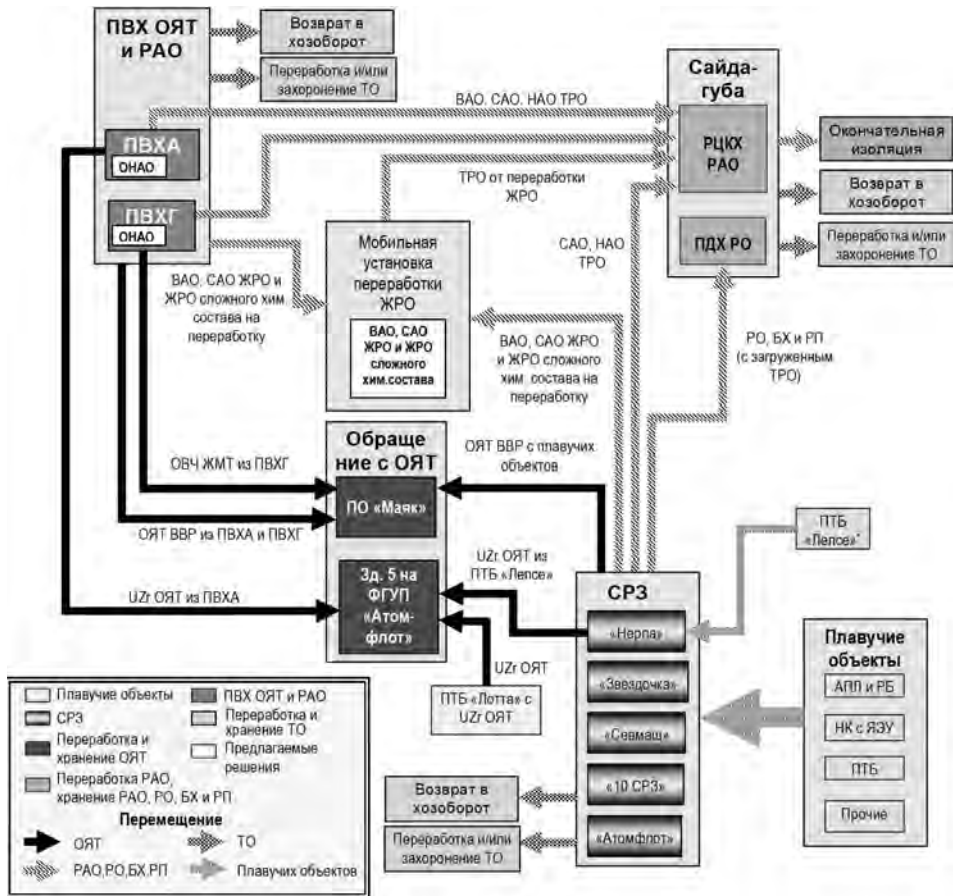


Рис. 2 Интегральная стратегия (дорожная карта) СМП

### Продолжение процесса вертикального планирования: структура декомпозиции работ, приоритизация, 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).

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 «ро-

дительского» 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 по-

требляемых 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 определенным 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 приводить 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 «видения» с оценкой возможных сроков и стоимости их выполнения.

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

Программа работ, обеспечивающая достижение «видения» 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).

Дальнейшая детализация СДР ПКУ осуществлялась до глубины, обеспечивающей возможность управления реализацией программы на стратегическом уровне. На стадии разработки СМП было признано достаточным иметь



Рис. 3 Структура двух уровней СДР ПКУ



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 ее. 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;
- 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  $W$  для групп факторов, используемых в рассмотрении, из предлагаемого диапазона. Значение 0 свидетельствует о пренебрежимо малом (по мнению эксперта) влиянии данной группы факторов на рассматриваемые проблемы, максимальному весу соответствует максимальное влияние. При этом



Рис. 4. Базовые критерии приоритизации в СМП

путем статистической обработки данных проверяется согласованность 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 максимально. 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:

$$P_j = \frac{\sum_{l=1}^{L1} \overline{W}_1^l \cdot {}^j \overline{d}_1^l + \sum_{l=1}^{L2} \overline{W}_2^l \cdot {}^j \overline{d}_2^l + \sum_{l=1}^{L3} \overline{W}_3^l \cdot {}^j \overline{d}_3^l + \dots}{d_{\max} (L1 \cdot W_1^{\max} + L2 \cdot W_1^{\max} + L3 \cdot W_1^{\max} + \dots)}$$

где  $L_k$  — количество факторов по критерию  $k$ ,  $\overline{W}_k^l$  — усредненный по всем экспертам вес фактора  $l$  критерия  $k$ , а  $W_k^{\max}$  — максимально возможный вес любого фактора в критерии  $k$ .

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

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

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

$$\overline{P_j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_j^i$$

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

Если

$$s(\overline{P_j}) \leq 0,125 \overline{P_j}$$

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 приоритизации было включено 123 проекта ПКУ из общего числа идентифицированных на тот момент. Из процедуры были исключены те проекты, которые уже выполнялись на момент начала приоритизации и имели плановый срок завершения в пределах 2008 года. Кроме того, как уже отмечалось,

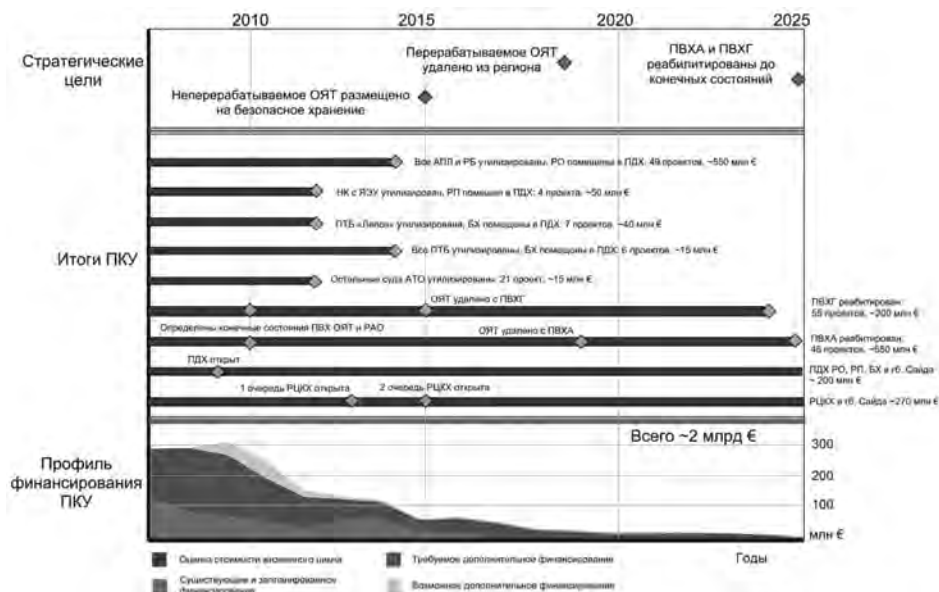


Рис. 5. Техническая базовая линия — обобщенные результаты разработки СМП

отбор проектов для приоритизации 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 потребное 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.

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



Рис. 6. Метод оценки рисков, основанный на анализе процессов

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 состоя-

ние работ, пересматривать ранее принятые решения с учетом возникающих отклонений от первоначального плана, добиваясь постоянной направленности программы на достижение «видения». 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 MicrosoftProjectServer. 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 неутилизированных 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 сдана 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 все 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 обрабатывающихся в процессах утилизации и реабилитации 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 информационно-аналитическое сопровождение процессов комплексной утилизации в Дальневосточном регионе России // Известия РАН. Энергетика. 2013. № 2. С. 104–111.
10. Антипов С. В., Свиarenко 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.



## К вопросу о ликвидации радиоактивных загрязнений в Арктическом регионе\*

*В статье рассмотрены наиболее значимые источники масштабных радиоактивных загрязнений, которым подвергалась Арктика, начиная с середины прошлого столетия: радиоактивные выпадения при испытаниях ядерного оружия, сливы отходов радиохимических комбинатов Селлафилд (Великобритания) и Кап де ля Аг (Франция), выносы активности северными реками России, эксплуатация атомного флота, радиоизотопные термоэлектрические генераторы, затопленные и затонувшие радиоактивные объекты. Оценивается их сравнительный вклад и сопутствующие радиоэкологические риски. Особое внимание сосредоточено на анализе проблем «ядерного наследия» атомного флота СССР/России и поиске путей их решения. Описывается содержание и итоги реализации разработанного в рамках широкого международного сотрудничества «Стратегического мастер-плана утилизации выведенного из эксплуатации атомного флота и радиоэкологической реабилитации обслуживающей его инфраструктуры». Обращается внимание на остающиеся нерешенными в Арктике экологические проблемы, связанные с затопленными и затонувшими объектами, в которых содержатся отработавшее ядерное топливо и радиоактивные отходы. Приводятся обобщенные данные по таким объектам и риски радиоэкологического загрязнения акваторий, оцененные на основе модельных исследований последствий возможных аварий.*

Арктика — северная полярная область земного шара, охватывающая Северный Ледовитый океан с островами (кроме востока и юга Норвежского моря), прилегающие части Атлантического и Тихого океанов и северные окраины материков Евразии и Северной Америки (без полуострова Лабрадор). В качестве южной границы Арктической зоны иногда принимают Северный полярный круг, в других случаях — среднюю изотерму июля 10 °С. Последнего определения мы придерживаемся в контексте данной статьи.

Полярные владения СССР/России включают в себя все земли и острова, расположенные в Северном Ледовитом океане к северу от побережья России до Северного полюса в пределах между меридианами 35°55'25» и 168°58'49,4» восточной долготы, за исключением архипелага Шпицберген и острова Медвежий. Сухопутные территории России, входящие в состав Арктической зоны РФ, установлены указами Президента РФ № 296 от 02.05.2014 г. и № 287 от 27.06.2017 г. Они включают в себя всю Мурманскую область и ряд других регионов.

Значение Арктики определяется несколькими факторами. Прежде всего, Арктика играет уникальную роль в формировании климатических и гидрологических процессов в Мировом океане, являясь «кухней погоды» Северного полушария Земли. Важно и то, что Арктическая зона богата разведанными

---

\* ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, 2019, том 89, № 2

и прогнозируемыми запасами минерального сырья, особенно углеводородов. Из-за отсутствия достаточно полных и достоверных данных разведки приводимые в литературе оценки запасов углеводородов на арктическом шельфе крайне противоречивы. В этих условиях наиболее предпочтительна вероятностная оценка ресурсов. По оценкам группы исследователей СО РАН [1], начальные извлекаемые запасы нефти составляют от 31,8 до 92,0 млрд т, попутного газа — 1560–4655 млрд м<sup>3</sup>, конденсата — 314–783 млн т, а геологические запасы свободного газа — 55,2–154,4 трлн м<sup>3</sup>. При этом почти весь арктический газ находится вблизи берегов России на глубине до 500 м. Вероятностная оценка общих начальных ресурсов углеводородов в Северном Ледовитом океане не превышает 252 млрд т в нефтяном эквиваленте (для сравнения: общие начальные ресурсы углеводородов в Атлантическом океане не превышают 70 млрд т, в Индийском — 65 млрд т, в Тихом — 25 млрд т). Отметим также, что в Арктической зоне России добывается 100% ее алмазов, сурьмы, апатита, редких и редкоземельных металлов, 98% платиноидов, 90% никеля и кобальта, 60% меди. Значение Арктики определяется и тем, что в условиях глобального потепления возрастает привлекательность интенсивного использования Северного морского пути как оптимальной транспортной коммуникации для внутренних и международных перевозок. Наконец, для России Арктическая зона имеет большое оборонно-стратегическое значение: на нее приходится более 30 % государственной границы и более половины морской границы страны.

Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности до 2020 г. утверждена Президентом РФ в 2013 г. Для реализации Стратегии была принята Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» (далее — Программа), позднее продленная до 2025 г. В рамках Программы обеспечение экологической безопасности (а радиоэкологическая безопасность — важнейший ее элемент) включено в перечень приоритетов.

Научно обоснованный подход к обеспечению радиоэкологической безопасности требует:

- тщательного анализа текущей радиоэкологической ситуации;
- идентификации и оценки существующих радиоэкологических угроз;
- разработки планов и программ мероприятий по ликвидации существующих угроз и предотвращению их возникновения в ходе будущей хозяйственной деятельности.

Этот круг вопросов и будет рассмотрен далее.

### **Радиоактивное загрязнение Арктики**

Практически с самого начала атомной эры Арктика подвергается беспрецедентным по масштабам радиоактивным загрязнениям. Разнообразные их источники целесообразно разделить на две группы: реальные, то есть существующие или существовавшие ранее, вызывающие загрязнения фактиче-

ского уровня, и потенциальные, создающие риски загрязнения в случае нарушения целостности их защитных барьеров. Каковы же важнейшие источники существующего загрязнения и каков их вклад в текущую радиоэкологическую обстановку в Арктике?

**Ядерные испытания и глобальные выпадения.** В результате проведенных в 1949–1962 гг. атмосферных (в воздухе, на воде и под водой, а также в космосе) ядерных испытаний в атмосферу Земли поступило большое количество радионуклидов. В дальнейшем они выпадали с осадками на поверхность суши и водную поверхность, формируя техногенно измененный радиационный фон. В СССР с 1949 по 1990 г. было проведено 715 ядерных испытаний, в том числе 219 атмосферных. Для сравнения: США с 1945 по 1992 г. провели 1056 ядерных испытаний (включая бомбардировки Хиросимы и Нагасаки), в том числе 217 атмосферных [2].

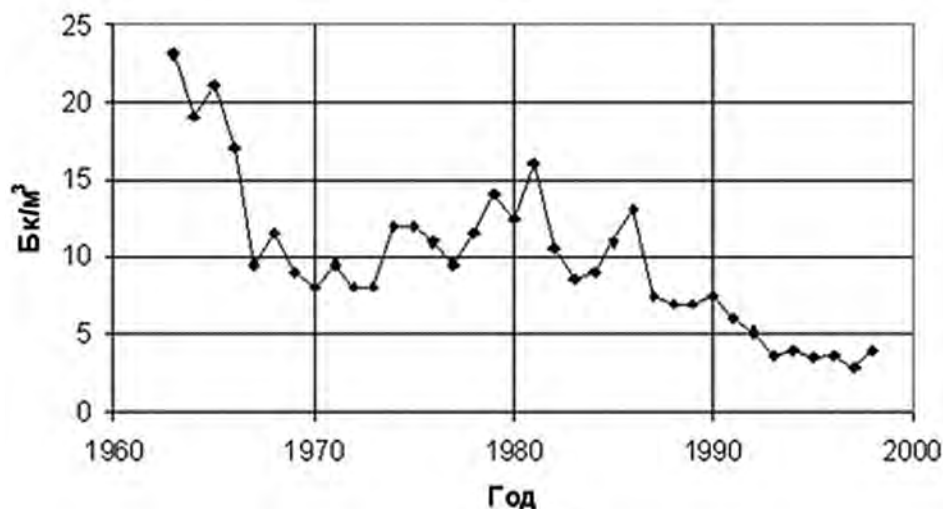
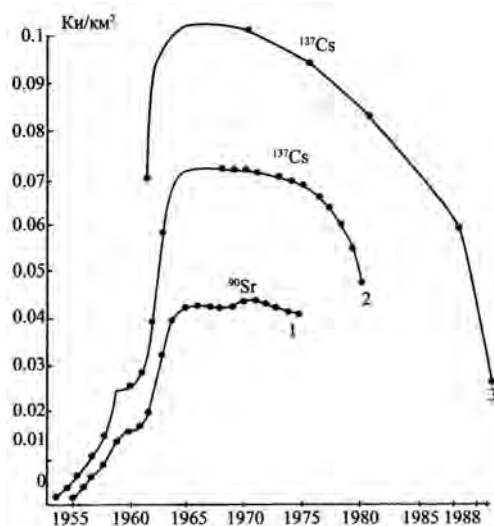


Рис. 1. Среднегодовая концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностных водах Баренцева моря на меридиане Кольского залива

В Арктической зоне России заметный вклад в радиоактивное загрязнение Баренцева и Карского морей внесли атмосферные ядерные испытания на Новой Земле в 1955–1962 гг. Всего на этом полигоне было проведено 130 испытаний, в том числе 91 атмосферное (85 воздушных, 1 наземное, 2 надводных и 3 подводных). Их общая мощность составила около 90 % мощности всех атмосферных взрывов, произведенных в СССР.

В результате в 1962–1963 гг. содержание  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностных водах Баренцева моря достигло максимальных за все время наблюдений значений — свыше 20 Бк/м³ [3–7] (рис. 1). После запрета в 1963 г. на проведение ядерных испытаний в трех средах концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в морской воде стала постепенно уменьшаться и в 1970 г. опустилась до значений 7–9 Бк/м³.

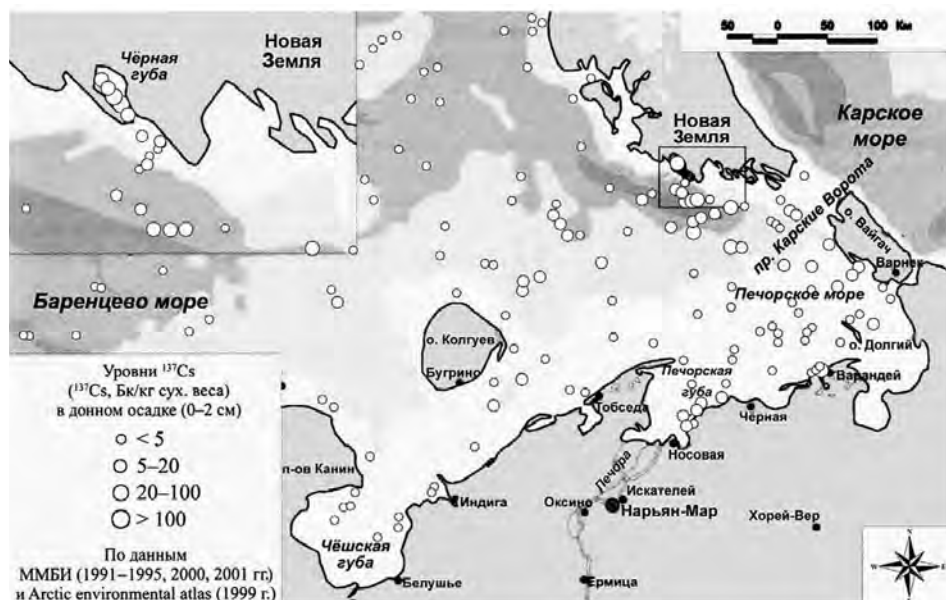


**Рис. 2.** Средняя плотность загрязнения почвы техногенными радионуклидами в различные годы на территории СССР/России (1, 2) и на архипелаге Новая Земля (3)

Похожая картина наблюдается и в отношении плотности загрязнения почвы  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  (рис. 2) [8] и поверхностного слоя донных отложений (рис. 3) [9–11]. Как видно из рисунка 3, исключение составляет Черная губа на южной оконечности Новой Земли со стороны Баренцева моря, где концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях местами превышает 200 Бк/кг, а  $^{139,140}\text{Pu}$  — 7000 Бк/кг [12]. Это связано с проведенными в этом месте надводными и подводными ядерными испытаниями.

В Мурманской и Архангельской областях в 1986 г. наблюдались заметные выпадения на поверхность суши и прилегающих участков акваторий в результате Чернобыльской аварии. Общее поступление чернобыльского  $^{137}\text{Cs}$

на акватории арктических морей России было оценено в  $\sim 1,1$  ПБк [13], что составляет около 1,5% вклада глобальных выпадений за все время наблюдений.



**Рис. 3.** Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностном (0–2 см) слое донных отложений Баренцева моря в 1991–2001 гг.

Не считая локального загрязнения в Черной губе, в целом в настоящее время остаточное загрязнение сопоставимо (а в отдельных районах выше лишь в 2–3 раза) с уровнем, предшествовавшим испытаниям ядерного оружия (до 1955 г.).

**Сливы жидких радиоактивных отходов.** В течение ряда лет европейские радиохимические предприятия Великобритании (Селлафилд на побережье Ирландского моря) и Франции (Кап де ла Аг на полуострове Котантен) производили слив жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в морскую среду. За счет переноса радионуклидов морскими течениями радиоактивное загрязнение проникло в бассейн Северного Ледовитого океана.

На рисунке 1 отражено повышение концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в водах Баренцева моря в 1970-х годах. В 1972 г. наблюдениями западногерманского Гидрографического института были выявлены относительно высокие концентрации  $^{134}\text{Cs}$  (0,3–0,6 Бк/м<sup>3</sup>) в водах юго-западной части Баренцева моря. Этот факт объяснили поступлением радионуклидов с водами Норвежского течения, загрязненного радиоактивными отходами с заводов по переработке отработавшего ядерного топлива. В 1978 г. экспедиция НПО «Тайфун» также обнаружила в водах юго-западной части Баренцева моря  $^{134}\text{Cs}$  в концентрации 0,4–0,6 Бк/м<sup>3</sup>, источником появления которого являлись ЖРО, сбрасываемые в море из Селлафилда. Измерение соотношения концентраций  $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$  позволило оценить длительность переноса радионуклидов из Селлафилда в Баренцево море примерно в 6 лет. Эта оценка соответствует сравнительной картине динамики ежегодного сброса отходов с Селлафилда и изменению концентрации  $^{134}\text{Cs}$  в Баренцевом море (рис. 4).



Рис. 4. Сброс радионуклидов с PX3 Селлафилд и уровень загрязнения воды  $^{137}\text{Cs}$  в Баренцевом море

В 1982 г. было проведено обследование радиоактивности Гренландского, Норвежского, Баренцева и Карского морей, которое подтвердило, что на радиационную обстановку в западных арктических морях стало заметно влиять поступление радиоактивных отходов Селлафилда [14]. По оценкам [3], 60–80% содержания  $^{134}\text{Cs}$  в водах юго-западной части Баренцева моря обуславливалось переносом загрязнения с Селлафилда. С 1957 г. по наше время этот завод сбросил в Ирландское море более 37 ПБк  $^{137}\text{Cs}$  и более 5,5 ПБк  $^{90}\text{Sr}$ , в результате в 1980-х годах концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в воде южной части Баренцева моря достигала в отдельных местах 20–40 Бк/м<sup>3</sup>, что почти в 10 раз выше фона, обусловленного глобальными выпадениями.

Поступление радионуклидов с предприятия Кап де ла Аг значительно меньше по общей активности — около 1 % от вклада Селлафилда. Однако измерения концентрации  $^{129}\text{I}$  в Баренцевом и Карском морях показали, что основным источником этого радионуклида в Северной Атлантике и Арктике является слив ЖРО с заводов в Селлафилде и Кап де ла Аг, причем с 1966 по 1994 г. поступление  $^{129}\text{I}$  из Кап де ла Аг почти вдвое превышало его поступление из Селлафилда [15].

Сливы ЖРО в арктические моря в период 1960–1990 гг. проводились и судами атомного флота СССР. По оценкам [16], среднегодовое поступление ЖРО от этих сливов составляло ~10 ТБк/год, в то время как среднегодовые сливы от Селлафилда в тот же период достигали 2,4 ПБк/год.

**Выносы активности северными реками России.** Одним из источников загрязнения вод арктических морей оказываются выносы впадающих в эти моря северных рек России, вблизи берегов которых расположены предприятия радиохимического профиля. Так, содержание  $^{90}\text{Sr}$  в Оби в 1961–1990 гг. оценивалось в ~0,6 ПБк, причем до 75 % этого вклада было обусловлено смывом в реку осадков со всего водосборного бассейна площадью  $3 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup> [17]. По другим оценкам, за период 1961–1989 гг. в Карское море из Оби и Енисея поступило около 1 ПБк  $^{90}\text{Sr}$  [18].

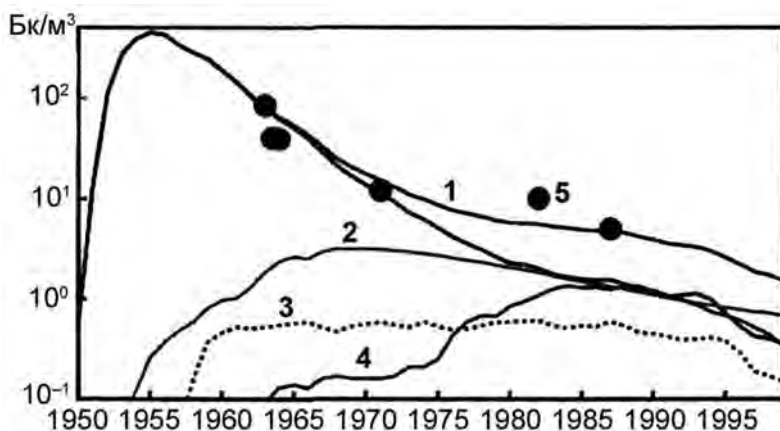
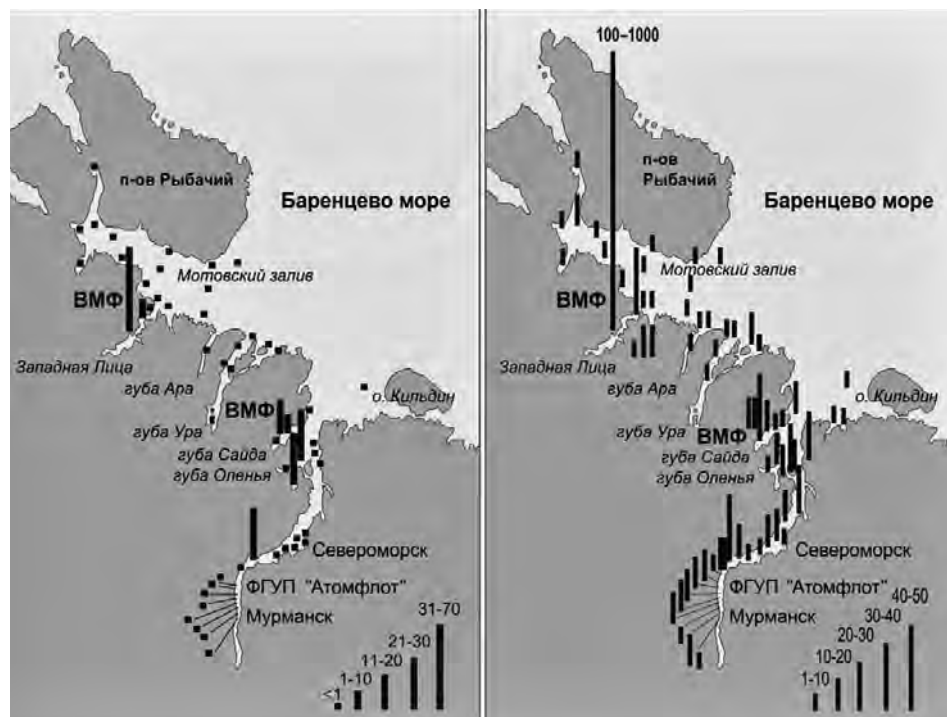


Рис. 5. Концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в морской воде в открытых районах Карского моря с оценками вклада основных источников

Наблюдательные данные и оценки вкладов различных рассмотренных источников в загрязнение Карского моря  $^{90}\text{Sr}$  показаны на рисунке 5. Видно, что вынос активности северными реками за все время наблюдений находился на уровне фоновых значений и оставался значительно меньше вклада глобальных выпадений.

**Эксплуатация атомного флота СССР/России.** Многолетняя эксплуатация атомного флота привела к появлению заметных локальных загрязнений участков суши и прилегающих к ним участков акваторий арктических морей. Локальные загрязнения появлялись в местах базирования, отстоя, ремонта и обслуживания на береговых технических базах (БТБ), а также утилизации кораблей с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ) на судоремонтных предприятиях. В результате таких загрязнений появились участки побережья и акваторий, где концентрация  $^{60}\text{Co}$  превышала уровень фона в 30–70 раз, а  $^{137}\text{Cs}$  — в сотни и тысячи раз.

Как следствие неудовлетворительных условий хранения радиационно опасных конструкций и материалов на территориях береговых технических баз в губе Андреева и поселке Гремиха появились сильно загрязненные участки почвы, где мощность дозы  $\gamma$ -излучения достигала 1 – 10 мЗв/ч, что на 3–4 порядка выше предельно допустимой мощности дозы непрерывного



**Рис. 6.** Содержание  $^{60}\text{Co}$  (а) и  $^{137}\text{Cs}$  (б) в донных отложениях Кольского и Мотовского заливов и на прилегающих к ним территориях, Бк/кг сухого веса

облучения (0,5 мкЗв/ч). Концентрация техногенных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  была в тысячи раз выше ПДК. Кроме того, местами плотность поверхностного загрязнения  $\beta$ -радионуклидами достигала 105 расп/(мин·см<sup>2</sup>), что в тысячи раз выше предельно допустимого уровня. Смыв радионуклидов с поверхности за счет осадков приводил также к загрязнению прилегающих участков акватории. На рисунке 6 показаны уровни загрязнения территории и прилегающей акватории береговой технической базы в губе Андреева [20].

### **«Ядерное наследие» атомного флота СССР**

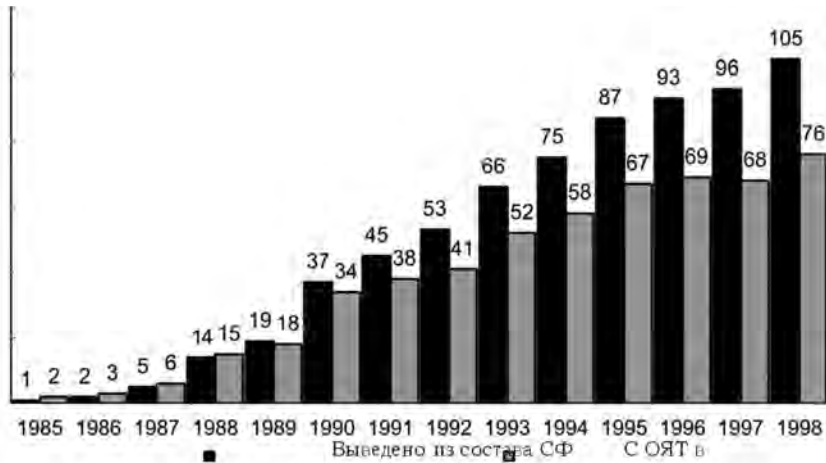
Рассмотрим теперь потенциальные источники радиоактивного загрязнения Арктики. К ним относятся радиационно опасные объекты, из которых выход активности в окружающую среду пока не происходит, но в случае повреждения их защитных барьеров они станут реальными источниками радиоактивного загрязнения.

В период гонки вооружений в СССР был создан самый многочисленный атомный флот в мире. По количеству кораблей и судов с ядерными энергетическими установками СССР превосходил все остальные страны вместе взятые. Основу военного атомного флота составляли атомные подводные лодки (АПЛ). В 1970-х годах их строительство и ввод в состав ВМФ производились очень высокими темпами — до 12 в год. Поэтому и вывод АПЛ из боевого состава флота, обусловленный исчерпанием их технического ресурса, в конце 1980-х — начале 1990-х годов стал лавинообразным. Ситуация еще более усугублялась необходимостью выполнения обязательств по соглашению о сокращении стратегических наступательных вооружений. В пиковом 1990 г. на утилизацию было передано 29 кораблей.

Существовавшая промышленная инфраструктура оказалась неподготовленной к массовой утилизации атомного флота. В начале 1990-х годов экономика страны переживала глубокий кризис, и бюджетное финансирование этих работ было явно недостаточным. К тому же отсутствовали научно обоснованные концепция и стратегия утилизации АПЛ, что не позволяло эффективно использовать даже небольшие выделяемые ресурсы.

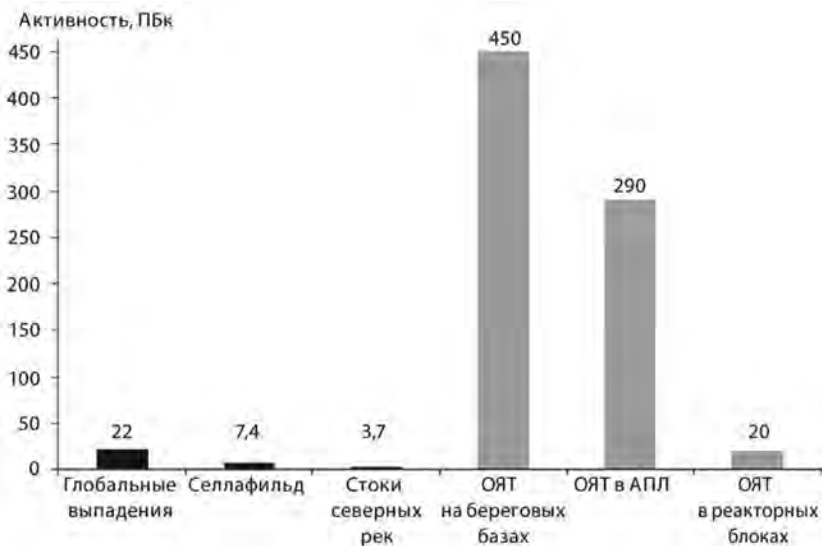
За период 1985–1998 гг. из состава Северного и Тихоокеанского флотов было выведено 177 АПЛ, но только из 52 выгрузили отработавшее ядерное топливо (ОЯТ). К концу 1998 г. в пунктах отстоя в Мурманской и Архангельской областях на плаву хранилось 76 АПЛ и многоотсечных блоков с ОЯТ в реакторах (рис. 7.). Это создавало серьезную угрозу обширного загрязнения акваторий арктических морей при возникновении аварийных ситуаций на ядерно и радиационно опасных объектах, поскольку подлежащие утилизации АПЛ, многоотсечные блоки и суда технического обслуживания, а также объекты инфраструктуры (береговые технические базы, судостроительные и судоремонтные предприятия) в Арктическом регионе локализованы на севере Кольского полуострова — в районе г. Мурманска и в поселке Гремиха, а также в г. Северодвинске Архангельской области. Совокупность этих ядерно и радиационно опасных объектов известна в литературе как «ядерное наследие» холодной войны.





**Рис. 7.** Накопление хранящихся на плаву в Арктическом регионе АПЛ и многоотсечных реакторных блоков с ОЯТ в реакторах

Радиационный потенциал отработавшего топлива, накопленного в реакторах АПЛ и в хранилищах береговых технических баз, к 1998 г. в десятки раз превышал уровни проявившегося к этому времени реального радиоактивного загрязнения Арктического региона от различных источников (рис. 8). Уровень возникших угроз и их нарастание вызывали озабоченность как российских, так и зарубежных ученых и специалистов атомной отрасли.



**Рис. 8.** Реальные и потенциальные источники радиоактивного загрязнения Северо-Западной части Арктического региона

В начальный период вывода из эксплуатации АПЛ (до 1990-х годов), когда все исследования в области концептуальных подходов к решению проблем комплексной утилизации проводились силами ВМФ, масштаб возникших проблем был не слишком велик. Однако отсутствие системного подхода в планировании привело тогда к выбору ряда ошибочных стратегических решений, с которыми мне пришлось столкнуться после назначения на должность председателя Научно-технического комитета ВМФ. Одно из них заключалось в переоборудовании штолен, построенных в скальном массиве для укрытия подводных лодок в особый период, для хранения в них реакторных отсеков утилизированных АПЛ. Однако из-за недостаточной герметичности скального массива в штольни поступала вода, что создавало недопустимо высокий уровень влажности. К тому же основания штолен располагались значительно ниже уровня моря, и в случае повреждения гидравлического затвора реакторные отсеки могли бы оказаться затопленными. Изучив вопрос, я пришел к выводу об ошибочности и недопустимости реализации такого решения и подготовил соответствующий доклад Главнокомандующему ВМФ. В результате напряженных дискуссий от этого опасного в экологическом отношении и экономически обременительного проекта пришлось отказаться.

Другое ошибочное решение было связано с намерением перерабатывать все твердые радиоактивные отходы (ТРО) на специально создаваемых металлургических предприятиях для выделения из них наиболее активной компоненты и тем самым достигать существенного уменьшения объема этих отходов. Принципиально задача решаемая, известны и технологии, но из-за чрезмерных затрат такой подход нигде в мире в широких масштабах не реализовывался.

Наконец, вместо того чтобы с самого начала выбрать на берегу подходящую площадку для длительного хранения реакторных отсеков, остающихся после утилизации АПЛ, и оборудовать ее надлежащей инфраструктурой, было решено формировать многоотсечные блоки с реакторными отсеками и временно хранить их на плаву. Принятию такого решения способствовало тяжелое экономическое положение страны и отсутствие в ВМФ средств и ресурсов для создания берегового пункта длительного хранения. Эту ошибку пришлось исправлять в наши дни — поднимать трехотсечные блоки на стапели судоремонтного завода, вырезать из них реакторные отсеки и транспортировать на сооруженный к этому времени пункт длительного хранения.

Для поиска наилучших путей ликвидации «ядерного наследия» и обмена практическим опытом в этой области ИБРАЭ РАН инициировал четыре международных конференции в рамках научно-технического сотрудничества «Россия — НАТО» (1995, 1997, 2002, 2004 гг.). По материалам этих конференций изданы четыре книги на русском и английском языках [21–24], в которых сконцентрирован весь мировой научный и инженерно-технологический опыт по наиболее актуальным проблемам утилизации и радиоэкологической реабилитации ядерных объектов.

В 1998 г. постановлением Правительства РФ № 518 от 28.05.1998 г. генеральным заказчиком и координатором работ по утилизации АПЛ, выведен-

ных из боевого состава флота, был определен Минатом России (ныне ГК «Росатом»). К этому моменту масштаб проблемы в северо-западной части Арктической зоны России характеризовался такими цифрами:

- не утилизированы 79 АПЛ из 105 выведенных из боевого состава ВМФ;
- все неутилизированные АПЛ и 26 многоотсечных блоков с реакторными отсеками содержатся на плаву;
- в реакторах 76-ти содержащихся на плаву объектов и в хранилищах БТБ находится отработавшее ядерное топливо суммарной активностью около 600 ТБк.

В 2001 г. Минатом России при участии других ведомств и организаций разработал и утвердил Концепцию комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками [25], но уже вскоре стало ясно, что реализовать ее исключительно за счет бюджета России в приемлемые сроки невозможно. В сложившейся ситуации международное сообщество начало оказывать финансовую и техническую помощь в решении этих задач, причем вначале она осуществлялась в рамках различных двусторонних и многосторонних соглашений, таких как Программа совместного уменьшения угроз, Программа АМЕС и других.

На встрече лидеров Большой восьмерки в Кананаскисе (Канада, 2002 г.) удалось сделать большой шаг вперед в подходах к реабилитации Арктики: было учреждено «Глобальное партнерство по предотвращению распространения оружия массового поражения, материалов и технологий для его изготовления». В задачи «Глобального партнерства» входило:

- уничтожение химического оружия;
- утилизация выведенных из состава ВМФ России АПЛ;
- диспозиция оружейного плутония;
- перепрофилирование ученых-оружейников.

Решение второй из этих задач, предполагающее выгрузку и вывоз на переработку ОЯТ, утилизацию судов обслуживания, приведение в безопасное состояние и организацию длительного хранения радиоактивных отходов, а также реабилитацию территорий бывших береговых баз флота, способствовало радиоэкологической реабилитации Арктики. Учреждение «Глобального партнерства» ускорило подписание многостороннего международного соглашения о ядерно-экологической программе в России (2003), ставшего правовой базой сотрудничества, и позволило привлечь средства международного Фонда экологического партнерства Северного измерения (ЭПСИ), образованного в 2001 г. для финансирования необходимых мероприятий.

Как иностранные партнеры, готовые вкладывать свои средства в решение радиоэкологических проблем на Северо-Западе России, так и руководители Росатома хотели видеть картину в целом: реальную ситуацию на объектах, четко сформулированные приоритеты и цели, стратегию их достижения, технические, финансовые и организационные возможности самой России. Эффективное использование выделяемых ресурсов представлялось невоз-

возможным без единой комплексной программы. Разработка такой программы, получившей название Стратегический мастер-план (СМП), осуществлялась по заданию Росатома, а финансировалась Европейским банком реконструкции и развития за счет гранта Фонда ЭПСИ.

### Стратегический мастер-план

В специально созданную группу разработки программы вошли представители ведущих научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных организаций ГК «Росатом», РАН, ВМФ и других ведомств, а функции головной организации были возложены на ИБРАЭ РАН. Впервые в российской практике в работах приняли участие специалисты из США и Великобритании; как международные консультанты они способствовали использованию передового зарубежного опыта стратегического планирования [26]. Общее научное руководство разработкой СМП было поручено автору данной статьи.

Для Росатома Стратегический мастер-план стал основным инструментом управления деятельностью, связанной с утилизацией и реабилитацией на Северо-Западе России, а для стран-доноров — основой для выбора проектов, финансируемых в рамках двухсторонних или многосторонних инициатив. Таким образом, с самого начала СМП создавался в качестве документа двойного назначения — для использования в России и для обеспечения международного сотрудничества в рассматриваемой сфере.

Методологический принцип, примененный при разработке СМП, известен как «стратегическая пирамида». Он заключается в последовательной детализации целей и задач, решение которых приводит к достижению конечной цели программы («видения»), являющейся вершиной пирамиды. «Видение» СМП было сформулировано так: «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 в пунктах временного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) проведена реабилитация до уровня, не приносящего вреда здоровью человека и окружающей среде при предполагаемом будущем землепользовании».

**Исходные данные.** СМП разрабатывался в два этапа. На первом (2003–2004) основной задачей стал сбор и критический анализ данных о состоянии объектов утилизации и реабилитации, создаваемых ими угрозах, а также технологиях и производственных ресурсах обращения с этими объектами. Анализ позволил: составить структурированный перечень и классификацию объектов; ранжировать их по степени угроз; выявить пробелы и неопределенности в исходной информации (методы и результаты этой работы подробно изложены в [27–29]). При этом все объекты были разделены на три категории. К первой отнесены выведенные из состава ВМФ и подлежа-

щие утилизации и экологической реабилитации АПЛ, надводные корабли с ядерными энергетическими установками, суда технического обслуживания, а также береговые технические базы, преобразованные в пункты временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева (ПВХА) и в поселке Гремиха (ПВХГ). Ко второй категории отнесены 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. Третью категорию составили нормативно-правовые документы, разработка или корректировка которых необходимы для эффективной и безопасной реализации СМП.

Ранжирование в первой категории по уровню создаваемых ими угроз проводилось на основе сочетания аналитических и экспертных оценок. Для повышения объективности полученных результатов анализ проводился четырьмя независимыми методами: по величине радиационного потенциала объектов утилизации, по величине радиационного риска предполагаемых аварий, по этой же величине, но с учетом вероятности этих аварий, а также на основе комплексной экспертной оценки по ряду актуальных параметров. Неожиданным оказалось определение в качестве объектов с наибольшим уровнем угроз пунктов временного хранения в губе Андреева и в поселке Гремиха, а не объектов, хранящихся на плаву, как предполагалось в концептуальных документах Минатома России, равно как и в других материалах начала 2000-х годов. Это стало основанием для корректировки приоритетов СМП и соответствующих рекомендаций по перераспределению финансирования.

**Программа комплексной утилизации.** Основная цель Стратегического мастер-плана — создание программы комплексной утилизации (ПКУ) и экологической реабилитации, выполнение которой обеспечит достижение конечной цели (видения), — предопределила необходимость проектного подхода как методологической основы второго этапа разработки СМП. Для всех объектов были определены частные стратегические цели — конечные состояния, которых необходимо достигнуть при утилизации (примеры таких частных стратегических целей приведены в табл. 1). Следующим шагом стало составление детального перечня мероприятий, обеспечивающих достижение конечной цели для каждого объекта. Этот перечень известен как структура декомпозиции работ и строится по принципу вертикального планирования сверху вниз. При этом в каждом элементе структуры нижнего уровня детализируется содержание части объема работ «родительского» элемента более высокого уровня. Такая методика позволяет избегать как пробелов, так и дублирования в планируемых работах. В самом начале детализации 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 структуры декомпозиции работ — подпрограмм.

Табл.1. Частные стратегические цели — конечные состояния объектов утилизации ПКУ

Объект	Конечные цели
АПЛ и реакторные блоки(РБ)	Утилизация (выгрузка ОЯТ и разделка на металлолом) всех выведенных из состава ВМФ АПЛ и сформированных РБ до состояния специально подготовленных к длительному (70–100 лет) хранению реакторных отсеков (РО) и размещение их на специальной площадке в пункте долговременного хранения (ПДХ) «Сайда».
Суда атомного технологического обслуживания (АТО)	Утилизация (разделка на металлолом) всех выведенных из эксплуатации судов АТО (в том числе ПТБ «Лепсе», на которой должно быть выгружено ОЯТ) с созданием блоков хранения и их размещением в ПДХ РО «Сайда».
ПВХГ и ПВХА	Вывоз из обоих пунктов временного хранения (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.
РАО	Ввод в эксплуатацию регионального центра кондиционирования и долговременного хранения РАО в губе Сайда.

Дальнейшая детализация структуры декомпозиции работ программы комплексной утилизации осуществлялась до глубины, обеспечивающей возможность управления реализацией программы на стратегическом уровне. На стадии разработки СМП было признано, что достаточно не более пяти уровней структуры декомпозиции работ, но в реальности в отдельных случаях потребовалась более глубокая детализация, появились элементы шестого и седьмого уровней. Элементы нижнего уровня каждой ветви структуры декомпозиции работ называются проектами. На момент завершения разработки СМП было идентифицировано свыше 230 проектов; в настоящее время их количество превышает 750 (включая выполненные).

Следующие этапы разработки программы комплексной утилизации таковы: идентификация логических связей «предшественник-последователь» между индивидуальными проектами; оценка длительности и стоимости работ по всем идентифицированным проектам, а затем их приоритизация для определения очередности выполнения. (Логические связи «предшественник—последователь» определяются в основном технологией выполнения работ, а учет этих связей необходим для максимально равномерного использования выделяемых на программу утилизации ресурсов, в первую очередь финансовых.)

Для приоритизации проектов применялся адаптированный метод, разработанный Агентством по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании. Он основан на превращении всех факторов, влияющих на выработку решения, в исчисляемые величины:

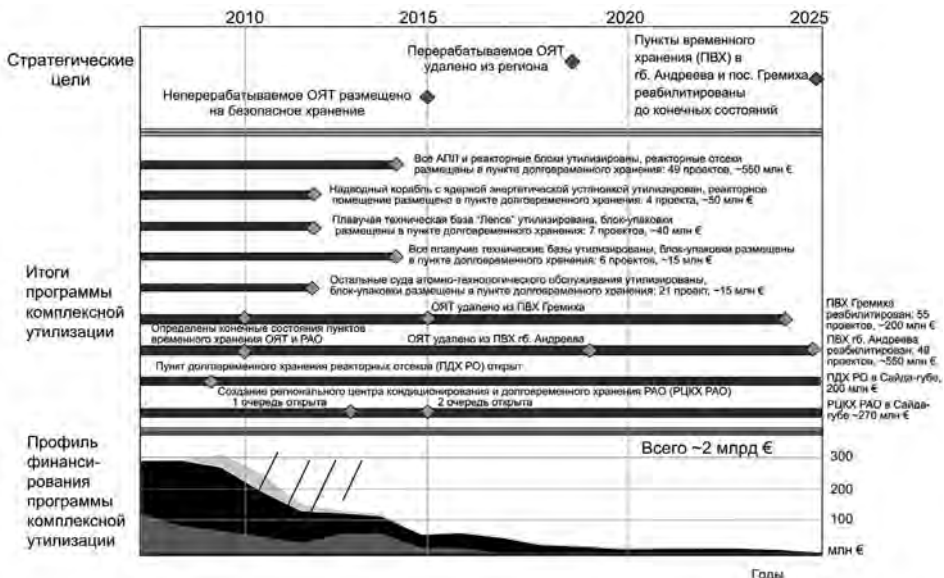
- снижение радиационного риска, 2 фактора («вес» — 0,090)
- снижение химического риска, 2 фактора (0,077)

- безопасность населения и окружающей среды, 5 факторов (0,036)
- социально-экономические факторы, 9 факторов (0,019)
- продвижение программы, 3 фактора (0,013)
- эффективность капиталовложений, 4 фактора (0,029)
- управление безопасностью на объектах, 2 фактора (0,041)
- улучшение физзащиты, 1 фактор (0,085).

Каждому критерию соответствует один или несколько факторов, для которых вырабатываются численные оценки. Соответственно, для каждого проекта необходимо получить независимые численные оценки множества факторов. Эксперты провели количественную оценку группы детализированных показателей (метрик) по каждому отдельному фактору, а затем с помощью метода Дельфи была достигнута статистическая согласованность полученных значений и уже по ним определены приоритетные проекты. (Надо заметить, что использование экспертных оценок для выработки числовых значений во всем мире считается эффективным методом.)

На завершающей стадии разработки СМП (август 2007 г.) в процедуру приоритизации было включено 123 проекта программы комплексной утилизации, а исключены те, которые уже выполнялись и имели плановый срок завершения в пределах 2008 г.

Использование разработанной структуры декомпозиции работ с идентификацией логических связей между проектами, их ранжирование по уров-



**Рис. 9.** Обобщенные результаты разработки СМП  
 1 — оценка стоимости жизненного цикла;  
 2 — существующее и запланированное финансирование;  
 3 — требуемое дополнительное финансирование;  
 4 — возможное дополнительное финансирование

ню приоритетности, оценки длительности и стоимости выполнения работ, а также стандартные методы календарного планирования позволили составить перечень всех логически взаимосвязанных мероприятий, реализация которых должна была обеспечить достижение видения (рис. 10). Общее необходимое финансирование программы комплексной утилизации по оценке, приводимой в СМП, достигало ~2 млрд евро, а примерные сроки завершения ключевых этапов Программы при условии выделения необходимых ресурсов находились в интервале 2012–2025 гг. При отсутствии достаточных ресурсов эти сроки могут значительно сдвигаться в будущее. Детальную информацию о методиках, результатах исследований и процедурах, применявшихся при разработке СМП, можно найти в [30].

**Реализация Стратегического мастер-плана.** Появление самых первых результатов разработки СМП, начавшейся в 2004 г., стимулировало резкий рост — примерно в 2 раза — финансирования Программы комплексной утилизации со стороны иностранных доноров. Стратегический мастер-план был одобрен Ядерным операционным комитетом Фонда ЭПСИ, утвержден ассамблеей доноров Фонда и 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 31.03.2018 г. из 123 АПЛ, выведенных из состава ВМФ, 120 утилизированы, отработавшее ядерное топливо из них выгружено и вывезено из региона. Из трех неутилизированных АПЛ одна затонула при транспортировке к месту утилизации, а две другие выведены из состава ВМФ лишь в 2015 г. Эти три объекта содержат ОЯТ в реакторах.

В 2006 г. сдана в эксплуатацию площадка долговременного хранения реакторных отсеков в Сайда-Губе, и на 31.03.2018 г. на ней установлено 108 таких отсеков. Еще четыре многоотсечных блока размещено на твердом основании, и лишь 15 хранятся на плаву. При сохранении нынешнего уровня финансирования программы все реакторные отсеки из этих объектов к 2020 г. будут размещены в пунктах долговременного хранения. В дальнейшем хранение многоотсечных реакторных блоков на плаву предположительно будет исключено.

Четыре из 13 судов атомно-технологического обслуживания утилизированы, сформированные блок-упаковки установлены в пунктах долговременного хранения реакторных отсеков. Еще 9 таких судов ожидают утилизации, в том числе плавучая техническая база «Лепсе», оказавшаяся, как и ожидалось, наиболее сложным объектом этой категории из-за большого количества находящегося не ней отработавшего ядерного топлива.

Значительно более сложными оказались береговые объекты — пункты временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева и поселке Гремиха. Еще в 2010 г. из губы Андреева были вывезены 294 отработавшие тепловыделяющие сборки, хранившиеся в контейнерах устаревшей конструкции. В емкостях сухого хранения отработавшего ядерного топлива в том же пункте находится ~20 тыс. (примерно 100 активных зон) отработавших тепловыделяющих сборок. Для извлечения



и вывоза этого отработавшего топлива была построена специальная инфраструктура и модернизированы инженерные сооружения общего назначения (дороги, энерго- и водоснабжение), что потребовало около 10 лет проектных и строительно-монтажных работ. В начале 2017 г. эта инфраструктура сдана в эксплуатацию, и к ноябрю того же года 691 сборка загружена в 13 транспортных контейнеров и вывезена на переработку. Еще свыше 2000 отработавших тепловыделяющих сборок ожидают вывоза на переработку.

В 2009 г. из пункта временного хранения в поселке Гремиха вывезено и переработано все кондиционное отработавшее ядерное топливо водо-водяных реакторов первого поколения (532 сборки), а в 2011–2012 гг. и все дефектное топливо. Этот пункт — единственный, где имеется инфраструктура для обращения с отработавшими выемными частями (активными зонами) реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. Три активные зоны таких реакторов уже разобраны, и высокообогащенное отработавшее ядерное топливо вывезено на переработку на НПО «Маяк». В 2018 г. разобраны и вывезены еще две активные зоны, а остальные будут утилизированы до 2020 г.

В Сайда-Губе при финансовой и технической помощи Германии построен и введен в эксплуатацию Региональный центр кондиционирования и долговременного хранения твердых радиоактивных отходов. Для перевозки больших объемов отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в Италии построено и передано ФГУП «Атомфлот» специализированное судно «Россита».

**Информационно-аналитическое обеспечение реализации Стратегического мастер-плана.** Ценность СМП как руководящего документа стратегического уровня критически зависит от полноты и достоверности информации, на основе которой план разрабатывается и реализуется, и ее необходимо постоянно актуализировать. Для этой цели в качестве составной части СМП разработана информационная система управления. Она представляет собой программно-аппаратный комплекс, в основе которого лежит реляционная база данных сложной структуры, обеспечивающей интеграцию всей информации, важной для управления ходом выполнения программы комплексной утилизации, и представление этой информации в удобной для пользователя визуальной, текстовой или числовой форме.

Варьирование сроков выполнения отдельных проектов без потери логических межпроектных связей позволяет использовать информационную систему в качестве имитационной модели для анализа последствий принятия различных организационных решений. Некоторые примеры практического применения этой системы приведены в [31].

### **Радиоизотопные термоэлектрические генераторы**

Для энергообеспечения различных автономных систем, в частности для электропитания средств навигации — оптических и радиомаяков, в СССР и России широко применялись радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ). Они были размещены в основном в Арктике для навига-

ционного обеспечения движения по Северному морскому пути, а также на Камчатке, в Антарктиде и на Балтике. Первый РИТЭГ на основе радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  изготовлен в 1963 г., а последний сдан в эксплуатацию в 1996 г. Вдоль всего побережья СССР/России, а также в Антарктиде в разное время действовало 1019 таких генераторов.

В РИТЭГ используются радионуклидные источники тепла исходной активностью от  $\sim 0,5$  до  $\sim 5$  ПБк, причем в одном генераторе может содержаться от 1 до 6 источников. Активность генератора в зависимости от марки может составлять от 1,3 ПБк («Бета-М») до 17 ПБк («ИЭУ-М»).

Суммарная активность эксплуатируемых РИТЭГов в 2007 г. составляла около 1 ЭБк. До 2005 г. 96 из них с суммарной активностью около 0,4 ЭБк были демонтированы. Следует отметить, что общая активность этих потенциально опасных объектов была сопоставима с оценкой выброса радионуклидов в атмосферу в результате Чернобыльской аварии. При разгерметизации или разрушении радиоактивного источника тепла  $^{90}\text{Sr}$  может попасть в окружающую среду, что чревато локальным радиоактивным загрязнением за счет выброса аэрозолей и пыли. Высокий уровень опасности для человека возникает при непосредственном контакте с разгерметизированным источником, когда мощность экспозиционной дозы достигает 3 Зв/ч на расстоянии 1 м. Правда, за все время эксплуатации (более 30 лет) в Арктике и Антарктике не отмечено ни одного случая отказа источника, сопровождавшегося выходом активности в окружающую среду. Тем не менее, необходимо учитывать, что радиоактивные источники тепла с использованием  $^{90}\text{Sr}$  снижают активность до безопасного уровня только через 900–1000 лет. Высокий уровень потенциальной опасности РИТЭГ связан главным образом с возможностью аварий при транспортировке, пожарах или злоупотребленных действий с разборкой генератора в месте эксплуатации.

Работы по снятию с эксплуатации и утилизации РИТЭГ начаты в 2001 г. с использованием средств международной технической помощи, предоставленной в разное время Норвегией, США, Канадой, Финляндией, Францией и Швецией. По состоянию на 2018 г. из 1019 РИТЭГов 892 полностью утилизированы, 114 ожидают утилизации на площадках временного контролируемого хранения, 12 находятся в эксплуатации (на суше) и 1 утерян. Таким образом, можно считать, что данная проблема обеспечения экологической безопасности Арктики практически решена.

### **Затопленные и затонувшие ядерно и радиационно опасные объекты**

Захоронение радиоактивных отходов в Мировом океане в 1960–1970-х годах было общепринятой практикой и считалось совершенно безопасным. Первыми такую операцию провели еще в 1946 г. США в северо-восточной части Тихого океана, затопив твердые отходы низкой активности в 80 км от побережья Калифорнии. Вскоре к такому способу прибегли Великобритания, Новая Зеландия, Япония, Бельгия и другие страны. В 1959–1992 гг. СССР/Россия проводили затопление радиоактивных отходов, причем толь-

ко твердых и жидких, образовывавшихся при эксплуатации военного и гражданского атомного флота, в Баренцевом и Карском морях в специально выбранных районах вне зон интенсивного судоходства и рыболовства. Всего в водах Арктики СССР/Россией затоплено около 18 тыс. радиационно опасных объектов. Обобщенные данные по всем затопленным и затонувшим в Норвежском, Баренцевом и Карском морях ядерно и радиационно опасных объектах представлены в таблице 2.

**Табл. 2.** Частные стратегические цели — конечные состояния объектов утилизации ПКУ

Объекты затопления	Источники опасности на 1965–1992 гг.	Источники опасности на 2005–2018 гг.
3 атомные подводные лодки	5 реакторов с ОЯТ, 2 торпеды со специальными боевыми частями (СБЧ)	5 реакторов с ОЯТ, 2 торпеды с СБЧ
5 реакторных отсеков	3 реактора с ОЯТ	3 реактора с ОЯТ
1 ядерный реактор с АПЛ заказа № 421	1 реактор с ОЯТ	1 реактор с ОЯТ
1 контейнер с экранной сборкой а/л «Ленин»	~ 0,5 реактора с ОЯТ	~ 0,5 реактора с ОЯТ
19 судов с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) на борту	19 судов с ТРО	19 судов с ТРО
735 радиоактивных конструкций и блоков	735 конструкций ТРО	Нет
Более 17 тыс. контейнеров с ТРО	Более 17 тыс. контейнеров с ТРО	Нет

Наибольшая по количеству часть затопленных объектов — это ~17 тыс. контейнеров, 19 судов с твердыми радиоактивными отходами, 735 радиоактивных конструкций и блоков. Все эти объекты к настоящему времени не являются значимым источником радиационной опасности, поскольку их защитные барьеры практически полностью разрушены, и произошла естественная дезактивация за счет взаимодействия с морской водой. Основной же радиационный потенциал сосредоточен в 7 объектах, содержащих отработавшее ядерное топливо и представляющих наибольшую опасность в качестве потенциальных источников радиоактивного загрязнения окружающей среды. Характеристики затопленных и затонувших объектов, содержащих ОЯТ, приведены в таблице 3.

В числе затопленных объектов с отработавшим ядерным топливом особое место занимает АПЛ проекта 645 (К-27), введенная в строй в 1963 г. В двух реакторах этой АПЛ впервые в мировой практике был использован тяжелый жидкометаллический теплоноситель свинец-висмут. В 1968 г. на реакторе левого борта произошла авария с выносом в первый контур около 20 % топлива. В 1981 г. после проведенной консервации обоих реакторов АПЛ была затоплена в заливе Степового (о. Новая Земля) на глубине не более 50 м.

Таблица 3. Частные стратегические цели — конечные состояния объектов утилизации ПКУ

№ п/п	Наименование объекта	Район затопления	Год затопления	Глубина, м	Активность на 2015 г., ТБк
1	АПЛ «Комсомолец» (1 реактор ОК-650 с ОЯТ)	Норвежское море	1989	1655	~1900
2	АПЛ «Б-159» (2 реактора ВМА с ОЯТ)	Баренцево море	2003	250	~5100
3	АПЛ «К-27» (2 реактора РМ-1 с ОЯТ)	Залив Степового, Карское море	1981	33	~380
4	Реакторный отсек АПЛ заказа 901 (2 реактора ВМА с ОЯТ)	Залив Абросимова, Карское море	1965	20	~320
5	Реакторный отсек АПЛ заказа 285 (2 реактора ВМА, один с ОЯТ)	Залив Абросимова, Карское море	1966	20	~300
6	Реактор АПЛ заказа 421 (ВМ-2-4 с ОЯТ)	Новоземельская впадина, Карское море	1974	300	~110
7	Экранная сборка реактора ледокола «Ленин» (реактор ОК-150 с 60% ОЯТ)	Залив Цивольки, Карское море	1967	10–50	~750

Кроме плановых затоплений, прекращенных в 1993 г., в Арктике аварийно затонули две АПЛ. В 1989 г. в Норвежском море при движении в подводном положении в результате пожара затонула на глубине 1750 м АПЛ «Комсомолец» (К-278) — единственная лодка проекта 685 «Плавник» (третье поколение), которой принадлежит абсолютный рекорд глубины погружения. В 2003 г. в Баренцевом море в 3 милях от о. Кильдин на глубине около 230 м во время буксировки в г. Полярный для выгрузки топлива и последующей утилизации аварийно затонула АПЛ первого поколения Б-159 проекта 627. Оба корабля имели отработавшее топливо в активных зонах реакторов, а АПЛ «Комсомолец» также две торпеды с плутониевыми боезарядами.

Начало интенсивного освоения арктического шельфа повышает значимость рисков, связанных с затопленными ядерными и радиационно опасными объектами. Так, ряд объектов на дне Карского моря находится в зонах, где может происходить разведка и добыча углеводородов.

Особое внимание привлекают две аварийно затонувшие АПЛ — Б-159 и «Комсомолец» (в отличие от планово затопленных объектов они не были подготовлены к затоплению и не имеют дополнительных защитных барьеров, препятствующих выходу радиоактивности в окружающую среду), а также АПЛ К-27. Это связано с тем, что из всех находящихся на дне арктических морей ядерно и радиационно опасных объектов названные АПЛ

имеют наивысший радиационный потенциал. Кроме того, АПЛ «Комсомолец» и Б-159 в момент затопления ударились о дно и получили повреждения прочного корпуса, что может способствовать ускоренной деградации имеющихся защитных барьеров. На борту «Комсомольца» наряду с ОЯТ продолжают оставаться представляющие потенциальную опасность высокотоксичные плутониевые боеголовки. Дальнейшее нахождение АПЛ К-27 на дне, несмотря на консервацию, которая была проведена перед затоплением, связано с риском неконтролируемой цепной реакции в случае нарушения плотности защитных барьеров.

Для разработки научно обоснованной программы дальнейшего обращения с затопленными опасными объектами (включая обоснование конечных целей и стратегий их достижения) необходимо провести дополнительные специальные исследования, подобно тому, как это было сделано в ходе разработки СМП. Эти исследования включают в себя натурные наблюдения для получения и уточнения исходных данных: состояние корпусных конструкций, уровень коррозии защитных барьеров, положение объектов на грунте и т. п., а также теоретические изыскания — моделирование процессов разрушения защитных барьеров, подъема, транспортировки, утилизации и/или изоляции; анализ рисков, связанных с возможностью возникновения аварийных ситуаций с выходом активности в окружающую среду; оценку стоимости и необходимых ресурсов для осуществления различных вариантов стратегий обращения с каждым из опасных объектов. Подробная информация о полученных в результате уже проведенных исследований данных и оценках возможностей дальнейшего обращения с объектами, находящимися на дне Баренцева и Карского морей, систематизирована в монографии [32].

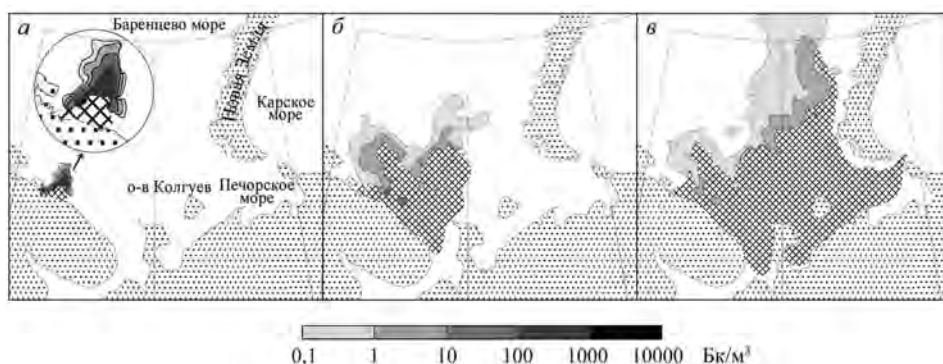
За 45 лет натурных исследований состоялось более 40 экспедиций к местам затопления ядерных и радиационно опасных объектов в Карском и Баренцевом морях, в том числе пять международных. Основной целью почти всех этих экспедиций было изучение радиационной обстановки на объектах и в непосредственной близости от них. Однако не только никакой новой информации о состоянии несущих конструкций корпусов АПЛ в ходе экспедиций получено не было, но даже такая цель при организации экспедиций не ставилась.

Данные, полученные в ходе выгрузки отработавшего топлива из реактора АПЛ «Альфа» № 900, подготовленной к затоплению по той же технологии консервации, что и К-27, показали, что надежность консерванта на основе фурфурола не так высока, как предполагалось ранее [33]. Между тем проникновение сравнительно небольшого количества воды в активную зону реактора с жидкометаллическим Pb-Bi теплоносителем и высокообогащенным по  $^{235}\text{U}$  ядерным топливом может привести к возникновению самоподдерживающейся цепной реакции [34] с разрушением защитных барьеров и выбросом радионуклидов в окружающую среду.

В ИБРАЭ РАН проводятся теоретические исследования различных процессов разрушения защитных барьеров радиационно опасных объектов в морской среде и выхода радионуклидов в окружающую среду. Процессы коррозионного разрушения рассматривались в работах [35, 36], а в [37, 38]

проводились оценки выхода радионуклидов в результате различных аварийных ситуаций.

Недавно выполненное исследование ИБРАЭ РАН, Института вычислительной математики им. Г. И. Марчука РАН, Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и НИЦ «Курчатовский институт» [39] — пример модельного изучения возможных последствий тяжелой аварии на АПЛ Б-159 с выходом активности в окружающую среду. После анализа различных сценариев аварии был выбран наиболее экстремальный из них, с возникновением самоподдерживающейся цепной реакции и разрушением активной зоны. Оценен максимально возможный выброс радионуклидов в окружающую среду (около 50 ТБк) и проведены расчеты распространения возникшего загрязнения в морской среде (см. рис. 11). Эти расчеты проводились в рамках модели Мирового океана, разработанной совместно Институтым вычислительной математики РАН и Институтым океанологии РАН [40].



**Рис. 10.** Прогноз распространения  $^{137}\text{Cs}$  относительно района гибели АПЛ «Б-159» в Баренцевом море на горизонте 200–210 м через 1 (а), 6 (б), 12 (в) месяцев

В настоящее время в интересах ГК «Росатом» по заказу Еврокомиссии консорциумом, образованным экспертами из Италии, Норвегии, Германии, Великобритании и Франции, выполняется проект «Технико-экономические исследования и разработка плана действий по безопасному и надежному обращению с радиационно опасными объектами, затопленными в арктических морях». С российской стороны в работе консорциума принимает участие ИБРАЭ РАН.

Серьезным препятствием на пути решения проблемы затопленных ядерных и радиационно опасных объектов в Арктике оказывается недостаток необходимой нормативно-правовой и организационно-распорядительной документации, а также отсутствие инфраструктуры, обеспечивающей подъем радиоактивных объектов и последующее обращение с ними. В современной нормативно-правовой базе в нашей стране и за рубежом нет документов, содержащих количественные критерии допустимого радиоактивного загрязнения морской среды. Не содержат их также рекомендации МАГАТЭ и Международной комиссии по радиационной защите. Без таких критериев невозможна практическая работа не только по эксплуатации военного

и гражданского атомного флотов, но и по реабилитации радиоактивно-загрязненных акваторий и полному освобождению Арктики от радиационного наследия холодной войны.

В организационном плане несомненным позитивным шагом стала утвержденная в 2013 г. Президентом РФ «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года», для реализации основных положений которой в том же году была разработана и утверждена Правительством РФ соответствующая Программа, о чем упоминалось в начале статьи. Однако эти документы нельзя рассматривать как обеспеченную в материальном и правовом отношении реальную программу действий. Скорее, они имеют характер декларации о намерениях, так как для организации полноценной скоординированной работы, связанной с затопленными в Арктике ядерными и радиационно опасными объектами, принятых решений совершенно недостаточно. Кроме отмеченных выше обстоятельств — отсутствия нормативно-правовой базы в области загрязнения морской среды радионуклидами и недостатка необходимой для проведения работ инфраструктуры — остается нерешенным ряд ключевых организационных вопросов:

- не принята комплексная программа, обеспечивающая полное решение проблемы; не решен вопрос о правовом статусе затопленных объектов;
- не определен федеральный орган власти, ответственный за координацию работ по реабилитации арктических морей от ядерных и радиационно опасных объектов;
- не определены источники финансирования научных, проектно-конструкторских и практических работ по реабилитации арктических морей.

Проблема вывода из эксплуатации и утилизации российских АПЛ решалась при содействии стран-участниц Глобального партнерства. Эти работы ознаменовались беспрецедентным по своей эффективности международным сотрудничеством в области ликвидации радиоэкологических последствий холодной войны в Арктическом регионе.

Затонувшие и затопленные объекты, содержащие отработавшее ядерное топливо и радиоактивные отходы, продолжают оставаться наиболее масштабными составляющими радиоэкологического загрязнения северо-запада Арктического региона. Выполненные натурные исследования свидетельствуют, что в настоящее время эти объекты не представляют реальной радиоэкологической опасности для населения и окружающей природной среды. Вместе с тем их следует рассматривать как источники потенциальной опасности, масштабы и последствия которой будут зависеть от состояния защитных барьеров, отделяющих радиоактивные вещества от морской среды, механизмов переноса этих веществ в воде и воздействия их на биоту.

Наличие ядерных материалов в практически неконтролируемых условиях в мелководных районах делает данную проблему еще более актуальной из-за террористической опасности.

Дальнейшее нахождение большого числа радиационно опасных объектов на дне такого уникального объекта, как Арктический бассейн, без систематического радиоэкологического контроля, а также комплексной программы последующего обращения с ними неприемлемо.

Для обоснования приоритетных действий необходима разработка и анализ возможных сценариев развития процессов, влияющих на радиоэкологическую обстановку, рассмотрение различных вариантов обращения с затопленными и затонувшими объектами, в том числе подъема некоторых из них, с учетом радиоэкологических, технико-экономических, социально-политических факторов, а также экологической этики.

Полное завершение радиоэкологической реабилитации российской Арктики требует политической воли руководства страны и разработки комплекса необходимых для решения этой задачи правительственных актов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Конторович А. Э., Эпов М. И., Бурштейн Л. М. и др.* Геология, ресурсы углеводородов шельфов арктических морей России и перспективы их освоения // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 1. С. 7-17.
2. Ядерные испытания СССР / Под ред. В. Н. Михайлова. Т. 1. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1997.
3. *Vakulovsky S., Nikitin A., Chumichev V., Malyshev S.* Radioactive contamination of the Barents and Kara Seas // International Meeting on Assessment of Actual and Potential Consequences of Radioactive Waste into Arctic Seas (Oslo, Norway, 01-05 February 1993). Working Materials of the International Atomic Energy Agency. Vienna, 1993.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1993 г. / Под ред. К. П. Махонько. Обнинск: НПО «Тайфун», 1994.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1996 г. СПб.: Гидрометеиздат, 1998.
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1997 г. СПб.: Гидрометеиздат, 1998.
7. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1998 г. СПб.: Гидрометеиздат, 2000.
8. Новая Земля. Т. 3. / Под общ. ред. П. В. Боярского / *Андреанов К. Н., Сафронов В. Г.* Радиоэкологическое состояние Центрального полигона РФ. М.: РНИИ культурного и природного наследия, 1994. С. 68-75.
9. *Касаткина Н.Е.* Адсорбция радионуклидов цезия на донных отложениях и оценка радиоэкологической ситуации в бассейнах Баренцева и Азовского морей. Иваново: ИГХТУ, ММБИ КНЦ РАН, 2008.
10. *Сыч Ю. Г., Дубинко Л. В.* Радиоэкологическая обстановка на архипелаге Новая Земля // Арктика: экология и экономика. 2012. № 1 (5). С. 48–59.
11. *Усягина И. С.* Распределение и пути миграции искусственных радионуклидов в экосистеме Баренцева моря. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2012.
12. *Dubasov Yu. V., Baranov Yu. I., Katsarov S. V. et al.* Investigation of radionuclide content in the gulfs and Chernaya Bay of archipelago Novaya Zemlya // Environmental Radioactivity in the Arctic (Proc. of the 4th Intern. Conf, E/dinburgh, Scotland, 20-23 Sept. 1999) / Ed. by P. Strand, T. Jolle. Osteras, 1999.



13. A State of the Arctic Environmental Report / Arctic Pollution and Assessment Programme (AMAP). Oslo, 1998.
14. Вакуловский С. М., Никитин А. И., Чумичев В. Б. О загрязнении арктических морей радиоактивными отходами западноевропейских радиохимических заводов // Атомная энергия. 1985. Т. 58. Вып. 6. С. 445-449.
15. Yiou F., Raisbeck G. M., Zhou Z. Q. et al. Improved Estimates of Oceanic Discharges of  $^{129}\text{I}$  from Sellafield and La Hague // Second International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic. August 21–25, 1995, Oslo, Norway.
16. Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации. (Материалы доклада Правительственной комиссии по вопросам, связанным с захоронением в море радиоактивных отходов; создана распоряжением Президента РФ от 24.10.1992 г. за № 613-пп). М.: Администрация Президента РФ, 1993.
17. Kuznetsov Yu., Rakov N., Tishkov L. W. An Assessment of the Contribution by Different Contamination Sources into the Total Radioactive Contamination of the Kara Sea. St. Petersburg: Radium Institute, 1994.
18. Pavlov V. K. Oceanographic Description of the Kara and Barents Seas. Working Materials of the International Arctic Seas Assessment Project (IASAP). Reproduced by the International Atomic Energy Agency as IAEA- IASAP-2. Vienna: IAEA, 1994.
19. Gao Y, Drange H, Johannesen O. M., Petersson L. H. Sources and pathways of  $^{90}\text{Sr}$  in the North Atlantic-Arctic region: present day and global warming // J. of Environmental Radioactivity. 2009. V. 100. P. 375–395.
20. Васильев А. П., Васюхно В. П., Немеча М. Е. и др. Радиологическое состояние территории и акватории губы Андреева // Атомная энергия. 2006. Т. 101. Вып. 1. С. 49–95.
21. Nuclear Submarine Decommissioning and Related Problems / Ed. L. G. LeSage and A. A. Sarkisov. Kluwer Academic Press, 1996; Проблемы вывода из эксплуатации и утилизации атомных подводных лодок / Под ред. А. А. Саркисова. М.: ИБРАЭ РАН, 1999.
22. Analysis of Risks Associated with Nuclear Submarine Decommissioning, Dismantling and Disposal / Ed. Ashot A. Sarkisov and Alan Tournyol du Clos. Kluwer Academic Press, 1999; Анализ рисков, связанных с выводом из эксплуатации, хранением и утилизацией атомных подводных лодок / Под ред. А. А. Саркисова. М.: ИБРАЭ РАН, 1999.
23. Remaining Issues in the Decommissioning of Nuclear Powered Vessels / Ed. Ashot A. Sarkisov and Alan Tournyol du Clos. Kluwer Academic Press, 2003; Научные проблемы и нерешенные задачи утилизации кораблей с ЯЭУ и экологической реабилитации обслуживающей инфраструктуры / Под ред. А. А. Саркисова. М.: ИБРАЭ РАН, 2004.
24. Scientific and Technical Issues in the Management of Spent Fuel of Decommissioned Nuclear Submarines / Ed. L. G. LeSage and A. A. Sarkisov. Springer, 2006; Научные и технические проблемы обеспечения безопасности при обращении с ОЯТ и РАО утилизируемых АПЛ и НК с ЯЭУ. В 2-х томах / Под ред. А. А. Саркисова. М.: ИБРАЭ РАН, 2007.
25. Концепция комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками. М.: Минатом России, 2001.

26. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. Newton Square Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2004.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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. А. А. Саркисова. М.: Наука, 2010.
31. 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.
32. Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Никитин В. С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. М.: ИБРАЭ РАН, 2015.
33. Пантелеев В. Н. Выгрузка топлива из реактора АПЛ класса «Альфа» и разборка активной зоны. Хельсинки, Материалы КЭГ МАГАТЭ. 2012.
34. Сомов И. Е. О подъеме АПЛ «К-27» для снижения ядерного и радиационного риска в Северо-Западном регионе. Осло, Материалы КЭГ МАГАТЭ. 2011.
35. Билашенко В. П., Сотников В. А. Деградация защитных барьеров затопленных радиационно опасных объектов, методы оценки и прогноза их состояния // Известия РАН. Энергетика. 2013. № 2. С. 90-97.
36. Саркисов А. А., Антипов С. В., Билашенко В. П. и др. Математическая модель для оценки технического состояния и прогнозирования разрушения защитных барьеров затопленных радиационно опасных объектов // Атомная энергия. 2018. Т. 124. Вып. 2. С. 99–104.
37. Саркисов А. А., Антипов С. В., Билашенко В. П. и др. Оценка выхода радионуклидов в окружающую среду при потенциальной аварии в ходе подъема и транспортировки затопленной атомной подводной лодки «К-27» // Известия РАН. Энергетика. 2015. № 2. С. 16-29.
38. Антипов С. В., Билашенко В. П., Высоцкий В. Л. и др. Оценка выхода радионуклидов в окружающую среду в случае возникновения аварии на затонувшей атомной подводной лодке Б-159 // Атомная энергия. 2015. Т. 119. Вып. 4. С. 222–229.
39. Антипов С. В., Билашенко В. П., Высоцкий В. Л. и др. Прогноз и оценка радиоэкологических последствий гипотетической аварии на затонувшей в Баренцевом море атомной подводной лодке Б-159 // Атомная энергия. 2015. Т. 119. Вып. 2. С. 106-113.
40. Ибраев Р. А., Хабеев Р. Н., Ушаков К. В. Вихреразрешающая 1/10 модель Мирового океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. № 48 (1). С. 45–55.

## О международном сотрудничестве в сфере утилизации АПЛ. Интервью\*

—Ашот Аракелович, Вы много лет работаете в академическом Институте проблем безопасного развития атомной энергетики. Какова роль ученых и специалистов ИБРАЭ РАН в решении задач, связанных с утилизацией АПЛ, выводимых из состава ВМФ России?

**А. Саркисов:** Собственно говоря, институт и создавался в 1988 году, в том числе для решения такого рода задач. До этого у нас фактически не было серьезных исследований и разработок конкретно по утилизации атомных субмарин. По поручению правительства РФ ученые ИБРАЭ РАН, Курчатовского института и НИКИЭТ серьезно занялись проблемами утилизации выведенных из эксплуатации АПЛ, надводных кораблей с ядерными установками и судов атомного технологического обслуживания, а также реабилитации бывших береговых технических баз ВМФ.

В рамках Глобального партнерства при непосредственной поддержке Фонда Природоохранного Партнерства «Северное Измерение» по заданию Росатома в ИБРАЭ РАН группой ведущих российских и международных экспертов в 2007 году была завершена разработка Стратегического мастер-плана по утилизации выведенного из эксплуатации атомного флота и реабилитации радиационно опасных объектов обслуживающей инфраструктуры на Северо-Западе России. Мне выпала большая честь быть научным руководителем этого крупнейшего проекта, который охватывает период до 2025 года и предусматривает выполнение более 230 проектов на сумму около двух млрд евро. В настоящее время ведется работа по практической реализации конкретных проектов Программы комплексной утилизации, разработанной в рамках СМП с использованием Информационной системы управления Программой (ИСУП). В рамках международной программы «Северное измерение — Ядерное окно» в ИБРАЭ РАН также выполняется международный проект по усовершенствованию системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской и Архангельской областях. Создаваемая система решает задачу обеспечения Мурманской и Архангельской областей системой радиационного контроля, информационной, аналитической и оперативной экспертной поддержки администрации области в выработке адекватных мер по защите населения в случае радиационных аварий в соответствии с новым российским законодательством. В Мурманской области работы по проекту уже завершены. В Архангельской области работы начались в 2009 году и завершатся в 2011 году. В рамках ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» совместно с субъектами РФ планиру-

---

\* Корреспондент В. Степанюк, «Энергопроманалитика»

ется создание подобных систем в других регионах размещения радиационно опасных объектов.

— **Стратегический мастер-план получил высокую оценку российских и международных экспертов. Ашот Аракелович, что для Вас было главным в работе над СМП?**

**А. Саркисов:** Лично для меня это очень напряженная, сложная, но необыкновенно интересная и плодотворная работа по ликвидации тяжелого наследия «холодной войны». Эта работа продолжается и сегодня и будет продолжаться еще немало лет. Причем, это ведь не пассивное участие в разработке самого плана, это научное обеспечение и обоснование основных позиций. Приходилось выступать с докладами на совещаниях Контактной экспертной группы МАГАТЭ и многих конференциях и семинарах в России и за рубежом, где обсуждались проблемы международного сотрудничества по утилизации АПЛ и реабилитации радиационно опасных объектов. Я рад тому, что сегодня ряд западных стран в рамках международного сотрудничества «Глобальное партнерство» вкладывают сотни миллионов долларов, чтобы помочь России в реабилитации территории бывших баз Военно-Морского Флота, где ржавели на плаву почти 200 атомных подлодок, выведенных из состава ВМФ, и тысячи тонн облученного ядерного топлива. Поскольку мне в течение многих лет приходилось заниматься корабельными ядерными установками, то я достаточно четко могу объяснить, как рациональнее всего их надо утилизировать. Конечно, работа эта непростая, требующая глубокого научного подхода и четкой организации. Ведь в СССР было построено около 250 атомных субмарин, пять надводных кораблей с ядерными энергетическими установками, около 40 судов атомного технологического обслуживания и четыре береговые технические базы.

В середине 80-х годов в связи с истечением срока службы АПЛ и выполнением принятых Россией обязательств по международным договорам начался интенсивный процесс вывода из эксплуатации многоцелевых и стратегических подлодок. С 2003 года к работам по утилизации подключился и ряд западных стран в рамках международного сотрудничества «Глобальное партнерство».

Естественно, научно-техническим обеспечением утилизации АПЛ и экологической реабилитации радиационно опасных объектов с первых же дней и до сих пор занимаются многие наши ученые-атомщики. Многие успешные разработки, сделанные для отечественного Военно-Морского Флота, могут быть использованы для создания судов и специальных установок, которые необходимы для освоения арктического шельфа и отдаленных районов Севера.

Стратегический мастер-план — это крупномасштабное комплексное исследование, к разработке которого были привлечены лучшие специалисты ведущих научно-исследовательских организаций и производственных предприятий нашей страны. В СМП были определены основные направления работ по утилизации АПЛ и экологической реабилитации береговых техни-

ческих баз, обоснованы приоритеты выполнения отдельных мероприятий и проектов по оздоровлению окружающей среды и улучшению экологической обстановки в Северо-Западном регионе России и соседних государств. В ходе разработки СМП были широко использованы современные информационные технологии. Планирование, основанное на этих технологиях для решения проблем глобального масштаба, в нашей стране было применено впервые.

**— Ашот Аракелович, что собой представляет Информационная система управления Стратегическим мастер-планом и когда она начнет работать?**

**А. Саркисов:** Конечно, сам по себе Стратегический мастер-план не является законченным продуктом, поскольку ситуация постоянно меняется. Поэтому к этой программе потребовалась еще разработка информационной системы управления, которая позволяла бы отслеживать реальную обстановку и вводить необходимые коррективы, то есть принимать управленческие решения на тех развилках, которые появляются вследствие изменившихся условий финансирования, технологий, неизбежных задержек и многих других причин. Разработка системы информационного управления недавно была полностью завершена. Система прошла в Росатоме соответствующую экспертизу, и Генеральным директором Госкорпорации подписан приказ № 48 от 26 января 2010 года о введении ее в действие. Естественно, я тоже участвовал в этой работе.

Функции ИСУП СМП, если говорить коротко, сводятся к следующему: это координация всех проводимых работ; предоставление каждому донору подробной и обобщенной информации о ходе выполнения всех работ; помощь Росатому и донорам в подготовке программы работ на ближайшие 2–4 года с учетом финансирования, выделенного из всех источников. Как только ИСУП войдет в действие, можно будет считать, что все дальнейшие работы будут проходить строго в рамках этой большой комплексной программы, и они будут в значительной степени оптимизированы по срокам и финансированию.

**— Какие наиболее важные работы в рамках реализации Стратегического мастер-плана уже выполнены и какие только начинаются?**

**А. Саркисов:** Сделано уже очень много. Введена в эксплуатацию система физической защиты для нераспространения ядерных материалов в губе Андреева и поселке Гремиха. Заключен контракт и начато строительство судна-контейнеровоза для вывоза ОЯТ и РАО из этих двух бывших баз ВМФ. Выполнен проект по созданию радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области. Сейчас такие же работы начинались в Архангельской области.

На Северо-Западе России при поддержке нескольких доноров (в первую очередь Норвегии) практически решена проблема по замене радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГ), которые раньше использо-

вались в качестве источников питания для маяков, на альтернативные источники.

Завершаются масштабные работы по созданию наземного пункта длительного хранения реакторных отсеков в Сайда-губе. Начаты работы по созданию регионального центра по кондиционированию и долговременному хранению твердых радиоактивных отходов. Началось финансирование проекта по созданию инфраструктуры и подготовки выгрузки ОЯТ и утилизации судна «Лепсе». Ведется разработка проекта по обращению с ОЯТ в губе Андреева. Разработан концептуальный проект по обращению с ОЯТ в поселке Гремиха. Оттуда вывезено больше половины отработавших тепловыделяющих сборок для дальнейшей отправки на ПО «Маяк». Также начата утилизация уникальной АПЛ класса «Папа» № 501. А недавно проведенную выгрузку активной зоны аварийной АПЛ класса «Альфа» № 910 я назвал бы работой пионерской в полном смысле этого слова, то есть очень грамотной и смелой в техническом отношении и заслуживающей высочайшей оценки. И это далеко не полный перечень самых крупных работ, которые реально выполняются. Конечно, на первых этапах совместного международного сотрудничества было много трудностей и проблем. Но они постепенно решаются. В любом случае у нас есть все основания говорить о том, что на сегодняшний день уже сделано очень много.

Я хочу особо подчеркнуть, что международное сотрудничество в области утилизации атомных подлодок, выведенных из состава российского ВМФ, является прекрасным примером понимания международным сообществом важности этой проблемы, понимания ее глобального масштаба и потенциальной опасности этой проблемы, если бы она не решалась. Я считаю, что это один из самых ярких примеров удачного и наиболее эффективного международного сотрудничества, когда объединенными усилиями очень многих стран достигнуты такие блестящие результаты при полном согласии участников и прозрачности всех операций.

### **— В чем будет заключаться итоговый результат реализации СМП на Северо-Западе России?**

**А. Саркисов:** Если все будет двигаться, как намечено, я уверен, что к 2015 году мы полностью утилизируем все выведенные из эксплуатации плавучие объекты атомного флота и поставим их на долговременное хранение — от 70 до 100 лет — на пункте длительного хранения «Сайда». Что касается пунктов временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева и Гремихе, то там к 2025 году должна быть полностью завершена экологическая реабилитация до состояния, при котором отсутствует ущерб для здоровья человека и окружающей среды и возможно использование этих территорий для одобренных правительством целей. Все имеющееся у нас перерабатываемое ОЯТ должно быть к 2018 году безопасно извлечено и перевезено для переработки на «Маяк». Все неперерабатываемое в настоящее время ОЯТ будет к 2015 году помещено на безопасное промежуточное хранение. Радиоактивные отходы, полученные в результате прошлых, настоящих и будущих работ, должны быть надлежащим образом упакованы и помещены на

долговременное, безопасное и извлекаемое промежуточное хранение с последующим окончательным захоронением.

**— Будет ли к 2012 году, то есть ко времени завершения программы Глобального партнерства, полностью закрыт вопрос об утилизации всех АПЛ, выведенных из состава ВМФ?**

**А. Саркисов:** Нет, я думаю, что к 2012 году мы еще не сможем утилизировать все списанные АПЛ, но основная часть выведенных на данный момент из состава ВМФ подлодок будет утилизирована, видимо, к 2011 году, останутся буквально единицы. На сегодняшний день на пункте долговременного хранения в бухте Сайда уже размещено 33 одноотсечных реакторных блока. И, соответственно, у нас в обоих регионах остается еще более 150 находящихся на плаву трехотсечных реакторных блоков, которые таким же образом надо перевести в одноотсечные и разместить на долговременное хранение на берегу. Это — глобальная задача. Потом у нас в плане — утилизация судов атомного технологического обслуживания. В числе приоритетных задач — обращение с отработавшим топливом, радиоактивными отходами на бывших береговых объектах ВМФ, переданных Росатому — в «СевРАО» и «ДальРАО». Это губа Андреева, пункт Гремеха, бухта Крашенинникова и бухта Сысоева. Учитывая, что там не все отработавшее топливо является кондиционным, потребуется разработка отдельных технических решений, которые позволят вывезти некондиционное топливо на переработку или разместить его на временное хранение до принятия решения по переработке. Естественно, нужно будет произвести максимальную реабилитацию всех этих объектов.

**— Вы вложили много сил в создание и совершенствование корабельных ядерных энергетических установок. Одним из оригинальных направлений развития корабельной атомной энергетики явилось создание в нашей стране уникального атомного ледокольного флота. Каким Вы видите сегодня его будущее?**

**А. Саркисов:** Естественно, я могу сказать только одно: многолетний опыт эксплуатации отечественного атомного ледокольного флота подтвердил его высокую эффективность в решении специфических задач, актуальных для нашей страны, имеющей огромную протяженность контакта ее территории с Арктическим бассейном. У меня нет сомнений в том, что наш атомный ледокольный флот необходимо восстанавливать и развивать, и как можно скорее. Это нужно делать и для укрепления оборонного могущества страны, и для развития экономики, и для будущего освоения богатств нашего арктического шельфа. Без мощного современного атомного флота наша страна, как арктическая держава, такие задачи решать не сможет.

Атомный ледокольный флот — это наше национальное достояние. Здесь мы прорвались вперед по сравнению со многими нашими конкурентами. Таких надводных судов, как у России, нет ни у кого в мире. Ни американское атомное судно «Саванна», ни немецкое сухогрузное судно «Отто Ган»,

ни японское исследовательское судно «Муцу», построенные в разное время, не нашли практического применения. В нашей стране направление атомного судостроения не просто получило развитие, а приобрело широкий размах. На судах используются совершенно новые технологии, новый тип установок, которые модернизировались от одного проекта к другому. Ледокольные установки оказались настолько интересными, что сейчас они будут применяться на небольших стационарных атомных электростанциях, плавающих установках и т. д.

Нынешнее состояние нашего атомного ледокольного флота можно назвать близким к кризисному. Но я нисколько не сомневаюсь в перспективе его восстановления и развития. Считаю, что усиление позиций в развитии российского Севера и укрепление национального суверенитета в Арктике — это стратегические задачи государственной важности. Передача кораблей с ЯЭУ и судов атомного технологического обслуживания из Мурманского морского пароходства в хозяйственное ведение «Атомфлота» ГК «Росатом», завершилась в августе 2008 года. Будучи советником ИБРАЭ РАН и членом Общественного совета Росатома, считаю сам факт такой передачи позитивным шагом.

Я знаю, что во время рабочей встречи премьер-министра В. В. Путина с руководителем Росатома С. В. Кириенко эти вопросы очень подробно обсуждались, и было дано поручение разработать долгосрочный план развития атомного ледокольного флота на перспективу более 15 лет. Меня это по-настоящему радует.

**— Вы недавно выступали с докладом в Гааге на очередном заседании КЭГ МАГАТЭ. На какие проблемы там Вы особо обратили внимание?**

**А. Саркисов:** Рассматривалась очень важная международная проблема, связанная с оценкой опасности затопленных Советским Союзом в Арктике в 1960–1993 годах ядерных и радиационно опасных объектов. В состав таких объектов входят АПЛ «К-159» и «К-27», пять реакторных отсеков с корабельными и судовыми ядерными энергетическими установками, 19 судов и около 1800 изделий и контейнеров с твердыми радиоактивными отходами. Необходимость реабилитации этих районов представляется актуальной, особенно с учетом международного сотрудничества в интересах многостороннего освоения арктического региона. Однако в настоящее время ни одно российское ведомство не готово взять на себя ответственность за решение этой проблемы в связи с большими временными и экономическими затратами, а также трудоемкостью проведения работ.

Несмотря на то, что в настоящее время эти объекты не представляют реальной экологической опасности для населения и окружающей среды, их необходимо считать источниками потенциальной опасности, масштабы и последствия которой будут зависеть от состояния защитных барьеров, отделяющих радиоактивные вещества от морской среды. Участники семинара отметили, что, в отличие от Кольского полуострова и Северо-Запада России, никакого стратегического или общего плана решения проблемы ядер-



ного наследия в Арктике не существует. С учетом изменения условий окружающей среды в регионе и необходимости в разведке его ресурсов важность этой проблемы будет возрастать, и пришли к согласию в том, что есть необходимость рассмотреть вопрос о начале разработки руководящего документа по планированию реабилитации в Арктике, то есть мастер-плана. Основной задачей на данном этапе является организация, получение и систематизация результатов комплексных инженерных и радиационных обследований объектов, в первую очередь содержащих отработавшее ядерное топливо.

**— Вы лично собираетесь принять активное участие в разработке мастер-плана по затопленным в Карском море объектам?**

**А. Саркисов:** Я считаю, что Стратегический мастер-план по комплексной утилизации АПЛ и информационная система управления им на Северо-Западе России задействованы, идет нормальная налаженная работа по реализации отдельных проектов. Всего там будет выполнено около 230 проектов. Все спланировано на полную глубину — вплоть до достижения конечных целей. При этом некоторые наиболее сложные проекты растянуты по времени на 25–30 лет, за более короткий срок их выполнить нельзя. Все участники проектов видят полную картину реализации этих планов. Процесс запущен, и он неукоснительно реализуется.

И теперь, по-моему, наступило время подумать о решении других отложенных проблем. Как я отметил ранее, по затопленным в Арктике радиационно опасным объектам проводились соответствующие исследования. Об этом не раз писал мой коллега и друг, профессор Курчатовского института Юрий Васильевич Сивинцев. Можно сказать, что сегодня эти объекты пока еще не оказывают видимого влияния на экологию. Пока защитные барьеры работают. Но проблема от этого не становится менее серьезной. Особенно, если учесть возрастающую роль Арктики. Предполагается, что только газовое месторождение Разломное может обеспечить нас на 100 лет при нынешнем уровне добычи этого сырья. В Арктике сегодня темпы и процессы потепления идут в 2 раза быстрее, чем в среднем на планете. И вполне понятно, что в ближайшем будущем Арктика станет крупнейшей мировой транспортной артерией. Поэтому к чистоте и безопасности арктического региона будут предъявляться еще более жесткие требования.

Впервые я обратил внимание мировой общественности на эти проблемы в своем докладе на заседании Ассамблеи стран-доноров в Лондоне в 2007 году, а затем недавно — в феврале 2010 года — на заседании КЭГ МАГАТЭ в Гааге. Участники заседаний отнеслись к этой проблеме очень серьезно, считают ее исключительно актуальной и требующей принятия решений. Нужно будет направлять туда специальные научные экспедиции, чтобы точно знать состояние защитных барьеров, уточнять местонахождение затопленных объектов и вести подготовку к разработке Стратегического мастер-плана конкретно по решению этой проблемы. Наиболее актуальными объектами, по-нашему мнению, в этом мастер-плане будут АПЛ «К-159»,

которая затонула близ Мурманска в результате несчастного случая, и аварийная подлодка «К-27», которая была специально затоплена с отработавшим ядерным топливом и контейнерами с радиоактивными отходами на борту. Я считаю, что как минимум все объекты с отработавшим ядерным топливом должны быть подняты со дна арктического региона и отправлены на переработку. Это очень большая и сложная работа, она должна быть проделана следующим этапом после утилизации, но к ней пора начинать готовиться уже сегодня. Было бы идеально, чтобы эта работа начиналась и проходила в рамках Глобального партнерства, так как в экологической чистоте Арктики заинтересованы все страны. Это было бы логично. В этом случае для решения этой проблемы Россия получила бы дополнительное финансирование от других стран. Мои мысли сейчас заняты этой проблемой.

**— Ашот Аракелович, большое спасибо Вам за интервью. Сотрудники Центра информационного сопровождения отраслевых программ ОАО «ЭНЕРГОПРОМАНАЛИТИКА» поздравляют Вас с наступающим праздником — 65-летием Великой Победы и желают Вам в здоровья, хорошего настроения и творческих успехов.**

## **Работа по разработке Стратегического мастер-плана является уникальной\***

*Утилизация атомных подводных лодок и реабилитация радиационно опасных объектов уже не первый год ведется в соответствии со Стратегическим мастер-планом. Являясь уникальной комплексной программой, СМП объединил многие страны в их стремлении улучшить экологическую обстановку в регионах Северо-Запада и Дальнего Востока России. Лучшие специалисты ведущих российских научно-исследовательских организаций и производственных предприятий атомной отрасли приняли участие в этом глобальном проекте, итогом которого является успешное проведение работ при использовании международной финансовой и технической помощи. Об этих и других аспектах СМП и в связи с пятилетием окончания работ по СМП рассказал академик Российской академии наук, Научный руководитель разработки Стратегического мастер-плана Ашот Аракелович Саркисов.*

### **О предпосылках к разработке Стратегического мастер-плана**

Так сложилось, что я практически всю жизнь имел отношение к созданию нашего атомного подводного флота, а также занимался подготовкой кадров для этого флота. Мой переход на постоянную работу в Институт проблем безопасного развития атомной энергетики АН СССР, который состоялся после почти 50-летней службы в ВМФ, совпал с началом коренных экономических и социально-политических изменений в стране. Финансирование институтов Академии резко снизилось, и они вынуждены были выживать самостоятельно. Необходимо было искать тематику, которая, с одной стороны, соответствовала бы моему научному профилю и опыту работы, и, с другой стороны, обещала финансовое обеспечение. В качестве наиболее подходящей в этом плане проблемы мне представлялась ставшая к тому времени очень актуальной утилизация выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок. Этот выбор для меня был не очень комфортным по двум причинам. Во-первых, мне было не очень приятно переходить от решения задач, связанных с созданием, к задачам ликвидации созданного трудом ученых, инженеров и рабочих ставших мне дорогими наших замечательных атомоходов. Было и другое немаловажное обстоятельство, связанное с тем, что для Института эта проблема была не только новой, но и не вполне органичной.

Масштабная утилизация объектов атомного флота стала неизбежной в силу двух основных причин. Первая из них связана с тем, что международная обстановка и связанная с ней «холодная война» вынуждала строить

---

\* Статья, источник: [www.a-submarine.ru](http://www.a-submarine.ru), 4 сентября 2012 г.

подводные лодки очень высокими темпами. Большая часть АПЛ была построена в конце 60-х, в 70-е и 80-е годы, практически, «залпом». И точно также «дружно» они стали выводиться из боевого состава после выработки их технического ресурса. Другая причина создавшейся ситуации была связана с необходимостью выполнения нашей страной подписанного с США соглашения о сокращении стратегических наступательных вооружений.

Причем массовый вывод из строя АПЛ, к сожалению, пришелся именно на то время, когда наша экономика оказалась в глубоком кризисе, когда наше государство было не способно самостоятельно решить эту проблему. Еще одной немаловажной трудностью являлось то, что в ходе интенсивного строительства атомного флота своевременно не была продумана система вывода из эксплуатации атомных кораблей и объектов обслуживающей ее инфраструктуры. Серьезно к разработке концепции утилизации мы приступили лишь после 1980 года, когда стало реально приближаться время вывода из эксплуатации атомных подводных лодок, построенных в 60-е годы. Вопрос о том, что в недалеком будущем грянет полоса вывода из эксплуатации атомных подводных лодок, которые неизбежно нужно будет утилизировать, становился все более актуальным. В эти годы я занимал должность Председателя Научно-технического комитета ВМФ и впервые столкнулся с этой проблемой, в соответствии с которой выведенные из эксплуатации АПЛ после выгрузки ядерного топлива и боезапаса предполагалось разрезать, а сформированные для длительного хранения реакторные отсеки разместить в подземных убежищах (штольнях), которые были в свое время были сооружены в скальных массивах на Севере и на Дальнем востоке. По первоначальному замыслу эти убежища предназначались для укрытия подводных лодок в случае ядерного нападения противника. На первый взгляд эти огромные по масштабам сооружения представлялись идеальным местом для длительного хранения реакторных отсеков АПЛ. Однако при внимательном рассмотрении проекта в Комитете выяснилось, что обоснованность такого предложения далеко не однозначна. Мной была подготовлена справка для Главнокомандующего ВМФ, в которой, указывалось, что по ряду причин предлагаемое решение утверждать нецелесообразно. В частности, обращалось внимание на то, что при проектировании объекта по условиям захода подводных лодок основание этих штолен расположено на несколько метров ниже уровня моря, что создает риск затопления будущего хранилища в случае нарушения герметичности затворов. При возникновении такой ситуации негативные последствия были бы неизбежны. В докладе отмечалось и другое важное обстоятельство, ставшее мне известным после консультаций со специалистами-геологами: скалы (в которых были построены штольни), казавшиеся на первый взгляд монолитными, на самом деле имели многочисленные трещины, сквозь которые в штольни постоянно просачивалась вода (по несколько тонн в сутки), которая резко ухудшала условия длительного (до 100 лет) хранения отсеков. В докладе отмечались и некоторые другие недостатки предлагавшейся концепции пункта длительного хранения РО. Главнокомандующий прочитал мою записку очень внимательно и сказал, что он с рядом положений согласен, однако отметил, что в представленном нами анализе не учитываются важные социальные аспек-

ты, связанные с занятостью проектных институтов и строительных организаций. Не помогло и мое напоминание об американском опыте решения этой проблемы. К тому времени из разведданных нам было известно, что в США пункт длительного хранения реакторных отсеков разворачивается в пустынной местности вблизи города Хэнфорд, штат Вашингтон. (Позже, уже в конце 90-х годов я имел возможность посетить это место и даже сделать несколько фотографий выкрашенных в черный цвет и установленных под открытым небом на бетонных подушках реакторных отсеков).

Таким образом, понимая, что этот путь не является оптимальным, Главком все же одобрил представленную концепцию. Затем Главкомы сменились, сменилась и концепция. Вариант использования построенных подземных укрытий для реакторных отсеков был отброшен, но общего плана — как обращаться с выведенными из эксплуатации АПЛ, их фрагментами и ОЯТ — не было. Тем более не было ясного понимания проблем радиоэкологической реабилитации объектов инфраструктуры. В то время начали разрабатываться отдельные программы утилизации, но они в основном касались узких вопросов, связанных, главным образом, с разделкой АПЛ. Такие программы были далеки от рассмотрения проблемы комплексной утилизации АПЛ во всем ее объеме.

В 90-е годы стало понятным, что при сложившейся экономической ситуации самостоятельно нашей стране такую масштабную задачу решить невозможно, необходимо было привлечь внимание мировой общественности к этой проблеме. С целью решения этой задачи хотя бы на уровне международного научного сообщества мною были инициированы несколько международных научных конференций в рамках российского партнерства с НАТО. Такой, в некотором смысле экзотический, формат был выбран потому, что в программах упомянутого партнерства было предусмотрено целевое финансирование подобных мероприятий. Первая конференция прошла в 1995 году, вторая — в 1997 году, третья — в 2002 году, последняя, четвертая — в 2004 году. Это были очень представительные конференции, посвященные различным актуальным проблемам утилизации АПЛ. В работе конференций принимали участие представители от 10 до 15 стран. На всех 4-х конференциях роль председателя с российской стороны была возложена на меня, а с иностранной стороны председатели менялись — были представители от США, от Франции и от других стран. Я думаю, что кроме очень полезного обмена опытом и знаниями, эти конференции сыграли определенную роль в том, что в 2002 году в Кананаскисе «Большая восьмерка» приняла решение о Глобальном партнерстве входящих в это объединение стран, в рамках которого наряду с ликвидацией других последствий «холодной войны» предусматривалось участие стран «восьмерки» в решении проблем, связанных с утилизацией вышедшего из строя, российского подводного флота. В соответствии с этим решением финансирование работ должно было осуществляться через Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) который, в свою очередь, в качестве первоочередной задачи выдвинул требование разработать программу комплексной утилизации атомного флота и экологической реабилитации радиационно опасных плавучих и береговых объектов обслуживающей его инфраструктуры. По предложению ЕБРР

эта программа получила название Стратегического мастер-плана. Головной организацией по разработке СМП был определен Институт проблем безопасного развития РАН, а научное руководство разработкой СМП было предложено мне.

### Об особенностях процесса создания Стратегического мастер-плана

С учетом глобального характера, масштабов и сложности поставленной задачи для меня было с самого начала очевидно, что ее решение невозможно силами одного института. Поэтому в качестве первого шага мною было предпринято формирование творческого коллектива, в который вошли известные ученые и ведущие специалисты из всех основных организаций и институтов, уже имеющих опыт в решении тех или иных задач утилизации. В состав коллектива наряду со специалистами ИБРАЭ вошли представители ОАО «НИКИЭТ», ФГУП «ГНЦ РФ — ФЭИ», Научный центр «Курчатовский институт», ЦНИИ кораблестроения им. А. Н. Крылова и ряда других организаций. С целью улучшения координации работ внутри большого коллектива были назначены заместители научного руководителя от трех ключевых институтов: профессор Р. И. Калинин (ИБРАЭ), профессор В. А. Шишкин (НИКИЭТ), к.т.н. Н. Е. Кухаркин (Курчатовский институт).

Незаметно пролетают годы, и вот сегодня мы отмечаем уже пятилетие с момента завершения работ над СМП, когда этот документ был в целом одобрен Ассамблеей стран-доноров и утвержден руководителем ГК «Росатом». Прошедшее время подтвердило работоспособность и эффективность разработанной программы в качестве планового документа высшего уровня. СМП определил принципиальные направления и детальное содержание всех работ в области утилизации. В то же время это живой и гибкий инструмент, учитывающий все значимые изменения, происходящие в ходе реализации программы. Поскольку началась обычная рутинная стадия исполнения СМП, а исследовательский компонент работы уже практически был исчерпан, я отошел от этой тематики и занимаюсь теперь другими интересными для меня актуальными проблемами.

Обозревая работу большого и слаженного коллектива с дистанции длиною в 5 лет, я должен сказать, что СМП во многих отношениях является уникальным проектом. Уникальность эта заключается, во-первых, в его высоком статусе, который определяется тем, что программа инициирована главами стран Большой восьмерки. Этот высокий статус подчеркивает международный уровень значения проекта и определяет степень ответственности всех участников за качество и своевременность всех выполнявшихся работ. Вторая особенность СМП — это масштабность и содержательная глубина проработки проекта, в котором сочетались выполненные в его рамках серьезные исследования по наиболее сложным проблемам и специальные инструменты современного системного стратегического планирования. Этим СМП качественно отличается от традиционных федеральных целевых программ или планов по утилизации, которые обычно разрабатывались у нас на глубину не более 5–7 лет. Третья особенность этой работы заклю-

чается в широких масштабах международной кооперации. И, наконец, самое важное — это высокая гуманитарная составляющая роли СМП: мы понимали, что решаем очень важную экологическую проблему, и эта проблема далеко выходит за рамки национальных интересов нашего государства, она носит международный характер. Все циркумполярные страны, а также ряд государств, не имеющих непосредственного выхода на Арктический регион, проявили большую заинтересованность в этой работе, так как понимали солидарную ответственность международного сообщества за экологическое благополучие Арктического бассейна, являющегося уникальным природным образованием, планетарной лабораторией климата, стратегически важным перспективным транспортным коридором и богатейшей кладовой углеводородов.

### О научно-исследовательской работе по составлению СМП

Научно-исследовательская работа по созданию СМП, проводившаяся в течение нескольких лет, была напряженной, творческой и очень насыщенной. В дополнение к сказанному выше я хотел бы перечислить еще несколько особенностей этой работы, которые делают ее выходящей из целого ряда предшествовавших ей плановых работ в этой области:

1. Широчайшее участие российских специалистов. Я постарался привлечь к работе максимальное число компетентных специалистов, в результате **в создании СМП приняли участие более 100 человек**. Это были ведущие специалисты в своей области, которые представляли практически все российские атомные институты и промышленные предприятия.

2. **СМП базировался на специально выполненным семи стратегических исследованиях**, которые позволили нам принять решение по наиболее сложным проблемам, где было много вариантов решения и на старте совсем не было очевидным, какой из этих вариантов является оптимальным. Например, вопрос, связанный с уровнем реабилитации БТБ, — одни говорили, что территории БТБ нужно довести до уровня «зеленой лужайки», другие считали достаточным, чтобы довести ее состояние до «коричневой», третьи говорили, что вообще ничего не нужно делать и продолжать в перспективе использование БТБ по их прямому назначению.

3. В отличие от всех предыдущих программ СМП не ограничивался только утилизацией АПЛ. Мастер-план также рассматривал вопросы утилизации надводных кораблей с ЯЭУ, всех плавучих и береговых объектов технического обслуживания атомного флота — судов АТО и бывших береговых технических баз. Таким образом, СМП охватывал весь комплекс проблем утилизации, включая транспортную инфраструктуру, обращение с разными видами ОЯТ, РАО, токсичными и всевозможными иными экологически опасными отходами.

4. Принципиальным отличием СМП от других программ было то, что при разработке мастер-плана была осуществлена беспрецедентная глубина планирования. **СМП разрабатывался на очень большой период времени — 30 и более лет**, перечень предусмотренных планом проектов был ориентирован на достижение всех конечных целей.

5. Структура декомпозиции работ на верхних уровнях включала 12 разных направлений, по каждому из которых были рассмотрены самые разные стратегии достижения конечных целей. И лишь на основании многофакторного анализа выбирался тот или иной путь, т. е. все принципиальные решения по перечню мероприятий и последовательности их выполнения в СМП подкреплялись количественными обоснованиями. Приведу лишь один пример. До СМП главной наиболее приоритетной задачей считалась разрезка АПЛ, мы же показали, что важнейшей, с точки зрения экологических последствий, является реабилитация российских береговых технических баз. В итоге применения различных методологических подходов к установлению приоритетов на первом месте оказывалась БТБ в губе Андреева, а на втором БТБ в Гремихе (исключая одно исследование, где второе место заняла ПТБ «Лепсе»).

Ниже приведено ранжирование объектов по фактору безопасности на основе интегральной экспертной оценки нерешенных проблем, а также итоговое ранжирование объектов (прим. корр.)

После обоснования и принятия всех основных стратегических решений было определено более 250 проектов, выполнение которых требовалось для достижения конечных целей. Для каждого проекта была составлена программа, в который были определены стоимость и приблизительное время реализации этого проекта, а также показана последовательность реализации и взаимная увязка всех этих проектов.



**Рис. 1.** Ранжирование объектов по фактору безопасности на основе интегральной экспертной оценки нерешенных проблем, а также итоговое ранжирование объектов



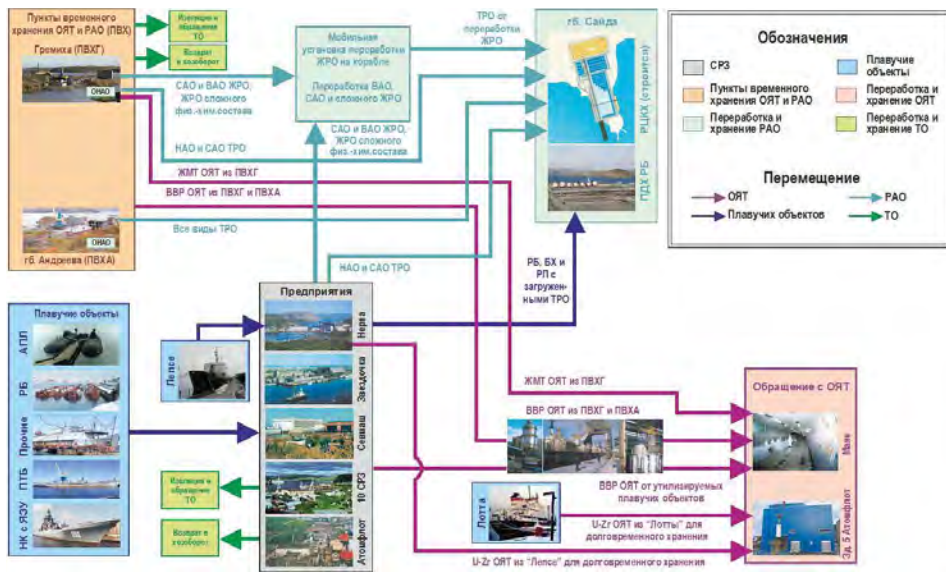


Рис. 2. Стратегия высшего уровня для достижения конечных целей СМП

Ниже приведена интегральная диаграмма высшего уровня для реализации концепции и достижения стратегических целей, где показана взаимосвязь проектов Стратегического мастер-плана (прим. корр.)

6. Впервые в практике разработки планов утилизации атомного флота в СМП были применены информационные технологии. В ИБРАЭ РАН была разработана специальная Информационная система управления проектами (ИСУП). Сейчас ИСУП — это тот рабочий инструмент, с помощью которого детально отслеживается ход реализации всех работ и в связи с изменяющимися обстоятельствами оперативно вносятся в план необходимые коррективы. Интересно, что накопленный опыт разработки и использования ИСУП оказался настолько позитивным, что сейчас этот опыт мы применяем уже для совсем других задач, например, для задач связанных с обращением с радиационно опасными объектами ОАО ТВЭЛ.

7. При разработке СМП проводилась оценка рисков и воздействия на окружающую среду при реализации выбранных стратегий.

8. Стратегический мастер-план постоянно подвергался очень жесткой экспертизе со стороны иностранных специалистов. С этой целью при ЕБРР была создана группа международных экспертов, которые представляли 13 стран. Перед этими экспертами я четыре раза выступал. К нашему общему удовлетворению, все промежуточные мои доклады, и в особенности конечный доклад, прошли успешно. Эксперты дали высокую оценку нашей работе, определив, что работа выполнена на хорошем уровне, ее выводы обоснованы достаточно убедительно, а реализация намеченных проектов не будет представлять опасности для населения и окружающей среды. Это был серьезный экзамен перед международной общественностью.

## О трудностях при разработке Стратегического мастер-плана

Но были и трудности, которые нам приходилось преодолевать. В-первых, нелегко было дать оценку экологической безопасности проектов и мероприятий, определенных в ходе разработки СМП. Серьезным испытанием оказалась экологическая экспертиза проекта. Независимая экологическая оценка СМП выполнялась по заданию Европейского Банка реконструкции и развития и проводилась группой международных экспертов из ряда стран под патронажем Канады. Эта группа досконально изучила СМП и подготовила документ по оценке воздействия предусмотренных планом работ на окружающую среду. Конечный вывод заключался в том, что все принятые принципиальные решения в экологическом плане являются обоснованными и группа не имеет возражений против реализации намеченных планом проектов.

Еще одной трудной проблемой, о которой уже упоминалось выше — это определение приоритетов: в ходе утилизации предстояло выполнить большой комплекс работ, но было не ясно, в какой последовательности их выполнять, с чего начинать? Наряду с анализом различных определяющих факторов появилась проблема, как расставить приоритеты выполнения работ на объектах по уровню потенциального риска для окружающей среды. Для решения этой непростой задачи готовых методик не было. Нам пришлось разрабатывать оригинальную методологию приоритизации объектов по уровню представляемого ими риска для окружающей среды, населения региона и рабочего персонала. Наша первая попытка разработки методологии оказалась неудачной. Пришлось привлекать специалистов из других отраслей, однако этот опыт оказался неудачным, так как предложенные ими подходы не сработали. Сроки не позволяли продолжать экспериментирование, и мне пришлось лично включиться в работу. После того, как мы создали цельную методологию, обосновали подходы и получили одобрение представленной концепции международной группой экспертов, была возвращена практическая работа по ранжированию объектов в соответствии с установленными приоритетами.

Серьезные трудности возникли при оценке рисков, связанных с теми хранилищами, в которых были заложены дефектные тепловыделяющие элементы (сборки). Некоторые расчеты показывали, что при попадании воды в хранилища при определенных сочетаниях условий может произойти неуправляемая цепная реакция. Перед нами встала непростая задача выяснения фактической степени риска. Также очень сложной и неоднозначной оказалась проблема обращения с дефектным ядерным топливом. Перечень подобных проблем можно было бы продолжить, но уже приведенных примеров достаточно, чтобы дать представление о неординарности решавшихся в ходе разработки СМП задач.

Но в итоге все эти трудности с большим или меньшим успехом были преодолены, свидетельством чему является высокая эффективность выполнения предусмотренных Стратегическим мастер-планом работ по утилизации.

Говоря об успешном выполнении работ по комплексной утилизации АПЛ, я считаю необходимым подчеркнуть особую роль Росатома. Напом-

ню, что на ранней стадии, когда работа по утилизации и экологической реабилитации была в зависшем состоянии, а отвечали за нее сразу 3 ведомства (ВМФ, Росатом и судостроительная промышленность), в то время еще молодой министр Евгений Олегович Адамов предпринял мужественный шаг, инициировав Постановление Правительства РФ, в соответствии с которым головная роль по решению проблемы утилизации атомного флота возлагалась на Росатом. В создавшейся к тому времени ситуации это был поистине революционный поворот. С этого момента Росатом стал координатором всех работ, которые получили новый импульс и стали широко разворачиваться. В последующем уже при новом министре мы продолжали получать помощь и поддержку со стороны головного ведомства. Особо хотелось бы отметить большую роль тогдашнего заместителя Министра С. В. Антипова, глубоко вникавшего во все детали нашей работы и оказывавшего постоянную квалифицированную помощь и поддержку. Я должен отметить также большую роль Л. А. Большова — директора головного института при работе над СМП. Наряду со многими другими вопросами, которые приходилось решать Леониду Александровичу, на нем лежала ответственная и сложная задача постоянного взаимодействия с ЕБРР.

Госкорпорация продолжает замечательно работать и сегодня. Если бы не четкая работа Росатома, конечно, никакой СМП сам по себе проблемы бы не решил. Говоря образно, Стратегический мастер-план — это ноты, по которым надо играть, а играет Росатом виртуозно и, на мой взгляд, там сидят очень хорошие дирижеры и исполнители. Мне всегда было очень приятно с ними взаимодействовать. Особое удовлетворение мне доставляет то, что среди разработчиков СМП, а также среди сотрудников Росатома много моих учеников, работать с которыми мне особенно приятно и которыми я имею все основания гордиться. Уверен, что с такими замечательными кадрами, мы успешно доведем наше общее дело до конечной цели.

По академическим планам мне приходилось участвовать в различных международных проектах, в том числе в трех исследовательских проектах совместно с американцами, но они ни в какое сравнение не идут ни по своему масштабу, ни по эффективности, ни по слаженности работы, ни по энтузиазму участников с деятельностью по разработке Стратегического мастер-плана. За долгие годы взаимодействия здесь сложился исключительно дружный коллектив, объединенный единой большой целью. Даже при возникающих иногда конфликтных ситуациях в этом взаимно доброжелательном коллективе легко находился устраивающий стороны компромисс.

### **Об участии иностранных государств в работе по проектам СМП**

Хотелось бы отметить участие отдельных стран в работе по проектам. Было бы неправильно не оценить большой вклад международного сообщества в решение проблем утилизации. Мы должны быть благодарны всем странам, входящим в состав кооперации. Особо я бы хотел подчеркнуть вклад **Германии**. Посмотрите на карту, где расположена Германия, и где находятся пункты реализации российских проектов?! Казалось бы, что прямо-

го интереса для Германии экологические проблемы, связанные с утилизационными работами, не представляют. Но немцы взяли крупнейший проект создания пункта длительного хранения реакторных отсеков в губе Сайда и реализуют его со всей свойственной этой нации педантичностью. В настоящее время проект подходит к своему завершению, осталось построить систему кондиционирования твердых радиоактивных отходов и хранилище для них. А все, что касается размещения реакторных отсеков, они выполнили, построив блестящее сооружение. Я имею основание это утверждать, потому что, как уже упоминал выше, был в Америке на ПДХ в Хэнфорде. Наше сооружение, сделанное немцами, по всем параметрам превосходит американское хранилище реакторных отсеков АПЛ, являясь более современным и более эффективным. Я хотел бы также отметить роль **Норвегии**. Финансово эта страна нам помогает немного, но ее активное участие, ее заинтересованность сыграли немаловажную роль. К тому же Норвегия была первой страной, которая начала возбуждать интерес к экологической реабилитации Арктического региона и, в частности к решению проблем утилизации. И, конечно, норвежский вклад в этот проект я считаю неоценимым. Нельзя не отметить вклад и других стран. Здесь можно назвать **Италию**, которая, как и Германия, находится достаточно далеко от Арктического региона, и, тем не менее, построила нам специальное судно для транспортировки ОЯТ и РАО «Россита» и реализовала целый ряд других проектов. Не могу не отметить **Великобританию**, которая активно участвовала все эти годы в осуществлении работ на бывшей береговой технической базе атомного флота в г. Андреева, а также финансировала утилизацию 4-х АПЛ. Назову также и **Францию**, которая многое сделала на БТБ в п. Гремихе и принимает участие в выгрузке выемных блоков с ОЯТ из аварийных АПЛ с жидкометаллическим теплоносителем. Весомый вклад в решение проблем утилизации российского атомного флота вносит Канада. Здесь хотелось бы отметить блестяще выполненную канадцами работу по транспортировке в доке двух подводных лодок с Камчатки к месту утилизации на завод «Звезда». Канада, кроме того, финансировала утилизацию 13 АПЛ в Северо-Западном регионе и внесла вклад в утилизацию еще 5 АПЛ на Севере и на Дальнем Востоке. Нельзя обойти и японский вклад. Эта страна приняла долевое участие в финансировании утилизации 4-х АПЛ на Дальнем Востоке. Несмотря на аварию на АЭС «Фукусима», Япония продолжает выполнять все взятые на себя обязательства. И в заключение отмечу Америку с ее очень своеобразным вкладом. Американцы нам активнейшим образом помогали на стадии разделки стратегических подводных лодок, т. е. помогали в тех работах, которые были связаны с нашим разоружением. И сейчас их участие в этой области остается немаловажным. Оно нацелено на помощь в обращении с ядерным топливом стратегической АПЛ типа «Оскар», которая сейчас готовится к утилизации на предприятии «Нерпа». С целью ускорения работ по утилизации стратегических АПЛ США поставили заводу «Звездочка» уникальную гильотину, а также ряд других устройств и оборудование, необходимое для разделки подводных лодок.

И если говорить о международном сообществе в целом, то, пожалуй, было бы правильным подчеркнуть, что их действия были мотивированы

желанием обеспечить экологическую безопасность важного для человечества Арктического региона. Но у отдельных стран были и индивидуальные мотивы. Здесь палитра достаточно широкая: американцы преследовали интерес нашего скорейшего разоружения; немцы, французы и итальянцы, несмотря на то, что экология Арктики не является для их стран острой проблемой, исходили из соображения международного престижа — они понимали, что их участие в этой работе поднимает престиж нации (государства), и они были абсолютно правы в этом. Но при этом ни одна страна не преследовала каких-либо экономических выгод. Потому что экономической выгоды от всего этого никто не получил, это были сплошные расходы. Вся эта огромная работа нацелена на будущее, результаты ее в полной мере проявятся для последующих поколений. Богатый опыт разработки СМП, наработанные методологические наработки могут оказаться полезными и в будущем при решении аналогичных крупных экологических проблем, например, в выводе из эксплуатации других объектов атомной энергетики, в том числе и АЭС. Но при этом было бы несправедливым утверждать, что СМП является законченным универсальным средством для решения любых задач подобного рода. А вот обоснованные в СМП концептуальные положения, принципиальные подходы и теоретический инструментарий выходят за рамки конкретной задачи утилизации АПЛ, имеют более широкое значение и могут быть эффективно использованы в ходе решения других проблем.

Таким образом, все вышеприведенные обстоятельства делают работу по разработке СМП во многих отношениях уникальной. Я и все мои коллеги испытываем чувство удовлетворения от осознания того, что Стратегический мастер-план способствует эффективной реализации проектов по утилизации АПЛ и экологической реабилитации, выведенных из эксплуатации объектов атомного флота. Несколько лет, в течение которых мы занимались разработкой СМП, я не считаю зря прожитыми годами.

# **Стратегический Мастер-план комплексной утилизации АПЛ.**

## **Воспоминания участников разработки**

**Саркисов А. А.**

### **О предпосылках к разработке Стратегического мастер-плана**

Массовый вывод из боевого состава ВМФ атомных подводных лодок, к сожалению, пришелся именно на то время, когда наша экономика оказалась в глубоком кризисе, когда наше государство было неспособно самостоятельно решить эту проблему. Еще одной немаловажной трудностью являлось то, что в ходе интенсивного строительства атомного флота своевременно не была продумана система вывода из эксплуатации атомных кораблей и объектов обслуживающей их инфраструктуры. Серьезно к разработке концепции утилизации мы приступили лишь после 1980 года, когда стало реально приближаться время завершения службы атомных подводных лодок, построенных в 60-е годы. Вопрос о том, что в недалеком будущем грянет период массированного вывода из эксплуатации атомных подводных лодок, которые неизбежно нужно будет утилизировать, становился все более актуальным. Одним из принципиальных вопросов в программе утилизации атомных подводных лодок был вопрос о судьбе реакторных отсеков, о концепции безопасного обращения с ними. В эти годы я занимал должность Председателя Научно-технического комитета ВМФ и впервые столкнулся с концепцией, в соответствии с которой выведенные из эксплуатации АПЛ после выгрузки ядерного топлива и боезапаса предполагалось разрезать, а сформированные для длительного хранения реакторные отсеки разместить в подземных убежищах (штольнях), которые были в свое время были сооружены в скальных массивах на Северо-Западе и на Дальнем Востоке.

По первоначальному замыслу эти убежища предназначались для укрытия подводных лодок в случае ядерного нападения противника. На первый взгляд, эти огромные по масштабам сооружения представлялись идеальным местом для длительного хранения реакторных отсеков АПЛ. Однако при внимательном рассмотрении проекта в Комитете выяснилось, что обоснованность такого предложения далеко не однозначна. Мной была подготовлена справка для Главнокомандующего ВМФ, в которой указывалось, что по ряду причин предлагаемое решение утверждать нецелесообразно. В частности, я обратил внимание на то, что в соответствии с проектным назначением этих объектов, для обеспечения надлежащих условий захода в них подводных лодок, основания штолен располагались на несколько метров ниже уровня моря, что создает риск затопления будущего хранилища в случае нарушения герметичности затворов. При возникновении такой ситуации негативные последствия были бы неизбежны. В докладе отмечалось и другое важное обстоятельство, ставшее мне известным после консультаций со специалистами-геологами: скалы (в которых были построены штольни), казавшиеся на первый взгляд монолитными, на самом деле имели многочисленные трещины, сквозь которые в штольни постоянно просачивалась вода (по несколько тонн в сутки), которая резко ухудшала условия длитель-

ного (до 100 лет) хранения отсеков. В докладе отмечались и некоторые другие недостатки предлагавшейся концепции пункта длительного хранения РО. Главнокомандующий прочитал мою записку очень внимательно, вызвал меня и сказал: «Знаете что, я с Вами в техническом плане согласен, но Вы на проблему смотрите только с одной стороны — с технической, а у меня взгляд более широкий. Мы за счет этой работы сейчас загрузим наши проектные и строительные организации, которые остались без работы. В противном случае мне придется их сокращать, увольнять специалистов, а при необходимости потом собрать их будет трудно». Не помогло и мое напоминание об американском опыте решения этой проблемы. К тому времени из разведанных нам было известно, что в США пункт длительного хранения реакторных отсеков развертывается в пустынной местности вблизи города Хэнфорд, штат Вашингтон.

А утилизация уже началась. Штольни не готовы. И начали делать так: берут реакторный отсек, приваривают к нему две емкости (как правило, два смежных отсека АПЛ или специальные емкости плавучести) для того, чтобы можно было на плаву держать, и в результате формируют трехотсечные блоки. Их создали огромное количество. Они болтались, гнили на воде. Я понимал, что надо радикально решать этот вопрос. Высказал мнение, что нужно делать наземное хранилище. Но прислушаться к нам почему-то не хотели.

### **Визит в Хэнфорд**

Леонид Александрович организовал для меня в апреле 1998 г. командировку в США. В ходе этого визита мы посетили американское хранилище в Хэнфорде, где расположен пункт длительного хранения реакторных отсеков утилизированных атомных подводных лодок, и увидели все своими глазами. Мы были одними из первых иностранцев, кого допустили туда. Они просто узнали, кто я такой, и дали допуск. После осмотра хранилища нам организовали посещение некоторых других расположенных в Хэнфорде атомных предприятий, в том числе первого американского промышленного реактора для наработки плутония. Этот реактор давно выведен из эксплуатации и используется в качестве музейного объекта.

Пояснения нам давал заведующий музеем, бывший оператор реактора, участвовавший в его первом физическом пуске. Я обратил внимание на горизонтальное размещение топливных сборок в активной зоне и поинтересовался, почему американцами была принята такая конструкция. Он признал, что это решение было неоптимальным, и они отошли от него только после получения агентурных данных о конструкции советских промышленных реакторов. При этом он несколько искаженным образом произнес хорошо известное им имя советского конструктора Н. А. Доллежалея.

В этом отдельном эпизоде хорошо отражается сила и самобытность конструкторского мышления Николая Антоновича. Несмотря на то, что ему были известны принципиальные компоновочные решения по американскому реактору, он сразу же оценил большие преимущества вертикального раз-

мещения каналов и принял смелое решение отойти от прототипа.

После этого визита уже окончательно был принят курс на создание наземного хранилища реакторных отсеков. Сейчас такое хранилище создано в Сайда-губе на Северо-Западе, в нем уже размещены на твердом основании 54 отсека. Завершается также создание подобного хранилища на мысе Устричный на Дальнем Востоке. В этих двух хранилищах будут размещены на длительное хранение все реакторные отсеки, а также упаковки, образующиеся при утилизации атомных ледоколов и вспомогательных судов атомного флота — плавучих мастерских, танкеров и т. п. Наше сооружение в Сайда-губе, спроектированное и построенное при финансовой и технической помощи Германии, по всем параметрам превосходит американское хранилище реакторных отсеков АПЛ в Хэнфорде, являясь более современным и более эффективным. Надо также отметить, что климатические условия Сайды, расположенной на берегу Баренцева моря за Полярным кругом, значительно отличаются в худшую сторону от условий площадки в Хэнфорде, находящейся в полупустынной местности.

А тогда, в конце 90-х, общего плана — как обращаться с выведенными из эксплуатации АПЛ, их фрагментами и ОЯТ — не было. Тем более не было ясного понимания проблем радиозэкологической реабилитации объектов инфраструктуры. В то время начали разрабатываться отдельные программы утилизации, но они в основном касались узких вопросов, связанных, главным образом, с технологией разделки АПЛ. Такие программы были далеки от рассмотрения проблемы комплексной утилизации АПЛ во всем ее объеме.

### **Разработка Стратегического мастер-плана**

В 90-е годы стало понятным, что при сложившейся экономической ситуации самостоятельно нашей стране решить такую масштабную задачу в приемлемые сроки невозможно, необходимо было привлечь внимание мировой общественности к этой проблеме. С целью решения этой задачи хотя бы на уровне международного научного сообщества мною были инициированы несколько международных научных конференций в рамках российского партнерства с НАТО. Такой, в некотором смысле экзотический, формат был выбран потому, что в программах упомянутого партнерства было предусмотрено целевое финансирование подобных мероприятий. Первая конференция прошла в 1995 году, вторая — в 1997 году, третья — в 2002 году, последняя, четвертая — в 2004 году. Это были очень представительные конференции, посвященные различным актуальным проблемам утилизации АПЛ. В их работе принимали участие представители от 10 до 15 стран. На всех четырех конференциях роль председателя с российской стороны была возложена на меня, а с иностранной стороны председатели менялись — были представители от США, от Франции и от других стран. Я думаю, что, кроме очень полезного обмена опытом и знаниями, эти конференции сыграли определенную роль в том, что в 2002 году на саммите в Кананаскисе «Большая восьмерка» приняла решение об учреждении глобального партнерства входящих в это объединение стран, в рамках которого наряду с ликвидацией



других последствий «холодной войны» предусматривалось участие стран «восьмерки» в решении проблем, связанных с утилизацией выведенного из боевого состава российского атомного подводного флота на Северо-Западе России. Минатом, который отвечал в России за утилизацию АПЛ и реабилитацию береговых баз ВМФ, выстраивая отношения в данной области с иностранными участниками Глобального партнерства, столкнулся с тем, что не все они до конца понимали масштаб, сложность и пути решения проблемы и, следовательно, настороженно относились к выделению технической и финансовой помощи. Поэтому Минатом предложил разработать документ, который бы не только показал все нюансы проблемы, но и дал бы четкое детальное представление о том, что предстоит сделать, какими силами, в какой последовательности, в какие сроки и за какие деньги, а также дал описание тех результатов, которые должны быть получены в итоге. Этот документ был назван Стратегическим мастер-планом, а его разработка профинансирована при поддержке Фонда природоохранного партнерства Северного измерения (ППСИ или NDEP). Первоначально его разработка была поручена трем организациям: Институту проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Курчатовскому институту и НИКИЭТ имени Н. А. Доллежалея, но в ходе работы число организаций-участников выросло до двух десятков. Научное руководство разработкой СМП было предложено мне.

Так получилось, что нам удалось стать головными разработчиками Стратегического мастер-плана. Этот документ конечно во многих отношениях является беспрецедентным и по объему, и по охвату, и по уровню выполнения. Достаточно сказать, что все, что мы делали, рецензировала международная комиссия, в состав которой входили эксперты из 13-ти стран. Возглавлял эту комиссию известный английский ученый лорд Лоуренс Вильямс. Я на этой комиссии четыре или пять раз докладывал результаты всех этапов нашей работы.

Впервые в практике разработки российских планов утилизации атомного флота в СМП были применены современные методы проектного управления и информационные технологии. В ходе разработки СМП были созданы основы специальной Информационной системы управления проектами (ИСУП). С 2010 г. ИСУП находится в промышленной эксплуатации ГК «Росатом» и представляет собой рабочий инструмент, с помощью которого детально отслеживается ход реализации всех работ и в связи с изменяющимися обстоятельствами оперативно вносятся в план необходимые коррективы. Интересно, что накопленный опыт разработки и использования СМП и ИСУП оказался настолько позитивным, что сейчас этот опыт мы применяем уже для совсем других задач, например, для задач, связанных с выводом из эксплуатации радиационно опасных объектов ОАО «ТВЭЛ».

Незаметно пролетают годы, и вот сегодня мы отмечаем уже 6 лет с момента завершения работ над СМП, когда этот документ был в целом одобрен Ассамблеей стран-доноров и утвержден руководителем ГК «Росатом». Прошедшее время подтвердило работоспособность и эффективность разработанной программы в качестве планового документа высшего уровня. СМП определил принципиальные направления и детальное содержание

всех работ в области утилизации. В то же время это живой и гибкий инструмент, учитывающий все значимые изменения, происходящие в ходе реализации программы. Сейчас Стратегический Мастер-план признан образцом решения подобных глобальных задач. Сам термин «Стратегический Мастер-план» уже экстраполируется на многие другие задачи.

Обозревая работу большого и слаженного коллектива с дистанции длиною в 6 лет, я должен сказать, что СМП во многих отношениях является уникальным проектом. Уникальность эта заключается, во-первых, в его высоком статусе, который определяется тем, что Глобальное партнерство инициировано главами стран Большой восьмерки. Этот высокий статус подчеркивает международный уровень значения проекта и определяет степень ответственности всех участников за качество и своевременность всех выполнявшихся работ. Вторая особенность СМП — это масштабность и содержательная глубина проработки проекта, в котором сочетались выполненные в его рамках серьезные исследования по наиболее сложным проблемам и специальные инструменты современного системного стратегического планирования. Этим СМП качественно отличается от традиционных федеральных целевых программ или планов по утилизации, которые обычно разрабатывались у нас на глубину не более 3-5 лет. Третья особенность этой работы заключается в широких масштабах международной кооперации. И, наконец, самое важное — это высокая гуманитарная составляющая роли СМП: мы понимали, что решаем очень важную экологическую проблему и эта проблема далеко выходит за рамки национальных интересов нашего государства, она носит международный характер. Все циркумполярные страны, а также ряд государств, не имеющих непосредственного выхода на Арктический регион, проявили большую заинтересованность в этой работе, так как понимали солидарную ответственность международного сообщества за экологическое благополучие Арктического бассейна, являющегося уникальным природным образованием, планетарной лабораторией климата, стратегически важным перспективным транспортным коридором и богатейшей кладовой углеводородов.

Я и все мои коллеги испытываем чувство удовлетворения от осознания того, что Стратегический мастер-план способствует эффективной реализации проектов по утилизации АПЛ и экологической реабилитации выведенных из боевого состава объектов атомного флота. И те несколько лет, в течение которых мы занимались разработкой СМП, я не считаю зря прожитыми годами.

### **Антипов С. В.**

Мне посчастливилось возглавлять в Минатоме в качестве заместителя министра, а позже в Федеральном агентстве по атомной энергии в качестве заместителя руководителя направление комплексной утилизации АПЛ с 2002 по 2006 годы, годы становления и развития Глобального партнерства. До этого я проработал более 30 лет в Курчатовском институте, имеющем богатейший опыт научной и практической деятельности в самых разных областях, в том числе и в создании и эксплуатации АПЛ. Поэтому когда возникла необходимость разработки масштабного всеобъемлющего докумен-

та, глубоко, полно и объективно описывающего проблемы комплексной утилизации АПЛ и пути их решения, дающего всем участникам процесса, в том числе и иностранным, полное представление о необходимой логике действий, возможностях инфраструктуры и дополнительных потребностях, я приложил немало усилий, чтобы «впрячь в одну птицу-тройку», которая бы смогла потащить разработку такого документа, трех норовистых породистых «рысаков». Это опытный НИКИЭТ, который занимался научно-технологической поддержкой проблемы утилизации АПЛ в Минатоме, маститый независимый Курчатовский институт и молодой амбициозный академический ИБРАЭ. А возглавить научное руководство предложил вице-адмиралу академику Ашоту Аракеловичу Саркисову. И эта комбинация сработала! Она была с воодушевлением принята и всеми российскими участниками проекта, и зарубежными партнерами, что в значительной степени предопределило успех работы. Стратегический мастер-план — большой документ, который решал проблемы планирования в области комплексной утилизации атомных подводных лодок всеобъемлюще, со стратегическим подходом, до достижения конечной поставленной цели. Он оказался очень востребованным, полезным для всех, кто к нему имел отношение. Это и иностранные инвесторы, и наши структуры: военные, росатомовские, судпромовские, региональные. Более того, многим структурам, не связанным с утилизацией АПЛ, столкнувшимся с необходимостью решать масштабные, дорогостоящие, разветвленные проблемы в области радиационной безопасности и вывода объектов из эксплуатации с многочисленными участниками, разбросанностью объектов, захотелось этот метод стратегического планирования примерить на себя. Мы стараемся всем помочь решить эти проблемы. Ведь сейчас моя должность и называется «заместитель директора ИБРАЭ по вопросам стратегического планирования в области ядерной и радиационной безопасности». Так, мы разработали и реализуем Стратегический план повышения радиационной безопасности на объектах РАН, Основы стратегии и приоритизацию проектов по выводу из эксплуатации объектов ТК «ТВЭЛ», разрабатываем Стратегию развития ФГУП «РосРАО». Но, все-таки, основой нашей деятельности остается сопровождение реализации СМП, точнее — информационно-аналитическая поддержка управления реализацией СМП.

Ведь Стратегический мастер-план должен быть живым, так как в него включено более 200 проектов на срок более 30 лет, проблемы разбросаны по десяткам предприятий, и все это увязано в единую логическую картину. Практически каждый проект СМП связан с другими проектами логикой выполнения работ — какие-то работы невозможно начинать, не завершив предшествующие; в других случаях два проекта должны быть завершены практически одновременно, чтобы работа имела смысл. Я часто привожу пример — иностранные партнеры нам построили специальное судно для вывоза отработавшего ядерного топлива и отходов из губы Андреева и из других объектов. Если судно построено к 1 января этого года, а пирса, куда он должен пристать, на этом объекте нет — оно будет болтаться без дела, значит, средства были потрачены неэффективно. Надо очень четко синхронизовать выполнение всех проектов. К моменту прихода судна пирс должен

быть готов. И все остальное должно быть готово к тому моменту, когда нужно начинать вывозить топливо, иначе судно будет стоять еще 2 года.

Эта логическая картинка — живая: выделяются деньги, какие-то проекты выполняются, некоторые идут впереди, другие отстают. Если не корректировать общий план, то уже через год он будет от жизни так далек, что пользы от него будет ноль. Поэтому очень важна постоянная актуализация данных. Для этого была разработана, или лучше сказать адаптирована существующая международная система — информационная система управления программой. ИСУП — это программно-аппаратный комплекс, краеугольный камень реализации СМП. В него ежемесячно заносится полная информация о реализуемых и готовящихся проектах, о прогрессе в выполняемых работах. Информация к нам поступает на специально разработанных бланках — «паспортах проекта» — и вносится в ИСУП нашим сотрудником Людмилой Ботян. Программа эти данные обрабатывает и показывает наглядным образом, где мы отстаем, где у нас критические точки и зоны риска. Цель всего этого стратегического планирования — максимально эффективно использовать ресурсы. Деньги истратить легко, нужно их так тратить или нет — другой вопрос. Это особенно важно в характерной для СМП ситуации, когда средства для логически связанных работ поступают от разных стран-доноров, у каждой из которых есть свои собственные интересы и ограничения. Каждый месяц мы выдаем аналитический отчет из ИСУПа руководству Росатома для принятия управленческих решений.

ИСУП позволяет отслеживать весь ход работ достаточно наглядно и корректировать сам план, корректировать финансирование, корректировать исполнителей и так далее. Этим у нас занимаются Михаил Натанович Кобринский и Павел Алексеевич Шведов.

### **Шведов П. А.**

В ИБРАЭ я пришел после окончания военной службы, когда был уволен на пенсию в 50 лет и переехал с Дальнего Востока жить в Подмоскowie. На Дальнем Востоке занимался всю жизнь эксплуатацией атомных подводных лодок, с первого дня до последнего. Заканчивал службу флагманским механиком соединения атомных подводных лодок. У Ашота Аракеловича я учился в училище, но не непосредственно у него. Он в то время был заведующим кафедрой атомных реакторов. Один из моих товарищей по училищу был здесь в Москве начальником службы перезарядки атомных реакторов. Он меня в ИБРАЭ и рекомендовал. Встретился с Ашотом Аракеловичем, и после беседы с ним я оказался в институте.

Мы тогда занимали одно здание, второе пристраивалось. Здесь как раз начиналась работа по анализу безопасности объектов военно-морского флота, это было в 1999 году, и меня взяли на эту работу. Потом появилась работа по СМП, по комплексной утилизации объектов атомного флота. Я в этом проекте возглавил одну из групп, которая занималась непосредственно проблемами утилизации атомных подводных лодок. Когда работа завершалась, я был одним из тех, кто формировал итоговый отчет во всех его трех версиях: основная, краткая и тонкая брошюра.

У меня до сих пор самые приятные впечатления от того, что я работаю в этом коллективе почти пятнадцать лет. Большую часть времени я занимался проблемами утилизации, выводом из эксплуатации объектов атомного флота. Сейчас я заместитель заведующего отделом. Я курирую СМП. Он развивался, его необходимо было постоянно обновлять и корректировать. Для этого была создана система управления программой (ИСУП). Она была доработана также по дополнительному контракту с Европейским банком реконструкции и развития. Здесь я уже работал совместно с Михаилом Натановичем Кобринским. После этого система была принята в промышленную эксплуатацию в рамках проекта по комплексной утилизации Госкорпорацией «Росатом». И до сих пор эксплуатируется. Сейчас я этой работой занимаюсь. В основном на мне организационная работа в этом контракте, а Михаил Натанович Кобринский у нас занимается его компьютерной и программной частью.

У нас в информационной системе заложена вся программа утилизации и все изменения, которые сейчас возникают. Возникают новые решения, новые шаги, новые контракты, проекты. Все это мы вносим, анализируем и выдаем рекомендации. Сами лодки уже утилизировали, но остались например береговые технические базы, где проводились перезарядки, там не вывезено... По оценке, на Губе Андреева более сотни активных зон еще находятся и содержатся в аварийных хранилищах. Уже с 2015–2016 года собираются начать вывоз, там идут активные работы по строительству комплекса обращения с ОЯТ. А потом еще и сама реабилитации территорий. Сам СМП, когда мы его разрабатывали, предполагал завершение всех работ к 2020–2025 году. А учитывая, как нерегулярно у нас бюджетные средства выделяются и то, что сейчас иностранная помощь почти уходит — и еще позже. Закончилось десятилетнее соглашение по группе G8, партнеры уходят. Осталась только Германия, которая достраивает комплекс кондиционирования и долговременного хранения РАО на Севере, Италия, Норвегия. Франция заканчивает выделение средств этом году, Англия уже закончила два года назад. Все на плечах России, но некоторые проекты, которые до 20-го года должны были закончиться, уже запаздывают. Придется еще одну программу делать.

### **Кобринский М. Н.**

К проекту по разработке СМП я имел некоторое отношение еще с 2004 года, когда по контракту с Росатомом и при финансировании Фондом ЭПСИ под управлением ЕБРР начался первый этап этой работы. Фактически на этом этапе были собраны почти все необходимые данные, чтобы начать полноценную разработку плана. Были идентифицированы проблемы, определены узкие места — это был документ, имевший самодовлеющую ценность. Моя роль на этой стадии была второстепенной — я занимался оформлением итогового отчета и переводил значительную часть материалов на английский. Переводчик, как правило, поневоле является первым и наиболее внимательным читателем текста — иначе перевод будет неадекватным. Поэтому к началу второго этапа я уже немного понимал суть той работы, которой занимались мои коллеги под руководством Ашота Аракеловича.

Финансирование второго этапа было на порядок больше, несколько миллионов евро, и задача ставилась так, чтобы работы выполнялись по высшим международным стандартам науки управления проектами. Требовалось создать некую всеобъемлющую программу, которая позволила бы достичь конечной цели — ликвидации «ядерного наследия» атомного флота в акватории Ледовитого океана и отследить ход решения всей проблемы в целом. Частью всего этого проекта должна была стать информационная система поддержки управления, база данных с анализом ситуации и поддержкой принятия решений по управлению, финансированию и прочее. По-видимому, был какой-то замысел, чтобы потом, на стадии реализации всей этой огромной программы, в ИБРАЭ будет работать некий Центр по поддержке управления: будут работать люди, получать, обрабатывать, вводить какие-то данные, проводить анализ и давать рекомендации первым лицам Росатома, которые за все это отвечали. И лучшего помещения для всей этой команды, чем 410 комната, где на тот момент я сидел в полном одиночестве, но зато со всем нашим типографским оборудованием, не нашлось. Меня выселили для начала во второй корпус, где сейчас серверная. А в 410-й тогда сделали ремонт, разгородили ее на клетушки, и комната приобрела нынешний вид.

По правилам ЕБРР, в проекте с таким большим финансированием непременно должен участвовать международный консультант, который выбирался на конкурсной основе. При этом в условиях тендера было указано, что этот консультант непременно должен быть консорциумом из двух организаций с серьезной репутацией в этой области: одна организация непременно из США, другая — непременно из Европы. Консорциум, который занял первое место по результатам конкурса, внимательно оценив объем работ и объем финансирования, отказался от контракта. Поэтому пришли работать те, кто занял второе место. Это был консорциум американской фирмы «Флюор» (это фирма с миллиардными оборотами, занимавшаяся, в частности, реабилитацией ядерных объектов, американской площадки оборонного значения, где производилось ядерное оружие) и «Бритиш Нуклеар Группс» (они также занимались реабилитацией ядерных объектов в Англии, имели большие практические навыки в этой области и достаточно высокого уровня экспертов). Позже БНГ сначала продали, а потом расформировали. Был нанят как фрилансер человек по имени Джон Вильямс, по образованию математик, служивший в США на подводной лодке, а потом в Госдепартаменте и, возможно, в разведке. Очень хороший специалист, мы с ним подружились. Он был главным мозговым центром группы, а ее руководители менялись. Для группы был арендован офис в здании Зарубежатомстроя.

До поры до времени этим переселением и ограничивался мой вклад в разработку СМП. Команда, занимавшаяся собственно разработкой, состояла из более чем полусотни человек, объединенных в несколько подгрупп: собственно коллектив «подводников» ИБРАЭ и специалисты из других институтов. Были люди из НИКИЭТа, из Курчатовского института, из Петербурга. Для того чтобы создавать систему поддержки управления (ИСУП), был приглашен человек из Зарубежатомстроя в качестве ее главного идеолога и архитектора. У него был опыт работы аналитика при строительстве

атомных станций, он умел создавать такие системы. Человек не без странностей, у него был довольно причудливый характер. Всего через год после начала работы над проектом он до такой степени рассорился со многими участниками, с нашими сотрудниками, «курчатовцы» на него спокойно смотреть не могли, НИКИЭТовцы едва терпели. В итоге руководители подгрупп обратились к Саркисову с тем, что терпеть это больше невозможно, Саркисов тоже относился к нему крайне настороженно. В итоге Ашот Аракелович обратился к Большову с настоятельной просьбой решить проблему. Далее Большов и Саркисов одновременно пришли к выводу, что Кобринский может тут оказаться полезен. В итоге была предложена моя кандидатура, что всех устроило. Я в этот счастливый момент был где-то в другом учреждении, начальники мне позвонили — ну, что откладывать! — и велели быстро приезжать. По-моему, сидели мы у Саркисова в кабинете, где мне изложили всю ситуацию. Оба руководителя сказали, что, с одной стороны, для меня это область новая, но с другой — там надо структурировать, организовать информацию, а все будут старательно оказывать мне всяческую поддержку, и вот положение такое, что кроме меня вроде и некому. Я хотел сказать: «Ну, хорошо. Я подумаю», но успел только произнести «Ну, хорошо...» На что последовала реакция «Я знал — ты нас не подведешь! А, кстати, у нас вот сейчас, минут через 15 первая встреча с международным консультантом. И мы тебя представим как руководителя этой группы. И разговаривать вы будете на одном языке. А предыдущего руководителя бери к себе в подчинение, он у тебя будет работать, если подойдет». Пришлось начать почти с чистого листа. Я тогда в этой проектной науке не много понимал, потом посетил ряд занятий, получил о ней первичное представление. Сейчас позиционирую себя как крупного специалиста в этой области, хотя практически ничем не управлял, знаю только теорию.

Установив контакт и с командами подгрупп, и с международным консультантом, я где-то через месяц начал понимать, чем, собственно, руководжу и что надо сделать. А предшественнику своему я долгое время какие-то конкретные задания давал. Он приносил результаты своей работы, ходили мы с ними к Большову. Большов говорил: «Это для кого вы делаете? Это не для нас, для каких-то совсем иных целей». А потом этот товарищ стал (что меня, честно говоря, сильно насторожило) приносить какие-то полуготовые проекты документов, ссылаясь на то, что он у неких людей в Росатоме получил к ним доступ и копировал эти бумаги. Я задумался: если он из Росатома к нам что-то носит, кто гарантирует, что он от нас что-то куда не понесет? Зачем это нам надо? Стало понятно, что с ним необходимо расставаться, и он ушел. Никаких серьезных претензий в мой адрес он не высказывал, потом несколько раз приходил, рассказывал, что он стал консультантом в комитете Госдумы по безопасности и обороне (не помню точно), в общем, как-то процветал. А я таким образом попал в группу разработки ИСУП в качестве руководителя. Потом меня привлекли к созданию системы управления рисками (такой раздел тоже должен был присутствовать в СМП), практически дыру мной заткнули, потому что никто, включая меня, не понимал, как именно этим нужно заниматься. Эту работу мы выполнили вдвоем с Джоном Вильямсом. Я приходил к ним в офис, мы обсуждали какие-то

вопросы, и новый подход к управлению рисками мы с ним вместе придумали. Сначала, поскольку я пока не понимал, каким образом это надо строить, я высказал идею: а почему бы эту проблему не решить наподобие конструктора «Лего». Конечно, каждая задача уникальна, но они все построены как из кубиков из какой-то совокупности элементарных процессов. Если надо что-то построить или, наоборот, сломать, разработать некую документацию или провести обследование — примерно такие элементарные процессы. И в каждом из этих процессов можно определить свои риски, потом все это сложить вместе, может, что-то добавится от необычного сочетания этих процессов. Сначала Джон сказал, что так делать нельзя. На следующий день он сказал, что подумал, и только так и можно и даже нужно делать. И мы с ним за какое-то время сделали реестр типичных процессов и реестр типичных рисков в каждом процессе. Каждый риск нужно сначала оценить, потом разработать стратегии его смягчения или предотвращения. Все это мы проделали, потом выбрали из тех проектов СМП, в которых был понятен объем работ, представительную выборку, на ней опробовали, и все это вошло в отчет. Разработанная методика оказалась работоспособной, я ее даже потом реализовал в виде программы. Наша работа была, на удивление, принята с блеском экспертной группой при Европейском банке. Потом она представлялась в Ядерном операционном комитет Фонда.

Мы сумели сэкономить средства, выделенные на закупку оборудования и программного обеспечения ИСУП, и использовали их на проведение опытной эксплуатации системы. Ее надо было оптимизировать — еще около года мы работали над этим проектом — и приспособить для использования в русскоязычной среде. Основное ядро системы изначально было поставлено англичанами и американцами. Они, как выяснилось, пребывали в убеждении, что никакого языка, кроме английского, не бывает. В системе ими была создана как бы двуязычная среда, был установлен переключатель русский/английский. Включаешь английский — все надписи на экране английские, включаешь русский — все надписи русские. Есть механизм, позволяющий вносить изменения, и механизм, снабжающий дополнительным переводом новых терминов. Неизменяемые части экранных форм и отчетов были, таким образом, двуязычными, но в основной части, в содержании таблиц базы данных все только на одном языке, поэтому их усилия оказались бессмысленными. Но главное, что один из элементов этой системы, «Майкрософт Проджект», инструмент календарного планирования и анализа хода рабочих процессов и рисков, оказался чувствителен к системному языку. И международный консультант установил, естественно, англоязычную версию, которая вела себя крайне подло. При вводе русского текста программа безмолвно все сохраняет, но потом, когда данные из базы извлекаются, вместо русских букв стоят одни вопросительные знаки. Работать просто невозможно. Пришлось всю систему переустанавливать, и еще год я доводил ее до удобопотребимого состояния.

Разработка СМП была первым грантом Фонда ЭПСИ, а сейчас их уже больше десяти. Но наш стал первым, который был полностью успешно завершен и сдан Заказчику, и долгое время он оставался единственным. В остальных, как ни странно, все время выявлялись какие-то недоделки.



Второй грант был по проекту реабилитации базы в Гремихе, его Курчатовский институт разрабатывал. Тоже хорошая была работа, только продолжалась дольше. Когда работа по первому гранту была завершена, году в 2009, встал вопрос о том, что надо убедить Росатом пользоваться нашими работами. В институте было организовано большое демонстрационное заседание, приезжали два тогдашних заместителя Кириенко — Евстратов и Ельфинова, с ними заинтересованные руководители подразделений и их сотрудники, я демонстрировал «живую» ИСУП. Нам удалось убедить Росатом в полезности нашей разработки, в необходимости ее внедрения. Система была принята в промышленную эксплуатацию. Вот уже с 2010 года каждый год ИБРАЭ пролонгирует договоры с Росатомом о сопровождении проекта, мы регулярно подаем аналитические отчеты, где особое внимание уделяется проблемным и «узким» местам. Мне часто приходится выступать на совещаниях в роли своеобразной Кассандры, которая все время говорит: «А Троя-то у вас падет...»

### **Ильющенко Г.Э.**

Я с отличием окончил Севастопольское училище, которым тогда руководил Ашот Аракелович Саркисов. Потом был большой путь испытания новой техники — атомных лодок нового поколения, участвовал в постройке и испытаниях лодок 949 проекта, я отслужил на севере, после аварии на корабле перешел по состоянию здоровья на работу в Адмиралтейство. Еще на флоте я занимался научной работой. Сначала я был начальником учебной экспериментальной лаборатории по взрывам, пожарам и затоплениям, занимался научно-педагогической деятельностью, потом защитил диссертацию, стал доцентом, мои разработки были направлены на бортовые системы информационной поддержки для лодок нового поколения. Позднее меня пригласили в качестве преподавателя на кафедре живучести в Военно-морском инженерном институте в главном Адмиралтействе.

В ИБРАЭ пришел в 2005 году, когда началась очень большая программа разработки СМП. Ашот Аракелович пригласил меня на участие в этом проекте, и я, оценив его возможности и перспективы, переехал из Питера в Москву. Я был назначен помощником Саркисова по СМП, помимо этого мы с Р. И. Калининским занимались подготовкой отчетных материалов, я курировал исследование по проблемным зонам, по обращению с отработавшим ядерным топливом, по хранилищам, где требовалась определенная аналитическая работа. В процессе нашей работы возник серьезный организационный аспект — взаимодействие с Международным консультантом. Это группа очень грамотных специалистов из США и Великобритании, они здесь курировали нашу работу, осуществляли контроль и приемку. Офис международного консультанта находился на Чистых прудах. Там постоянно бывало 4-5 специалистов, бывало до 15, там проходили все переговоры при сдаче этапных отчетов, решали все проблемы.

Я возглавлял офис международного консультанта, курировал вопросы взаимодействия международных консультантов с нашими учеными, передачу информации.

## **Создание систем радиационного мониторинга и кризисных центров аварийного реагирования**

**Саркисов А. А.**

Направление, связанное с созданием систем радиационного мониторинга и с кризисными центрами аварийного реагирования в различных регионах, в институте возникло нестандартно, неожиданно, поскольку Институт никогда не занимался подводными лодками и вообще вопросами радиоэкологической реабилитации, но мое пребывание здесь сыграло определенную роль.

Это направление возникло из работ, связанных с утилизацией АПЛ. Когда мы разрабатывали Стратегический мастер-план, в него включили все работы, касающиеся непосредственно утилизации атомных кораблей и экологической реабилитации баз, обслуживающих эти корабли.

В Стратегическом мастер-плане я проводил идею, что обязательно надо построить в регионе систему мониторинга и аварийного реагирования с тем, чтобы осуществлять непрерывный контроль и в случае возникновения нестандартных аварийных ситуаций информировать общественность и реагировать адекватным образом.

Мы хорошо знаем, как такие эпизоды умело используются «зелеными» для того, чтобы восстановить общественность против дальнейшего проведения работ. Поэтому я считал очень важным, чтобы все необходимые работы проходили под строгим радиационным контролем и чтобы были развернуты специальные системы, которые в случае возникновения радиационных инцидентов, способствовали бы принятию адекватных и своевременных решений.

Отношение Ассамблеи стран-доноров к этому предложению, естественно, было очень прохладным, поскольку они знали, что это не было непосредственно связано с утилизацией атомных подводных лодок и тратить деньги на создание каких-то систем мониторинга было бы непрофильным расходованием средств, выделенных странами «Большой восьмерки» и другими странами-донорами на работы по утилизации. Сам перед собой я поставил задачу убедить их в обратном.

Первые мои беседы, к сожалению, оканчивались недопониманием важности этой проблемы, поэтому я подготовил специальное выступление на очередной сессии контактной экспертной группы (КЭГ) МАГАТЭ в Кадараше (Франция). Руководители КЭГ сомневались в том, нужно ли ставить этот вопрос в повестку дня, но я их убедил в том, что такой вопрос надо поставить, и выступил там с сообщением. И, к моему удивлению, после того, как я им рассказал суть дела и показал крайнюю актуальность и необходимость создания таких систем, они отнеслись к этому очень, я бы сказал, живо, с пониманием, и в решении было записано, что КЭГ поддерживает предложение о создании таких систем и считает, что эти системы должны создаваться в рамках Стратегического мастер-плана, то есть в рамках совокупности всех работ по утилизации.

С этого, собственно, все и началось. Когда уже верстали окончательный план, были согласованы соответствующие суммы на создание таких систем,

и первую такую систему создали в Мурманской области. Наши сотрудники из подразделения, возглавляемого И. А. Осипьянцем, взяли на себя ответственность за создание этой системы, поскольку это была близкая для них работа. При согласовании проекта они действовали, естественно, в контакте с региональной администрацией, выступавшей в роли Заказчика, и с иностранными спонсорами. Проект был согласован, и такая система была создана. В эксплуатацию ее принимали при участии специальной миссии МАГАТЭ, которая дала высочайшую оценку ее эффективности. Она оказалась настолько эффективной, что в дальнейшем Ассамблея стран-доноров Фонда ЭПСИ одобрила и поддержала идею создания подобной системы в Архангельской области. В дальнейшем решили использовать накопленный опыт в создании подобных систем в других регионах, где имеются радиационно опасные объекты. И дело начало разрастаться как снежный ком. В результате были созданы и продолжают создаваться системы в ряде других, расположенных далеко от мест утилизации атомных подводных лодок, ядерных регионах, и эта работа ширится и развивается. Так возникло это направление, которое сегодня живет и которым занимается много сотрудников нашего института. Опыт эксплуатации этих систем показал их исключительную актуальность, полезность, и это стало понятным и руководителям регионов. Они получили в руки инструмент, с помощью которого они получают не только информацию о радиационной обстановке в своем регионе, но и рекомендации по порядку действий в случае возникновения тех или иных нестандартных ситуаций, связанных с ухудшением радиационной обстановки в тех или иных точках региона, а также средства обучения и тренировки ответственного за безопасность персонала.

### **Арктика: проблемы экологии, экономики и энергетики**

#### **Саркисов А.А.**

Последней моей заботой, которой я посвящаю много времени, является решение проблемы радиоэкологической реабилитации арктического региона в целом. Если Стратегический мастер-план решил радиационные проблемы, связанные с утилизацией подводных лодок, то это еще не означало, что решены все вопросы радиационной реабилитации в арктическом регионе. Дело в том, что очень много радиационно опасных объектов оставалось на дне моря и вне рамок программы Стратегического мастер-плана.

Начиная с пятидесятых и до середины восьмидесятых годов, СССР проводил массовые захоронения радиоактивных отходов путем сбрасывания их в моря. Причем этим занимались не только мы, занимались и другие страны: Соединенные Штаты, Япония, Франция. Но по масштабам количества затопленных объектов, по их концентрации в одном месте, по их суммарной активности, наши затопления резко выделялись в ряду затоплений, которые проводили другие страны. Другие страны, как правило, захоранивали свои РАО на больших глубинах в мировом океане и достаточно рассредоточенно. А мы подавляющее большинство захоронений осуществили в Карском море восточнее островов архипелага Новая Земля. Глубины там очень неболь-

шие — 30–70 метров. Вот на таком мелководье были затоплены: целая подводная лодка, шесть активных зон, содержащих ядерное топливо, реакторные отсеки, суда, содержащие твердые радиоактивные отходы и, наконец, огромное количество — десятки тысяч — контейнеров, содержащих твердые радиоактивные отходы.

В 1972 г. была принята Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (Лондонская конвенция), к которой СССР присоединился в 1976 г. После принятия резолюции участников конвенции в 1983 г., все страны объявили мораторий на затопления радиоактивных материалов в море и фактически их запретили. С тех пор не очень цивилизованную практику захоронения РАО в морях прекратили. Но то, что к тому времени уже затопили, было очень масштабно. Примерно половина всего богатства мирового, которое затоплено, — это Россия.

До поры до времени все это лежало и даже являлось секретным материалом: секретным было все, что касалось этих захоронений. Но в начале 90-х годов, когда все секреты перестали быть секретами, «зеленый» эколог Яблоков из чисто политических соображений раздул эту проблему, добился у Ельцина создания правительственной комиссии, которую сам и возглавил. Этой правительственной комиссии были переданы все данные о затоплениях, которые к тому времени имелись. На основании этих данных комиссия в 1993 г. издала «Белую книгу» (БК-93), в которой было описано все, что им было известно в этой части.

Эта «Белая книга» использовалась как инструмент против советского режима: вот такой кровавожадный советский режим, который не считался ни с чем и так нецивилизованно себя вел. Когда Яблоков добился своих политических целей, поднялся шум, потом постепенно шум куда-то исчез, интерес к этой проблеме как-то пропал, и у него интерес пропал — спекулировать дальше на этой теме ему было не очень выгодно, он искал уже другие темы. Про затопления забыли.

### **Высоцкий В.Л.**

«Белая книга 2000» — это большой научный труд, обобщающий многие исследования, связанные с загрязнением морей и океанов, окружающих Россию. Ее инициатором и создателем был выдающийся ученый Юрий Васильевич Сивинцев из Курчатовского Института профессор, доктор физико-математических наук. Он посвятил, наверное, лет 7 или 8 написанию этой книги, там большое количество авторов, и я соавтор по вопросам радиоэкологии, которые были связаны с Дальним Востоком. В течение почти 20 лет я был научным руководителем этих исследований, фактически возглавляя эти работы на Дальнем Востоке. «Белая Книга 2000» — труд энциклопедического характера, содержит около 500 или 600 ссылок на литературу, она гораздо полнее и обоснованнее дает представления о деятельности нашего атомного флота в Северном регионе и Дальневосточном регионе (включая ледокольный флот на Севере) и о последствиях этой деятельности. До этого в 1993 году вышла «Белая книга» БК 93, которую приписывают Яблокову, известному у нас «специалисту» по атомной энергетике. При Ельцине он был советником по экологии. Он организовал сбор информации, в то время

секретной, и я даже участвовал в этом, получив указания подготовить материалы в секретной форме. А через 3 месяца вдруг все материалы оказались рассекреченным, книга вызвал большой шум, потому что вопросы захоронения радиоактивных отходов, состояние радиационной обстановки — это не праздные вещи, они могут вызвать необоснованное беспокойство у населения, особенно у людей, не знающих опасностей или рисков в этой области.

Белая книга 2005 года, которая называется «Белая книга 2000», но фактически была опубликована только в 2005 году: в течение 5 лет не было денег на ее публикацию. Параллельно со сбором информации для БК 2000 проводились многие исследования, связанные с проблемами захоронения радиоактивных отходов, загрязнением морей и океанов.

### **Саркисов А. А.**

Когда мы заканчивали работы над Стратегическим мастер-планом, я попросил наших разработчиков обязательно включить в СМП соображения по дальнейшим работам, направленным на окончательную радиоэкологическую реабилитацию Арктики, поскольку Арктика, я уже видел, играет все возрастающую роль, по крайней мере, по двум причинам. Первая причина — это глобальное потепление, которое привело к открытию Северного морского пути в течение большей части года, и вторая — там были обнаружены огромные запасы углеводородов, и начались уже разведочные работы и их добыча в этом регионе.

Естественно, на этом фоне оставлять затопления навечно было совершенно недопустимо. Я после 90-го года начал последовательно выступать на разных международных и российских конференциях с целью привлечь внимание к решению этой проблемы. Уже прошло 20 с лишним лет. Вначале тоже встречал довольно прохладное отношение к проблеме, потому что никому не хотелось с ней возиться. Росатом, который взял на себя ответственность за утилизацию подводных лодок, абсолютно не жаждал новой работы, тем более такой для себя непрофильной — связанной с подъемом со дна моря объектов, находящихся в очень тяжелом техническом состоянии, с ядерным топливом и т. д. Так что Росатом инициативы не проявлял.

Я инициировал письма в Правительство от Академии наук, их подписывал вице-президент РАН Николай Павлович Лаверов. Это одна линия — расквашивать свои власти. И одновременно, по-моему, семь раз, выступал на всевозможных международных конференциях, пять раз на заседаниях Контактной экспертной группы МАГАТЭ, с тем, чтобы привлечь внимание других стран. Постепенно люди поняли, что надо эту проблему решать.

Тем более что были выявлены затопленные объекты, которые представляют реальный риск. И первый из этих наиболее опасных объектов — это, конечно, подводная лодка К-27 с двумя реакторами, один из которых в аварийном состоянии. Расчеты, проведенные физиками Физико-энергетического института, показали, что в случае попадания воды в активную зону реактора (причем небольшого количества воды — 5–7 литров и даже меньше) там может возникнуть самоподдерживающаяся неуправляемая цепная реакция, и вспышка, которая выбросит в воду большое количество радионуклидов.

Это немного перепугало и международную общественность, и наше руководство. К сожалению, наше правительство до сегодняшнего дня хотя и реагирует и понимает важность этой проблемы, но принимает очень непоследовательные решения.

Вначале решение проблемы было возложено на Минприроды, которое не имеет никакого опыта работы в данном направлении. Два года потеряли по существу впустую, потому что так ничего сделано и не было. После этого нам удалось уговорить Росатом, чтобы тот взял на себя функции головной организации. Было издано соответствующее постановление возлагающее решение этой задачи на Росатом.

Через некоторое время появилось другое постановление правительства, которое возлагает ответственность за решение проблемы на Минрегионразвития, которое вообще к этому никакого отношения не имеет. В общем, на сегодняшний день в нашем правительстве создалась довольно путаная ситуация.

Так или иначе, мы так и не понимаем сегодня, кто командует. То руководство поручалось Рогозину как вице-премьеру России, то Совету Безопасности. Последние по времени бумаги: Кириенко издает приказ и требует немедленно заняться этим вопросом. А параллельно имеется указание Минрегионразвития. В общем, полный параллелизм, путаница и непоследовательность пока.

Я думаю, что в ближайшее время мы разберемся во всей этой макулатуре с тем, чтобы показать реальное состояние дел и потребовать от правительства все-таки принимать меры. Все институты и специалисты уже настроены.

Я считаю наиболее важной задачей разработку такого же всеобъемлющего плана, как СМП. Возможно, по периоду времени реализации и по объему работ он не должен быть таким большим, но по духу должен быть таким же — планом, который проанализировал бы эту проблему в целом. На основании такого исследования сразу станет понятно, какие объекты являются потенциально наиболее опасными, какие объекты вообще есть смысл поднимать и в какой последовательности, какие объекты поднимать нет смысла, а есть смысл перевезти в более глубокое место и утопить, какие объекты вообще не трогать, а оставить, дать им догнывать до конца дней своих. Вот такая работа требуется.

Но пока в Российской Федерации не будет четкой организации, четкой линии ответственности за решение этой проблемы, и движения вперед не будет. Интерес обозначен, различные решения есть. Во всех решениях говорится, что проблема важная — это уже большое дело, что нам удалось «сдвинуть» мозги.

Я глубоко убежден, что проблема будет решаться, она никуда не денется. Удалось сдвинуть с места эту массу. Все сейчас пришло в какое-то движение, проявляются определенные интересы, инициативы, появляются предложения. С нашей стороны здесь будет работать целая кооперация — это мы, Курчатовский институт, Физико-энергетический институт, НИКИЭТ и другие организации, естественно, все предприятия северного региона, которые должны будут поднять и утилизировать поднятые объекты, и т. д.

Эта работа, естественно, по объему и по масштабу меньше, чем утилизация атомного флота, но она очень серьезная и очень по-своему масштабная. Я буду считать свою задачу решенной, когда нашим правительством будет сделан первый шаг: выделены ассигнования и в плане будет обозначено, что начиная с такого-то момента надо делать то-то и то-то. Сейчас все усилия наши направлены именно на это.

### **Антипов С.В.**

Как уже отмечалось выше, основная тематика и основная направленность нашего отдела — это разработка и реализация Стратегического мастер-плана комплексной утилизации. Когда мы говорим «комплексная утилизация», мы охватываем всю широту спектра атомного флота. Но реально у нас не получилось этого сделать, выпали из рассмотрения атомные ледоколы, потому что финансирование утилизации АПЛ шло по военной линии, а это гражданские суда. И структура эта (Атомфлот) существовала отдельно от Росатома, лишь в 2008 г. она вошла в его состав. Поэтому мы имели в виду, что в будущем нужно будет дополнить СМП неким разделом по атомным ледоколам.

Потом возникла проблема с затопленными ядерно и радиационно опасными объектами. В Арктике затоплено 8 объектов с ядерным топливом, есть и целые подводные лодки, есть и отдельные реакторные блоки, и реакторы, извлеченные из отработавших лодок, есть крупные конструкции: крышки реакторов, экраны, элементы паропроизводящих установок. Таких крупных конструкций более 700 штук, а кроме того затапливали и твердые радиоактивные отходы, и жидкие. Жидкие сливали в море, их разнесло, и о них и вспоминать-то нечего, а твердые затапливали в разном виде: либо набивали целые баржи, угоняли в нужный квадрат и там затапливали, либо сваривали металлические контейнеры два на два метра и их тоже затапливали. Таких объектов более 17 тысяч. Подобная практика в мире была общепринятой в середине 20 века. С сегодняшних позиций это неприемлемо. Во-первых, это (загрязнение океана) нехорошо с точки зрения экологии вообще, во-вторых, сейчас Арктика все более и более осваивается: как транспортная коммуникация Северный морской путь играет все большую роль, и как поле добычи углеводородов и других полезных ископаемых. Там начинаются разведочные буровые работы, в частности Роснефть получила три лицензионных участка для разведки и бурения в Карском море. Нас попросили сделать заключение, опасно ли или нет там бурить. Когда мы наложили на карту координаты этих участков и координаты затопленных объектов, оказалось, что некоторые объекты прямо попадают на эти участки или находятся на границе, поэтому можно случайно попасть буром. Мы инициировали обращение вице-президента РАН Н. П.Лаверова к президенту РФ о необходимости решения проблемы затопленных объектов. Было и обращение в правительство. Но несмотря на положительные резолюции и всяческие поручения в связи с этим, общей координации и какой-то целенаправленной деятельности в данной области пока не происходит. То поручение одному министерству дается, то другому, то третьему... и никому неохота на себя эту проблему взваливать, в том числе Росатому.Сейчас наметилась некоторая

активность в этом вопросе со стороны Еврокомиссии, которая собирается объявить тендер на проведение исследовательской работы по определению рисков, исходящих от затопленных объектов, возможного их воздействия на окружающую среду, определения приоритетов при решении данной проблемы. Мы в кооперации с представителями Франции, Италии и Норвегии попытаемся получить этот заказ и выполнить вышеуказанную работу. Может быть, это сдвинет с места и решение данного вопроса внутри России.

Ну и, в общем, у семи нянек дитя без глаза. Хотя мы не отчаиваемся, продолжаем внимание к этим вопросам привлекать, в том числе мировой общественности. Потому что международный голос, он громче, его лучше услышат.

### **Билашенко В. П.**

Я пришел в Институт по приглашению А. А. Саркисова. Придя в ИБРАЭ, он начал листать свои записки и вспоминать тех выпускников, с которыми ему было бы интересно работать. Вспомнил и меня. На военной службе я подготовил и защитил диссертацию на актуальную тему как раз по совершенствованию работы атомной установки подводной лодки, так что сюда я пришел с некоторыми задатками для научной работы.

Сначала был испытательный срок. Для меня он был реальным. Из частной структуры, где я в то время работал, директор не хотел меня отпускать, а в ИБРАЭ я еще был не уверен в объеме работ. А.А. дал мне 3-4 месяца присмотреться. И я работал на двух работах. В прошлом году мы отметили мое десятилетнее здесь пребывание. Можно сказать, у меня благополучное продолжение моей профессиональной деятельности. Сначала я эксплуатировал атомные подводные лодки. Перенес и пожар в отсеке, и затопление. Но не утонул, не сгорел, слава Богу.

А потом занимался кораблестроением, в ходе этого получил достаточно материалов для диссертации.

Есть проблема не подъема, а обращения с затопленными ядерными объектами. Суть такая. С начала строительства атомного флота возникали многочисленные аварийные ситуации, в ходе которых выходило из строя оборудование, начиная от реакторов, насосов, парогенераторов и заканчивая реакторными отсеками подводных лодок. И так как опыта тогда было мало, была еще не отработана международная система обращения с такими вещами, их просто топили в морях и океанах. Поскольку своими грязными железками засорять Атлантику было неприлично, мы топили их на Севере, в Арктике, в районе Новой Земли. Начиная от штучных вещей типа отдельных насосов и парогенераторов и заканчивая тем, что целый старый пароход набивали атомным хламом, вывозили его и затопливали. И в том числе затоплена целиком одна лодка, а другая утонула при буксировке. Сейчас возникла такая ситуация, что шельфовая зона Арктики перспективна для добычи нефти и газа. Некоторые говорят, что надо лодки поднять. Но поднять — это очень дорогое удовольствие. Одно дело, когда лодка на плаву. Ее загоняют в док, разрезают на части. Поднять даже с небольшой глубины затопленную лодку — достаточно серьезная работа. Непонятно, в каком она оказалась состоянии за 50 лет лежания под водой, насколько проржавела. Это не то что неизвестно, посчитать это дело можно, но однозначного от-



вета нет. Нет мирового опыта в этом деле. Вот мы пытаемся принять решение, что разумнее всего сделать с разными объектами. Нужно сопоставить их локализацию с потенциальными районами нефте- и газодобычи. Для этого мы проводим инвентаризацию, идентификацию и классификацию.

Затапливали реакторы не совсем бездумно. Например, реакторный отсек затапливали таким образом: реактор внутри заливали смолой, сверху крышку бетоном, потом все это дело загружали в баржу, потом еще раз бетоном. Но оказалось, что за 50 лет смола стала ноздреватой, герметичность нарушена. Бетон тоже начал деградировать. И вот необходимо адекватно оценить состояние этих объектов и определить степень опасности доступа воды к ядерному топливу. В этом случае есть вероятность, что пойдет цепная реакция и может произойти микроядерный взрыв. Последние три года я этими проблемами и занимаюсь. Вместе с Володией Сотниковым мы разработали алгоритм и компьютерную программу оценки деградации защитных барьеров.

Основной аспект проблемы — реабилитация захоронений. И конкретно сейчас — оценка риска и оценка угроз. Их классификация и разработка концепции обращения с затопленными объектами. Сейчас такой актуальности и срочности нет, но с точки зрения трудоемкости, сложности и рисков — это большая работа. Нужно оценить общетехнический риск и риск ядерной угрозы, возникновения самоподдерживающейся цепной реакции, оценить воздействия на воду, природу, рыбу...

Кроме того, в последние 3–4 года я вместе с нашими молодыми сотрудниками из числа обучавшихся на кафедре МФТИ студентов занимаюсь исследованиями в области новых нетрадиционных источников энергии. В том числе очень интересное направление, которым я занимался, когда пришел в институт — атомные станции малой мощности (АСММ) на базе судовых ядерных энергоустановок. Понятно, что на любом корабле, в первую очередь на АПЛ, актуален вопрос компактности.

АСММ настолько интересны и уникальны, что заслуживают отдельного внимания. Большую станцию строить долго и очень дорого. А когда мы говорим об АСММ применительно к судовой технологии, я занимался кораблестроением в целом, эти процессы себе хорошо представляю. Завод не делает все от А до Я. На него работает до 1500 предприятий. А судостроитель все это компонует. Такая технология отработана, и ее применение очень перспективно — создавать АСММ в удаленных районах. У нас в России вся жизнь сконцентрирована западнее Урала и вдоль Транссиба. Половина населения — это темное пятно, хоть у нас и великие реки, и залежи нефти и газа, а жизни нет. Потому что нет энергии. Есть атомная электростанция в Билибине. Она успешно работает, хотя по мощности она не большая. Мы же говорим про АСММ с хорошей заводской готовностью. Чтобы такую станцию можно было, например, в период навигации завезти, поставить и собрать из крупных блоков. Пока построили плавучую АЭС, создав такой агрегат на базе реактора. Предполагалась сначала разместить ее в Северодвинске, сейчас в Вилюйинск отвозили на Камчатке. В дальнейшем планируется создать серию таких станций. Они работают на плаву, а после выработки всего ресурса такую ПАЭС буксируют к месту перегрузки топлива.

А ей на смену приходит и швартуется другая. Очень хорошее перспективное направление. Так пол-России можно электрифицировать. И проблему снабжения энергией и теплом арктических регионов России решить.

С точки зрения мировой конкуренции это громадные просторы Азии, где ни электричества, ни ресурсов, ни пресной воды... И почти вся Африка. Два года назад мы провели российскую отраслевую конференцию по АСММ. Было очень много интересных докладов, сообщений, готовых проектов. Мы зафиксировали свою передовую роль в мировой энергетике. Но когда доходит до реализации, мы можем так на уровне потенциала и остаться. В этом году мы проводим уже международную конференцию. Мы хотим приобщиться к передовому мировому опыту и показать нашим специалистам в Росатоме, что этот пирог еще не разделен и что наши самые передовые наработки могут пропасть зря. Конференция будет идти под эгидой президиума Академии наук.

Это второе долгосрочное направление моей деятельности. Со мной работает Дима Смоленцев. Сначала пришла группа студентов человек десять. И он единственный, кто серьезно заинтересовался, и мы его взяли в свой отдел. Он очень активно этим занимается, и я считаю своей задачей как можно быстрее подвести его к защите кандидатской.

Для института в целом это очень нужное направление, мы специализировали его исследование. Техничко-экономическое обоснование — направление Димы. Это очень важно, в институте состояние с экономическими исследованиями оставляет желать лучшего, ими мало кто занимается, хотя это очень мощный. Надежный и доказательный инструмент.

Возвращаясь к проблеме затопленных объектов, надо упомянуть и о задаче противодействия ядерному терроризму. В ИБРАЭ признанный «гуру» по этой теме — О. А. Павловский. Эта тема вполне самостоятельно, заслуживает внимания. У нас возникала в связи с тем, что на всех этапах массовой утилизации очень часто возникает ситуация обращения с ядерным топливом в том или ином состоянии. Например, на затопленной К-27 есть невыгруженная активная зона. И если туда попадет вода даже вследствие просто конденсации, то возникнет угроза ядерного взрыва. Пока не считали, какой он будет мощности. Не исключено, что может быть массовое просачивание воды, и взрыв будет в масштабах всей активной зоны. Это достаточно серьезно при обращении с ядерным топливом любого вида. Причем облученное (или отработавшее) топливо еще более неприятно, чем свежее. Когда вытаскивают топливные сборки из активной зоны, это очень многоступенчатая процедура. Сборки извлекают, помещают в транспортный чехол, его в транспортный контейнер. Он тоже должен быть герметичен. И на всех этапах возникает риск терроризма. Масштаб неприятностей может быть очень велик. Причина в том, что облученное топливо радиационно очень неприятное. В нем проходили процессы деления ядерного топлива и накапливались десятки осколков деления, каждый из которых тянет за собой шлейф радиоактивного масштаба. И на любом этапе есть опасность преднамеренного взрыва. Возникнет угроза даже трансграничного перехода в сторону Финляндии и других соседних стран. Оценка террористической угрозы очень и очень актуальна. Эту тему поддерживали и иностранцы —

американцы и европейцы. Опасно даже не столько прямое воздействие радиации, сколько социальные и экономические последствия. Возникнет паника. Если что-то случится на крупном предприятии, то производство встанет и процесс остановится, а это может привести к огромному экономическому ущербу. Были проведены оценки различных сценариев и вариантов угрозы. При обращении с затопленными объектами опасность также возрастает из-за того, что несколько десятков объектов лежат на небольшой глубине. Эти исследования получили положительную оценку за рубежом. Результаты включены в сборник докладов РАН и национальной академии наук Америки.

### **Вывод из эксплуатации общепромышленных радиационно опасных объектов**

**Антипов С. В.**

Работы отдела поначалу были сосредоточены в области проблем безопасности атомного флота. Позже мы расширили тематику, и в поле наших интересов попал ТВЭЛ — топливная компания с его многочисленными комбинатами. Мы несколько лет занимались разработкой для них концепций, программ вывода из эксплуатации объектов.

Кроме того, в действующей Федеральной целевой программе ядерной и радиационной безопасности есть пункт — повышение радиационной безопасности объектов Академии наук. В РАН в свое время более 150 институтов занимались работами, связанными с ядерными и радиоактивными материалами. Потом, в связи с перестройкой, с изменением экономики и по ряду других причин, таких институтов осталось около 40, а все «прелести» этого ядерно-радиационного наследия в институтах остались — загрязненные помещения, не вывезенные отходы, не утилизированные радиационные установки...

**Ильющенко Г. Э**

Я с отличием закончил Севастопольское высшее военно-морское инженерное училище, которым тогда руководил Ашот Аракелович Саркисов. Потом был путь освоения новой военной техники — атомных лодок нового поколения, участвовал в постройке и испытаниях головной лодки 949А проекта, служил на Северном флоте, после аварии на корабле перешел по состоянию здоровья на службу в Военно-морской инженерный институт в Главное Адмиралтейство, т.к. еще в плавсоставе занимался научной работой, меня знали, пригласили преподавателем на кафедру живучести подводных лодок. Сначала руководил учебной экспериментальной лабораторией по взрывам, пожарам и затоплениям, занимался научно-педагогической деятельностью, возглавлял творческий научный коллектив по разработке бортовых информационных систем по борьбе за живучесть при пожарах на подводных лодках, защитил диссертацию, стал доцентом, мои научные результаты и разработки внедрены и использовались при проектировании и постройке атомных лодок нового поколения.

В ИБРАЭ с 2005 года. В ИБРАЭ под руководством академика Саркисова А. А. начала разрабатываться большая международная программа-проект «Стратегический мастер-план утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обеспечения инфраструктуры в Северо-Западном регионе» (СМП). Ашот Аракелович пригласил меня на участие в проекте СМП и я, оценив возможности и перспективы, переехал из Питера в Москву, в ИБРАЭ. Я был назначен помощником Саркисова А. А. по СМП, помимо этого, работал с Р. И. Калининным в группе подготовки отчетных материалов, я курировал организацию работ по направлению стратегических исследований по проблемным вопросам: обращение с дефективным отработавшим, неперерабатываемым ядерным топливом, экологическая реабилитация хранилищ ОЯТ и РАО, обращение с токсичными отходами при утилизации атомных подводных лодок, где требовалась определенная аналитическая работа. В процессе нашей работы возник серьезный аспект работы — взаимодействие с международным консультантом. Это группа от Европейского Банка реконструкции и развития, очень грамотные специалисты из США и Великобритании, они здесь курировали наш вопрос, потому что проект выполнялся на международные деньги стран-доноров, имел известный резонанс в Европе и Америке, они осуществляли контроль и приемку работ, Офис международного консультанта находился на Чистых прудах. Там постоянно присутствовали от 5 до 15 специалистов, там за большим круглым столом проходили все переговоры при сдаче этапных отчетов, совещания по проблемным научным решениям.

По решению руководства мне предложили руководить офисом международного консультанта для организации взаимодействия международных консультантов с нашими учеными, согласования, передачи отчетных материалов.

В ходе работы был получен большой опыт стратегического планирования. С 2008 года мы применяем этот опыт в работе с институтами РАН. Под руководством Сергея Викторовича Антипова группой сотрудников нашего отдела (Калинин Р. И., Кобринский М. Н., Ильющенко Г. Э., Евсеев В. Ф.) разработан и утвержден вице-президентом РАН академиком Лаверовым Н. П. Стратегический план повышения радиационной безопасности на объектах Российской Академии наук. Началось все с анализа состояния радиационной безопасности объектов РАН, по результатам были сформированы 178 проектов работ с источниками финансирования. Планирование и реализация проектов проводились по нескольким основным направлениям: вывод из эксплуатации отслуживших свой срок ИИИ и вывоз РАО, модернизация хранилищ, реабилитация радиационно загрязненных помещений, модернизация систем радиационного и дозиметрического контроля, совершенствование систем физической и противопожарной защиты.

Мне, как ответственному исполнителю работ, вместе с Владимировым Федоровичем Евсеевым приходится много ездить по всей стране на радиационно опасные объекты РАН, а их было в начале работ более 70, курировать реализацию проектов непосредственно на местах.

Важная составляющая этого проекта — приоритизация очередности выполнения проектов и ежегодная корректировка планов работ и долгосроч-

ного Стратегического плана. Работа ведется большая активная, интересная, позитивная и долгосрочная для наших следующих поколений. Приятно работать в команде профессионалов, единомышленников, надежных товарищей.

**Евсеев В. Ф.**

С 2007 года я работаю с Георгием Ильюшенко по программе Повышения радиационной безопасности на объектах Российской академии наук. Так как я раньше работал с Академией наук, у меня есть информация по всем источникам радиации, по отходам. Сейчас мы вместе с Жорой занимаемся реализацией программы, ездим по институтам, смотрим состояние хранилищ, радиохимических лабораторий, радиационных установок. В рамках ФЦП ЯРБ проделана большая работа по повышению радиационной безопасности объектов использования атомной энергии РАН. Это, прежде всего, институты Москвы, Московской области, Санкт-Петербурга, Уральского отделения РАН, Кольского научного центра РАН.

В рамках ФЦП ЯРБ В/О ФГУП «Изотоп» в 2008-2009 годах совместно с отделом охраны труда РАН и ИБРАЭ РАН был составлен план-график вывода из эксплуатации, разрядке и утилизации облучательных установок РАН, и эти работы были выполнены. За это время были разряжены и утилизированы установки в ПИЯФ РАН, ИБХФ РАН, ИФХЭ РАН, ФТИ им. А. Ф. Иоффе и несколько других. В перспективе на 2014-2015 год в РАН осталось около шести радиационных установок. В Санкт-Петербурге, Черноголовке, Заречном, Сыктывкаре и Новосибирске.

В рамках реализации мероприятий ФЦП ЯРБ по повышению радиационной безопасности объектов РАН мы начали плодотворно работать с МосНПО «Радон», ООО «Реафарм» и ООО «Дреко» с 2009 года.

С 2008 года в рамках ФЦП ЯРБ на базе ИБРАЭ РАН был создан и плодотворно работает ведомственный информационно-аналитический центр учета и контроля РВ и РАО в организациях РАН (ВИАЦ РАН, хотя официально он организовался только в конце 2009 года, когда вышло Распоряжение РАН о создании ВИАЦ РАН и были выделены три штатные единицы — заведующий и два главных специалиста: Данилян Елена Николаевна, Романова Елена Викторовна и я. Мы — промежуточное звено между организациями РАН и Центральным информационно-аналитическим центром системы государственного учета и контроля РВ и РАО (ЦИАЦ СГУК РВ и РАО). В настоящее время уменьшается число институтов, использующих РВ в своих исследованиях, потому что отказываются от работы с источниками ионизирующего излучения. Есть и другие методы исследований, не связанные с радиоактивностью. Сейчас многие работы в биологическом направлении ведутся с малыми активностями, но все равно ведутся. Сейчас есть где-то 73-74 института, которые предоставляют нам данные по наличию РВ и РАО.

В системе государственного учета и контроля РВ и РАО создано специальное программное обеспечение для заполнения отчетных форм и представления их в ВИАЦ РАН и ЦИАЦ. В организациях РАН в основном, к сожалению, вопросами учета и контроля РВ и РАО занимаются люди немолодые, им тяжело было осваивать компьютерные программы. Поэтому институты присылали к нам в ВИАЦ РАН вордовские файлы, а мы уже вносили всю ин-

формацию в отчетные формы с использованием программных средств СГУК РВ и РАО и отправляли в ЦИАЦ программные средства и выкладки в эту систему госучета и контроля. Отчетные формы должны были быть в форме выгрузочных файлах, которые загружаются в общую базу данных, которая ведется в ЦИАЦ СГУК РВ и РАО, а у нас в ВИАЦ РАН ведется база данных по организациям РАН.

ВИАЦ РАН оказывает помощь лицам, ответственным за учет и контроль РВ и РАО в организациях РАН. Мы и сами обучались на курсах СГУК РВ и РАО.

Мы работаем в тесной связи с ЦИАЦ СГУК РВ и РАО, постоянно отслеживаем изменения в программных средствах СГУК РВ и РАО, адаптируем все изменения на рабочих местах нашего центра, информируем институты об изменениях в программных средствах СГУК РВ и РАО. К нам в ВИАЦ РАН приезжали лица, ответственные за учет и контроль РВ и РАО в организации, из 18 институтов. На рабочих местах ВИАЦ РАН мы показывали, как ставить программу, как с ней работать. То есть обучали этому людей. В системе государственного учета и контроля РВ и РАО ежегодно проводятся курсы обучения «СГУК РВ и РАО», потому что согласно Положению о СГУК РВ и РАО специалисты, занимающиеся учетом и контролем, раз в 5 лет должны проходить курсы повышения квалификации. Но финансовые возможности многих институтов не позволяют направлять своих специалистов на обучение.

Организаций РАН, отчитывающихся в СГУК РВ и РАО, довольно много, они разбросаны по всей России: Кольский полуостров, Махачкала, Казань, Санкт-Петербург, Урал, Сибирь, Дальний Восток, Пермь, Красноярск, Улан-Удэ, Иркутск. Со всеми у нас налажен контакт, со всеми работаем.

### **Антипов С. В.**

Высоцкий Валентин Леонидович — это химик профессиональный. Он служил на Тихоокеанском флоте, а сейчас ведет работы по объектам ТВЭЛа, по объектам РосРАО. 15 предприятий, которые занимались сбором радиоактивных отходов от общепромышленных пользователей вне Росатома, по всем регионам страны раскиданы, Там медицинские отходы, от научных исследований каких-то. Несколько лет назад в системе Росатома была создана организация ФГУП РосРАО, объединившая практически все региональные предприятия «Радон» и ряд других предприятий, на которых накоплено большое количество радиоактивных отходов. РосРАО выразила заинтересованность в разработке долгосрочной стратегической программы своего развития, и мы готовы работать с ними по этой тематике. Они ищут способ, как оптимизировать свою структуру, свои технологии, как минимальными деньгами в кратчайшие сроки решить эту проблему, и вот Валентин Леонидович, используя те самые стратегические подходы, про которые я рассказывал, со своей командой пытается эту задачу решать.

### **Высоцкий В. Л.**

Я военный химик, в 1971 году выпустился из Бакинского военно-морского училища, там была такая небольшая группа радиохимии. Я 33 года про-

служил во Владивостоке, почти 20 лет одна из мирных задач, которую мне приходилось решать, это вопросы радиоэкологии Дальнего Востока. Закончив службу в составе Военно-Морского Флота на Тихом океане, я приехал из Владивостока в Москву. Мне дали квартиру в Домодедово, и я устроился в институт, но с институтом до этого я уже с сотрудниками работал с 93-го года, то есть в течение 10 лет. Был знаком с Рафаэлем Варназовичем Арутюняном, с Киселевым Владимиром Павловичем, с Гавриловым, с Богатовым. Мы работали по вопросам мониторинга, подходили к вопросам радиоэкологии, я на Дальнем Востоке был руководителем радиоэкологических исследований, связанных с эксплуатацией атомных подводных лодок и последствиями радиоактивного загрязнения окружающей среды. С 86 года в течение более 15 лет я занимался этой проблемой, и в ИБРАЭ я пришел в этом же направлении работать.

В отделе, который организовал Ашот Аракелович Саркисов, я влился сразу же в проблемы, связанные и с радиоэкологией, и с вопросами вывода из эксплуатации атомных подводных лодок. В дальнейшем я вел направление по обращению с радиоактивными и токсичными отходами, оно сейчас продолжается, связано с разработкой стратегических планов и стратегий вывода из эксплуатации объектов ядерного топливного цикла Госкорпорации «Росатом». Вот и сейчас мы большую работу начинаем по обращению с радиоактивными отходами с ФГУП РосРАО, охватывающим масштабы всей страны. Здесь не только бывший «Радон», будут включаться и отдельные предприятия, которые за многие годы накопили радиоактивные отходы. Сейчас проблема будет состоять в том, чтобы определить, каким образом оптимизировать эту систему, оказать научное содействие в области обеспечения безопасности обращения с радиоактивными отходами, и систематизировать, создать какую-то определенную плановую структуру долговременного решения проблемы обращения с радиоактивными отходами, чтобы на конечной стадии они оказались безопасными для населения и окружающей среды. Здесь надо отметить большую роль разработанного и принятого нового закона по обращению с радиоактивными отходами. Этим занимался Линге Игорь Иннокентьевич со своими сотрудниками.

## **Мы говорим — Арктика, подразумеваем — «Росатом»... \***

**«Для Росатома перспективность арктического региона связана, прежде всего, с освоением обнаруженных в последнее десятилетие ресурсов углеводородного сырья».**



**Рис. 1.** Атомный ледокол «Арктика»

В арктическом регионе «Росатом» традиционно широко представлен и очень активно работает в различных секторах экономики и военного дела. И это вполне естественно, поскольку атомная энергетика характеризуется, по крайней мере, двумя качествами, которые делают ее весьма привлекательной для применения именно в Арктике.

Первое — это высокая энергоемкость ядерного топлива, позволяющая обеспечить высокую автономность ядерных установок, что особенно важно для отдаленных труднодоступных регионов с суровым климатом, в услови-

---

\* Журнал «В мире науки». Спецвыпуск / 2015.



ях бездорожья, трудных транспортных коммуникаций и т. д. Второе — свойственная ядерным энергоисточникам экологическая чистота, которая, безусловно, обеспечивается, когда атомная энергетика функционирует в нормальном штатном режиме. Этот фактор особенно актуален для Арктики с ее уникальным и очень чувствительным к антропогенным воздействиям природным ландшафтом.

Именно в арктическом регионе были построены и работают две самые северные в мире атомные электростанции: самая северная из них, Билибинская АЭС, с четырьмя блоками по 12 МВт и Кольская АЭС, где работают также четыре блока, но более мощных — по 440 МВт.

Исключительно важен в экономическом отношении вклад «Росатома» в такой уникальной отрасли, как коммерческий атомный ледокольный флот. Попытки создания коммерческих атомных судов предпринимались в Германии, в Соединенных Штатах и в Японии, но все они оказались безуспешными. И лишь Советский Союз в свое время нашел правильную нишу для применения атомных установок в коммерческом флоте, а именно — создал первый в мире и до сих пор единственный ледокольный атомный флот. Было построено восемь атомных ледоколов, которые обеспечивали решение целого ряда вопросов начиная от освоения природных ресурсов и заканчивая обеспечением навигационной деятельности других судов по Северному морскому пути. Кроме того, в годы существования СССР вдоль Северного морского пути на побережье нашей страны были установлены 396 радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГ), которые снабжали питанием световые маяки, предназначенные для обеспечения навигации по Северному морскому пути. В качестве основного источника тепла в них используется стронций-90. Сейчас все эти генераторы практически демонтированы и утилизированы.

Еще одна область безусловной компетенции «Росатома» на нашем Севере — Военно-Морской Флот. Это необходимая составляющая нашего государственного суверенитета, государственной безопасности. Поскольку для Севера и особенно для подводного флота атомные установки более органичны и эффективны, то, естественно, в советские годы мы построили самый большой по численному составу атомный флот, который в свое время состоял из 248 атомных подводных лодок и пяти тяжелых атомных ракетно-носных крейсеров. Подавляющее большинство атомных субмарин в связи с истечением срока их эксплуатационного ресурса выведены из эксплуатации и к настоящему времени утилизированы. Массовый вывод из эксплуатации ПЛА, их утилизация, а также радиоэкологическая реабилитация обслуживающей их инфраструктуры стали одной из сложнейших в современной истории экологических проблем глобального масштаба. В настоящее время эта проблема близка к своему успешному завершению. Решение этой задачи осуществлялось в рамках широкого международного сотрудничества многими нашими организациями и учреждениями при безусловной лидирующей роли «Росатома». Завершая этот краткий обзор деятельности «Росатома» в Арктической зоне РФ, нельзя не назвать создание мощного полигона для испытаний атомного оружия на Новой Земле, который внес неоценимый вклад в укрепление суверенитета и безопасности государства.

## АЭС на полюсе

С учетом складывающихся обстоятельств востребованность «Росатома» в решении арктических проблем в будущем будет неуклонно возрастать. Для «Росатома» перспективность арктического региона связана прежде всего с освоением обнаруженных в последнее десятилетие ресурсов углеводородного сырья. В этих отдаленных местах систем централизованного электроснабжения нет. Задача разведки и освоения месторождений может быть успешно решена только при наличии надежных энергоисточников. Согласно проведенному анализу наиболее подходящими для этой цели применительно к местным условиям будут атомные установки небольшой мощности — от десятков до трехсот мегаватт.

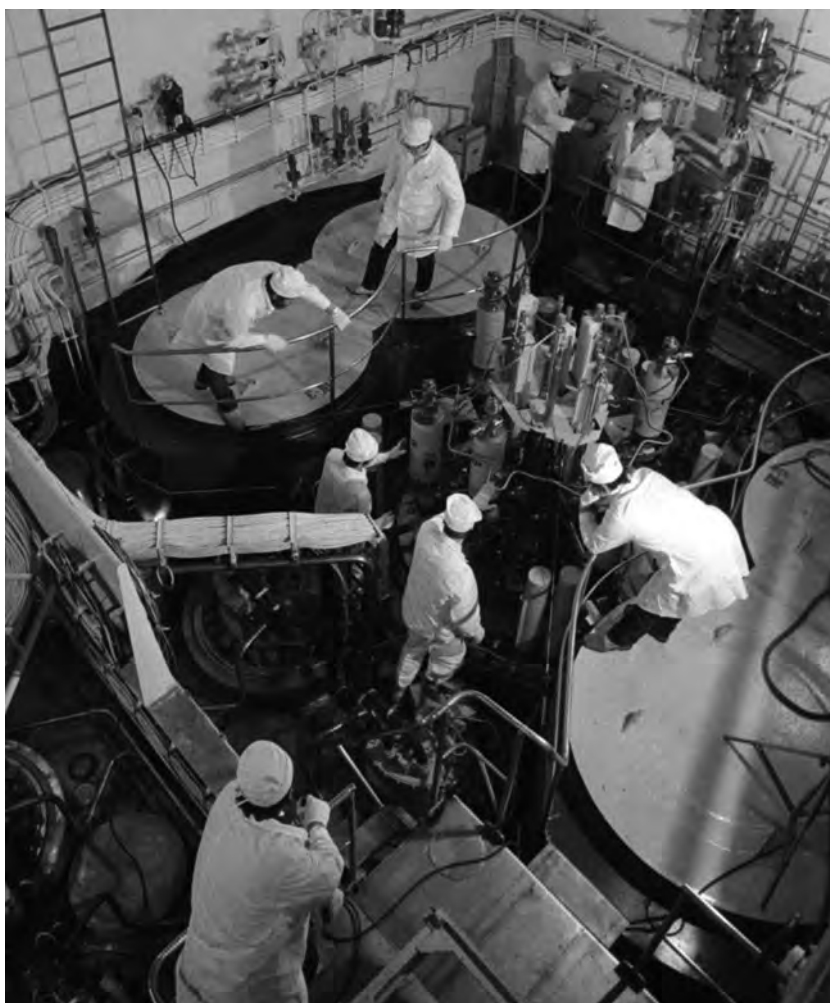


Рис. 2. Обслуживающий персонал работает в реакторном зале атомного ледокола «Россия»

Переход к малой атомной энергетике, т.е. к атомным энергоисточникам малой мощности — это не просто уменьшение мощности, а новое качество. Речь идет о новой идеологии, новой концепции всей атомной энергетики, когда основные работы, связанные с капитальными затратами на сооружение станций, переносятся с места монтажа атомных установок на предприятие, т.е. изготовление станции почти на 90% будет осуществляться в цехах. На месте будет производиться только монтаж готовых блоков.

Модульная конструкция — главная особенность таких установок — придает им особую гибкость: из отдельных модулей можно составлять блоки самой разной мощности в зависимости от потребности.

Еще одно немаловажное достоинство заключается в том, что все наиболее радиационно опасные операции, связанные с загрузкой атомного топлива, с обращением с жидкими и твердыми отходами переносятся на предприятие, где имеются оптимальные для этого условия и квалифицированный персонал.

И, наконец, следует обратить внимание на высокую степень автономности малых атомных станций. Сейчас физика вполне позволяет создавать установки, которые обеспечивают непрерывную работу таких атомных источников в течение 25 и 30 лет без перегрузки ядерного топлива.

В создании атомных энергоисточников малой мощности наша страна имеет хороший научно-технический задел, а в отдельных направлениях и очевидный приоритет. Близится к завершению строительство первой в мире плавучей АЭС. По ряду причин в головном образце не удалось реализовать все потенциальные возможности, в частности чрезмерно высокой оказалась ее стоимость. Причины всех недостатков первой плавучей АЭС ясны, равным образом как ясны и пути их преодоления в последующих серийных образцах.

Анализ показывает, что в мире существует огромная потребность в транспортабельных установках подобного типа. Эти установки могут работать по лизинговому принципу, т.е. АЭС доставляется к месту эксплуатации, отрабатывает положенный срок, а затем возвращается на предприятие для обслуживания, перегрузки активной зоны и выполнения других необходимых операций.

Второй проект, который у нас активно разрабатывается, тоже пионерский и, безусловно, инновационный: это реактор на быстрых нейтронах СВБР-100 со свинцово-висмутовым теплоносителем — модульный блок мощностью 100 МВт, из которого можно составлять кратные этой величине комплексы большей мощности.

Установка разрабатывается «Росатомом» в партнерстве с частной организацией. Сейчас ведутся проектные работы. Принципиально решен вопрос о размещении головного реактора для испытаний в Димитровграде. Направление очень перспективное, его надо дальше развивать.

Если говорить о малой атомной энергетике в широком плане, то в первую очередь она предназначена для снабжения электроэнергией отдаленных локальных регионов, не имеющих собственного энергоснабжения. Это могут быть несколько населенных пунктов и примыкающие к ним промышленные предприятия.

Другая область применения малых атомных электростанций — для разворачивания так называемых региональных энергетических сетей. Такая

идеология может быть реализована в Сибири, на Дальнем Востоке, в некоторых арктических регионах.

Кроме этого, атомные энергетические установки можно использовать для снабжения отдельных крупных промышленных объектов, таких как буровые установки, горно-обоганительные комплексы, металлургические предприятия. Это установки совсем небольшой мощности. Технических препятствий для создания таких установок — надежных, с большой автономностью и высокоэкономичных — не имеется.

И, наконец, малые атомные установки будут востребованы для производства водорода и других вторичных энергоисточников, для опреснения воды и т. д., т. е. прогнозируемая сфера применения атомных установок малой мощности весьма широка. Так что роль «Росатома» в развитии малой атомной энергетики для Севера, для арктического региона и прилегающих территорий, а также для отдаленных территорий нашей страны, где отсутствует централизованное электроснабжение, трудно переоценить. Именно здесь, по нашему мнению, открываются огромные возможности для развития нового направления атомной энергетики.

Исторически атомная энергетика развивалась в направлении создания крупных энергокомплексов с блоками мощностью от гигаватта и выше.

Теперь мы стали свидетелями возникновения совершенно нового направления, связанного с принципиально другим подходом, с другой идеологией и с новыми технологиями. Даже институционально-правовая база этой малой энергетики и то специфична. Во всяком случае, той правовой базы, которая сегодня регулирует деятельность всей нашей большой атомной энергетики, здесь оказывается недостаточно.

Детальные экономические расчеты эффективности использования в Арктике ядерной энергетики провести очень трудно. Для этого требуется учесть очень много параметров, которые на сегодня недостаточно понятны. Например, запасы того же углеводородного сырья: если они небольшие, то смысла вкладывать огромные деньги в то, чтобы там развивать инфраструктуру, нет.

Но сегодня есть весьма обнадеживающие данные, согласно которым минимальная оценка открытых запасов углеводородного сырья в арктическом регионе — примерно 250 млрд т условного топлива. Если исходить из нынешней годовой добычи, этого объема должно теоретически хватить значительно более, чем на 100 лет. Эта оценка уже дает основание, чтобы вкладывать большие деньги в укрепление и обозначение нашего присутствия и нашего права на освоение этих запасов. Не только на суше, не только на шельфе, но и дальше — там, где мы имеем право претендовать на экономическое владение этими акваториями.

### **Вперед — самый полный**

Что касается атомного ледокольного флота, из восьми построенных ледоколов сейчас в эксплуатации находятся четыре. Пятый, «Советский Союз», находится в эксплуатационном резерве.

Анализ показывает, что в этих регионах для обеспечения навигации, научно-исследовательских работ и транспортировки добываемого топлива

требуется непрерывное функционирование четырех-пяти ледоколов. Поэтому планы построены таким образом, чтобы не снижать этот уровень.

Сейчас спроектировано три корабля нового типа — универсальные ледоколы. Они имеют двойную осадку, максимальная — 10,8 м, а минимальная — 8,5 м. При вхождении в устье северных рек, где глубина маленькая, они осадку будут уменьшать, а при работе в более полноводных районах — увеличивать. Первый ледокол этой серии должен быть спущен на воду в 2016 г.

Кроме того, проектируются ледоколы лидерского класса — с более мощными энергетическими установками. Сейчас атомные ледоколы работают беспрепятственно в течение осенне-летнего периода — до сентября. В зимне-весенний период они обеспечивают навигацию только в западных районах арктического региона. Новый ледокол будет иметь возможность работать в течение всего года и в восточных районах Арктики, и в приполюсных акваториях арктического региона. Проходимость их будет уже неограниченная.

Энергетические установки для той серии ледоколов, которые сейчас находятся в стадии строительства, резко отличаются от энергетических установок предыдущего поколения. Их главные отличия — это, во-первых, более высокая степень конструктивной интеграции (парогенераторы находятся внутри корпуса реактора), что обеспечивает компактность, легкость и на-



Рис. 3. Атомный ледокол «Ленин» (фото: РИА Новости)

дежность; во-вторых — повышенная безопасность, связанная с тем, что эти установки находятся внутри бетонного колпака, окружающего реактор, как это сделано на всех современных атомных электростанциях. Это первые судовые установки, которые отвечают требованиям МАГАТЭ по безопасности.

По всем параметрам сегодня атомное ледокольное судостроение более перспективно, чем дизельное. Например, если дизель-электрический ледокол может находиться в автономном плавании с учетом ограниченности топлива не более двух месяцев, то атомный может функционировать до пяти лет без зарядки активной зоны. Важно также и то, что в отличие от установки, использующей углеводородное топливо, загрязнение окружающей среды нехарактерно для атомной энергетической установки. С точки зрения освоения нашего Севера я также не вижу альтернативы атомным ледоколам.

### **Культура безопасности**

Атомная энергетика имеет свои особенности, что, к сожалению, служит основой для неоправданных представлений о ее чрезвычайной опасности. Атомная энергетика появилась как побочный продукт разработки атомной бомбы, поэтому в массовом сознании она ассоциируется с атомным оружием. Другая причина настороженного, а часто и негативного отношения к атомной энергетике связана с особенностями радиационного воздействия. Воздействие радиации на организм совершенно незаметно, а последствия при высоких дозах облучения могут быть весьма опасными.

В то же время существует и ряд свойственных атомной энергетике объективных факторов, которые представляют собою источники потенциальной опасности. Один из них — это высочайшая концентрация энергии в единице объема. Потенциальная энергия, заключенная в активной зоне атомного реактора, на семь порядков выше, чем энергия пароводяной смеси в паровом котле электростанции такой же мощности.

Еще одна особенность, с которой нельзя не считаться и которая представляет потенциальную опасность, — состояние мгновенной критичности.

Это неуправляемая цепная реакция деления, которая может возникнуть при определенных физических условиях. Ни в одном способе генерации энергии подобного явления нет. Поэтому в конструкции реактора предусмотрено все, чтобы это состояние никогда не достигалось. Но теоретически оно достижимо и поэтому представляет собой реальный фактор опасности.

Специфическая особенность ядерной энергетики — остаточное тепловыделение, которое выступает еще одним потенциальным источником и фактором опасности. Любой другой источник энергии после выключения через короткое время достигает мощности, равной нулю. При выключении атомной установки генерация тепла продолжается в течение многих часов, дней и месяцев за счет остаточного тепловыделения. Причем эта генерация реализуется на достаточно высоком уровне, который заставляет обеспечивать отвод тепла в течение длительного времени после выключения реактора. Кстати, на «Фукусиме» все неприятности произошли из-за того, что из-за остановки генераторов не был обеспечен отвод этого остаточного

тепловыделения. Сейчас уровень развития атомной техники таков, что степень ее безопасности значительно превосходит степень безопасности в других энергетических технологиях. Атомные установки на сегодня — самые безопасные, а стандарты их безопасности — самые высокие. Не случайно термин «культура безопасности» возник внутри атомной энергетики. Эти философия и идеология сейчас постепенно распространяются и на другие отрасли нашего энергетического комплекса.

Для того чтобы население воспринимало атомную энергетику адекватно, надо воспитывать в людях ее правильное понимание начиная со школьной скамьи, продолжать это обучение в вузе, независимо от специальности, и дальше — на протяжении всей жизни человека.

Такая работа очень эффективно проводится во Франции. Отношение к атомной энергетике там очень спокойное, здоровое и вполне адекватное. Там более 70% энергии производится на атомных станциях. Несмотря на это, люди не только не выступают против развития атомной энергетики, но и, напротив, считают, что в значительной мере их благосостояние и экономическое благополучие связаны именно с тем, что в стране так широко и успешно применяется именно этот вид энергетики. Подобная просветительская и образовательная работа должна проводиться систематически, по определенной государственной программе.

Нужно заниматься опережающим проектированием и созданием новым прогрессивных атомных энергетических установок, как это было с атомной подводной лодкой в свое время. Ее никто не просил, а Минсредмаш сделал и предложил, а после оказалось, что подводные лодки могут быть только атомными, потому что только с атомными установками они становятся поистине подводными кораблями, не нуждающимися в периодическом всплытии для зарядки аккумуляторных батарей. Надо не ждать, пока потребители начнут просить, а самим предлагать и выводить на рынок. Идти впереди экономики, а не поспевать за ней.

К великому сожалению, на начальном этапе деятельности «Росатом» и другие организации, которые использовали атомную энергетику, во многом оказались безответственными в том, что касается охраны окружающей среды. Сейчас в ходе масштабных работ по утилизации ПЛА вскрылся колоссальный экологический ущерб, который был нанесен в результате бездумной и безалаберной эксплуатации всего атомно-промышленного комплекса в регионе.

На новом этапе использование атомной энергетики в Арктике должно реализовываться с более высокой степенью ответственности, по более строгим стандартам, обеспечиваться самыми современными технологиями, что станет гарантией экологической безопасности всего этого региона.

## Арктика — глобальная проблема и глобальное достояние\*

**В 2012 году завершается программа Глобального партнерства.**

**За время ее действия проблема с утилизацией АПЛ, выведенных из состава ВМФ России, в основном снята, что является одним из наиболее выдающихся примеров международного сотрудничества с высокоэффективными результатами в решении глобальных экологических проблем. Сформировался коллектив единомышленников из разных стран, наработаны уникальные методики, применение которых в решении других задач глобального масштаба, например, Арктического региона, послужит укреплению экологической безопасности мира.**

Об этом интервью академика РАН, советника РАН, научного руководителя ИБРАЭ РАН, вице-адмирала Ашота Аракеловича Саркисова.

**Корр.: — В настоящее время, к общему удовлетворению всех участников программы Глобального партнерства, проблема утилизации атомного флота России успешно завершается. Можно сказать, что основные наиболее трудные проблемы уже решены. А оставшиеся находятся в стадии разрешения. Можно сказать, что мы подходим к итогу ГП?**

**Саркисов А.: —** Программа утилизации АПЛ идет строго в соответствии со Стратегическим мастер-планом, разработанным ИБРАЭ РАН.

Главным итогом десятилетней работы участников процесса утилизации АПЛ и реабилитации радиационно опасных объектов является то, что практически все подводные лодки уже утилизированы (осталось одна АПЛ на Северо-Западе и три — на Дальнем Востоке России). Начата установка реакторных отсеков в пункт их долговременного хранения в Сайда Губа на Северо-Западе, 47 РО уже установлены на безопасное долговременное хранение на твердом основании. И такой же пункт организуется на Дальнем Востоке. В течение примерно 6–8 лет все РО достигнут этого состояния. Кроме того, предусматривается создание не только пунктов длительного хранения, но и региональных центров кондиционирования и переработки твердых радиоактивных отходов. Продолжается строительство Регионального центра кондиционирования и хранения РАО в губе Сайда.

Пуск комплекса в эксплуатацию намечен на конец 2014 г. Это делается за немецкие деньги и их технические и инженерные решения.

Далее вывезено все ОЯТ ВВР, хранившееся в пос. Гремиха (в том числе некондиционное). Проводится уникальная операция по подготовке к вы-

---

\* Интервью на сайте a-submarine.ru, 30.07.2012 г.



грузке ОЯТ из реактора АПЛ класса «Альфа», которую в свое время должны были затопить в составе реакторного отсека. Выгружено топливо практически из всех реакторов утилизируемых и утилизированных АПЛ. Завершено проектирование и начата подготовка к модернизации камеры дефектных чехлов на ФГУП «Маяк», что позволит обеспечить переработку некондиционного ОЯТ ВВР. Начата практическая работа по подготовке к утилизации ПТБ «Лепсе», финансируемая за счет средств фонда ППСИ.

Построено в Италии и передано России специальное судно «Россита» для транспортировки ОЯТ и радиоактивных отходов, что является серьезным свидетельством эффективности международного участия в решении этих задач. Конечно, имеется еще ряд проблем, но динамика показывает, что они будут решены. И если говорить объективно, то дополнительной международной помощи здесь уже не потребуется. Все идет в плановом порядке, выплачивают долги по старым соглашениям.

**Корр.: — Какие еще остаются проблемы и опасные точки в осуществлении утилизации ядерных объектов?**

**Саркисов А.:** — По моему мнению, к оставшимся относится проблема губы Андреева, где еще предстоит довольно много работ. Там начато строительство инфраструктуры обращения с ОЯТ. В настоящий момент уже завершается проектирование комплекса по обращению с РАО в губе Андреева. Строительство зданий может быть начато уже в текущем году.

Ну и проблема, связанная с утилизацией активных зон реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. Здесь еще не окончательно решен вопрос о месте разделки этих зон и дальнейшего обращения с ядерным топливом.

Но в целом с утилизацией проблема успешно решена. Я считаю, что решение этой проблемы является свидетельством одного из наиболее успешных примеров международного сотрудничества в решении глобальных экологических проблем. Здесь мы добились исключительно эффективных результатов, в итоге сложной работы сформировался коллектив единомышленников из разных стран. Я не могу назвать другой такой проект, а я участвовал в разных международных проектах. Например, такая проблема как распространение ядерного оружия не решается много десятилетий.

И меня, конечно, удивляет, что результаты такого масштабного международного сотрудничества не становятся достоянием широкой общественности. Мало кто, кроме специалистов, знает, что есть области, где международное сотрудничество может быть столь эффективным и столь впечатляющим, каким является решение проблемы утилизации АПЛ. Это предмет гордости международного сообщества в решении крупной глобальной экологической проблемы. На мой взгляд, инициаторы этой работы, подписавшие договор о партнерстве, достойны присуждения Нобелевской премии мира. Потому что проведена колоссальная работа в интересах всего мира.

**Корр.:** — А вы предполагали, что называется, просчитывали, каким будет итог ГП?

**Саркисов А.:** — Когда разрабатывался Стратегический мастер-план утилизации атомных субмарин, выведенных из эксплуатации объектов ВМФ России, уже тогда посчитали необходимым рассмотреть более отдаленную перспективу. Было понятно, что после утилизации атомного флота, задача реабилитации арктических акваторий полностью не будет решена. Ведь существуют еще затопленные ядерно опасные объекты в Карском море.

Ниже приведена таблица с затопленными объектами.

**Табл.** Объекты с ОЯТ, затопленные в Арктике

№	Объект	Район	Год затопления	Глубина
1	АПЛ «Комсомолец» (1 реактор с ОЯТ)	Норвежское море	1989	1685
2	АПЛ «К-159» (2 реактора с ОЯТ)	Баренцево море	2003	248
3	АПЛ «К-27» (2 реактора с ОЯТ-ЖМТ)	Залив Степового	1981	33
4	Реакторный отсек АПЛ заказ 901 (2 реактора с ОЯТ)	Залив Абросимова	1965	20
5	Реакторный отсек АПЛ заказ 285 (2 реактора, один с ОЯТ)	Залив Абросимова	1966	20
6	Реактор АПЛ заказ 421 (с ОЯТ)	Новоземельская впадина	1974	300
7	Экранная сборка ледокола «Ленин» (реактор с ОЯТ)	Залив Цивольки	1967	50

То есть проблема наведения порядка в экологии в Арктическом регионе существует. В начале 1990-х годов, когда было время критики советского режима, по этому поводу достаточно активно поднимали вопрос. И была создана комиссия, которую инициировал известный эколог академик Яблоков. Эта комиссия очень торопливо поработала и выдала так называемую «белую книгу», где рассекретила данные по количеству затопленных объектов. Однако что касается характеристик радиационных рисков, связанных с объектами, то здесь серьезного исследования не проводилось.

Многочисленные экспедиции, которые проводились и продолжают проводиться в этот район, решают одну и ту же задачу. Они берут пробы воздуха, воды, грунта, убеждаются, что там ничего страшного нет, пишут отчеты, расходуют довольно большие средства и возвращаются.

Но сейчас наступил момент, когда характер этих экспедиций должен быть качественно изменен. Сейчас крайне необходимы детальные технические обследования фактического состояния этих объектов с тем, чтобы ответить на два вопроса: насколько защитные барьеры еще способны сдерживать поступление воды внутрь этих объектов. И второе — насколько прочность этих объектов уменьшена с точки зрения возможности их подъема. Таких исследований пока не проводилось.

Наибольшую опасность представляют объекты, содержащие отработавшее ядерное топливо. Таких там довольно много. Там всего восемь зон содержащих ядерное топливо. Я предложил такую приоритетность подъема и утилизации объектов:

- Затопленная АПЛ «К-27»
- Затонувшая АПЛ «К-159»
- Затопленная баржа с реактором АПЛ заказ № 421
- Затопленная баржа с экранной сборкой ледокола «Ленин»
- Затопленные реакторные отсеки заказов № 285 и № 901
- Затонувшая АПЛ «Комсомолец»

**Корр.: — Насколько серьезна сегодня опасность в Арктическом регионе? И почему надо начинать с АПЛ К-27?**

**Саркисов А.:** — Приоритетом номер один в решении этой задачи являются объекты, содержащие отработавшее ядерное топливо. По первой экспертной оценке это подводная лодка К-27 и подводная лодка К-159.

Что касается АПЛ К-27, то здесь имеется определенный потенциальный риск возникновения самоподдерживающейся неконтролируемой цепной реакции. Величину этого риска, вероятность этого события оценить сегодня трудно, потому что техническое состояние барьеров, защищающих активную зону от внешней водной среды, не обследовано. Однако там находится высокообогащенное топливо. И если вода в довольно небольшом количестве попадет в активную зону реактора лодки, то теоретически при наличии там пустот, возникнет самоподдерживающаяся цепная реакция. Остается вопрос: есть ли там эти пустоты, и может ли попасть туда вода.

К сожалению, последние научные данные института ФЭИ говорят о том, что подобный риск существует. Во-первых, выяснилось, что вещество фурфурол, который является одним из барьеров защиты, не сохраняет свой объем в течение длительного времени. Считалось, что полости, залитые фурфуролом, будут плотно им заполняться, фактически вечно. Но пробные образцы фурфуrolа, залитые в специальные металлические цилиндры, показали, что фурфурол дает усадку, и таким образом могут возникнуть определенные каналы поступления воды в активную зону. Эти образцы находятся в ФЭИ, я их видел воочию, и это действительно так.

Какого качества была заливка при затоплении лодок, неизвестно. Сохранились очень обрывочные данные, отсутствует документация по затоплен-

ным объектам. Мне приходилось разговаривать с людьми, принимавшими участие в этом процессе, и они говорят, что когда заваривались заглушки, которые являются первым барьером защиты, то надлежащих методов проверки сварных швов не использовали. Стопроцентной уверенности у участников этих работ, что эти заглушки будут обеспечивать герметичность в течение неограниченного времени, нет.

Я бы не стал бить в колокола, но и не стал бы проявлять олимпийское спокойствие в этом вопросе. Вообще я считаю, что объекты с ядерным топливом по возможности нужно поднимать. Даже если видимых, очевидных рисков разрушения защитных барьеров на ближайшие 5–10 лет нет. С точки зрения экологической этики оставлять эти объекты с ядерным топливом на небольшой глубине в районах, где начинаются интенсивные работы по разведке и добыче углеводородного сырья, запасы которого там открыты совершенно фантастические, является недопустимым.

Кроме того, с точки зрения престижа страны, претендующей быть цивилизованной, эту ядерную свалку у себя под носом держать дальше было бы неправильно. И сколько бы это ни стоило, надо понемножку начинать решать эту проблему. Одни вопросы надо решать срочно, другие последовательно, распределив этапы на ближайшие 10–15 лет.

**Корр.: — Какие вопросы попадают в зону самого пристального внимания сейчас?**

**Саркисов А.:** — Это вопрос с АПЛ К-27. Кроме вышеприведенных доводов, есть и еще немаловажный. В пункте Гремиха создана инфраструктура по обращению с аналогичными активными зонами. Эту структуру создавали за счет средств доноров, туда вложено много средств и сил. И эта структура, как только отработает свои задачи, будет постепенно выходить из строя. И когда в перспективе поднимут К-27, возникнет такая ситуация, что нам надо будет снова создавать инфраструктуру для переработки активных зон, содержащих свинцово-висмутовые теплоносители.

Так что даже исходя из разумных практических соображений, с К-27 надо решать быстро. Глубина ее погружения небольшая — всего 33–35 метров. Залегание ее таково, что позволяет ее вполне поднять. Можно даже, не создавая специальных подъемных судов, с помощью понтонов ее поднять. Есть много вариантов, как эту задачу решать. Можно создать многоцелевую платформу, с помощью которой потом можно будет поднимать и другие объекты, содержащие ядерное топливо. Но, в принципе, этот вопрос актуален, и его надо решать.

**Корр.: — Насколько я помню, разговор об этом не раз поднимался на заседаниях КЭГ МАГАТЭ...**

**Саркисов А.:** — Действительно, у проблемы есть история. На 23-ем пленарном заседании КЭГ (Рим, Италия, октябрь 2009 г.), на гаагском семи-

наре КЭГ 24–26 февраля 2010 г., на 24-ом пленарном заседании КЭГ в Оттаве (Канада) в сентябре 2010 г., на семинаре КЭГ в Осло (Норвегия) в феврале 2011 г. и, наконец, на недавнем семинаре в Хельсинки (апрель 2012 г.) члены группы говорили о необходимости заняться проблемами Арктики, и по этому поводу даже есть решения:

- члены КЭГ отметили, что в отношении Северо-Запада России цели и задачи Глобального партнерства не могут быть в полной мере достигнуты без решения проблемы угроз, исходящих от ядерных объектов, затонувших (затопленных) в Норвежском, Баренцевом и Карском морях;

- выразили ожидание и надежду на то, что с учетом официального решения Правительства России о начале активного решения проблемы атомных подводных лодок, находящихся на дне арктических морей, будет выделена международная финансовая и техническая помощь, в частности, от других приполярных стран;

- пришли к согласию в том, что было бы полностью уместным и целесообразным расширить охват существующего Стратегического мастер-плана комплексной утилизации на Северо-Западе России, включив в него задачи экологической реабилитации Арктического региона от затонувших (затопленных) объектов с ОЯТ.

**Корр.: — А что делается непосредственно со стороны России?**

**Саркисов А.:** — Я этот вопрос начал поднимать 10 лет тому назад. Сначала никто не хотел слушать. А сейчас проблема уже переходит в практическую стадию решения. Уже имеются очень большие сдвиги в этом вопросе. Актуальность этой задачи сейчас полностью признана на уровне правительства. В августе 2012 г. будет проведено специальное совещание, посвященное этому вопросу. А в настоящее время заинтересованные министерства и ведомства, прежде всего ГК «Росатом», Минобороны, Минприроды и другие готовят предложения. Необходимо:

1. Описание и анализ ситуации в целом.
2. Оценка возможных угроз и рисков.
3. Разработка общей концепции решения проблемы.
4. Разработка программы работ.
5. Первоочередные (неотложные) действия:
  - безотлагательное решение проблемы К-27;
  - определение источников финансирования;
  - развитие международного сотрудничества в данном направлении;
  - сбор, обобщение и анализ всей имеющейся в ведомствах информации о затопленных объектах;
  - проведение комплексного обследования фактического ядерного, радиационного, радиоэкологического и технического состояний наиболее потенциально опасных объектов, затопленных и затонувших в Арктике;

- прогноз изменения прочности защитных барьеров потенциально опасных объектов и оценка их влияния на население и окружающую среду с учетом международных намерений освоения Арктики;
- определение приоритетности объектов для подъема и утилизации.

**Корр.: — То есть вы считаете, что возможно продолжение программы Глобального партнерства по Арктической теме?**

**Саркисов А.:** — Безусловно. В 2012 г. заканчивается Глобальное партнерство, и его участники должны будут решать вопрос о дальнейшей его судьбе. В 2011 г. в Довиле участники Глобального партнерства первый раз высказались, что считают актуальной задачу подъема затопленных объектов, содержащих ядерное топливо. И второе — рассмотреть вопрос о подъеме других радиационно опасных объектов, которые были затоплены в Арктическом регионе. То есть существует определенная перспектива привлечения участия членов Глобального партнерства к решению этой проблемы. Тем более что это может стать логическим продолжением программы ГП.

Уже сейчас Франция проявляет большой интерес к работе с подводной лодкой К-27. Это связано с тем, что они накопили опыт, когда работали в Гремихе по обращению с ОЯТ. То есть французы заинтересованы технологически — они хотят усилить свой опыт по обращению с жидкометаллическими зонами. Кроме того, они вложили достаточно средств в инфраструктуру Гремихи и хотят использовать ее максимально. Норвегия также проявляет интерес, так как это их регион, и они более всех заинтересованы в очистке этой акватории.

Мы понимаем, что в условиях сложной экономической обстановки новую международную программу создать довольно трудно. Но привлечь для участия в этой работе отдельные страны, входящие в Большую восьмерку, в частности, которые сегодня работают даже в рамках Глобального партнерства, это вполне реально. Потому что там есть страны, которые крайне заинтересованы, чтобы в этом регионе было экологическое благополучие.

Мы готовим сейчас обращение к генеральному секретарю МАГАТЭ. Оно может послужить неким толчком, для того чтобы появился новый этап международного сотрудничества в дальнейшем решении проблем в Арктическом регионе.

**Корр.: — Но есть еще и экономическая сторона вопроса. Есть данные об огромных запасах углеводородов в Арктике. Что сейчас происходит в регионе с разведкой месторождений?**

**Саркисов А.:** — К сожалению, данные по этим запасам на сегодняшний день очень предварительные. Но если взять минимальные оценки, то они являются очень впечатляющими. Извлекаемые ресурсы углеводородов континентального шельфа составляют 83 млрд тонн, а потенциально возможные на ближайшую перспективу составляют около 20 млрд тонн

нефти. По газу расхождения показателей меньше: в среднем 70 трлн кубических метров газа. По нефти — до 20 мтрд тонн извлекаемой. Речь идет об обеспечении нашей страны углеводородами на столетие. Конечно, не все принадлежит России — только примерно 41% этих запасов. Но и этого много.

Поэтому когда начнется масштабная разведка ископаемых, а потом извлечение этих запасов углеводородов в Арктическом регионе, то там появится новая мощная экологическая нагрузка на регион. По моему мнению, для цивилизованной страны оставлять на своей территории на небольшой глубине объекты с ядерным топливом очень неправильно. Поэтому вопросы надо решать в ближайшее время.

Арктика представляет собой интерес не только огромными запасами углеводородов, но и с точки зрения глобальных климатических изменений. Поэтому всякие возмущения природного равновесия в этом регионе могут приводить к изменениям в глобальной климатической картине.

То есть Арктика — это проблема глобального масштаба, но и огромное, глобальное наше достояние.

## Севморпуть: возвращение к чистоте\*

*Наши журнал неоднократно обращался к проблемам экономики и экологии арктического побережья России, к такому многогранному и масштабному достоянию страны как Северный морской путь («Наша власть: дела и лица» №№1, 5 за 2006 г.; №9–10 за 2010 г.). Сейчас, когда в руководящих органах Российской Федерации, в обеих палатах Федерального Собрания, в средствах массовой информации и общественном мнении растет внимание к задаче возрождения и развития Севморпути и примыкающих к трассе территорий, мы намерены сделать эту тему постоянной. Выступая на Международном форуме «Арктика — территория диалога» в сентябре прошлого года, председатель правительства РФ В. В. Путин сформулировал главные приоритеты нашей государственной политики в арктической сфере. В первую очередь, речь идет о создании качественных, комфортных условий для жизни людей. Во-вторых, необходима поддержка новых точек экономического роста, привлечение в регион отечественных и зарубежных инвестиций при самом строгом соблюдении экологических требований. Третий приоритет — вложение серьезных средств в научную и природоохранную инфраструктуру. Наконец, Россия планирует возродить и наращивать свое научное присутствие в Арктике, включая проекты, которые ведут интернациональные команды экспертов. Это ли не широкое поле для публичного обсуждения названных проблем и способов их решения!*

*Сегодняшний наш собеседник — академик РАН, вице-адмирал в отставке, советник РАН в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики А. А. Саркисов. Много лет его научная деятельность связана с вопросами безопасности корабельной ядерной энергетики, радиационной реабилитации арктических морей. То есть с прошлым, настоящим и будущим Севморпути.*

**— Ашот Аракелович, судя по всему, арктическим водам крепко досталось от человека, вооруженного мощной техникой, но далеко не всегда учитывающего последствия своей деятельности? Вспоминаю в этой связи яркий репортажный снимок: у кромки моря бегают с мячом ненецкие ребятишки, а за их спинами — пересекающая горизонт гора бочек из-под солярки и бурые лужи остатков топлива...**

**—** Да, таких сюжетов в Заполярье хватает. Но в этом конкретном случае мы имеем дело с ясно видимой проблемой — пустую металлическую тару надо с Севера вывозить, а не складировать. Однако есть и экологические вопросы, которые находятся вне поля зрения. Здесь нужны другие методы. Прежде всего, речь идет о подводных потенциально опасных объектах, ко-

---

\* Интервью, журнал «Наша власть: дела и лица», 01-02 [112] 2011, корреспондент Николай Тюрин



торые долгое время находятся на дне арктических морей. Надо сказать, что техногенное воздействие на Арктику в последние десятилетия резко возросло. Причина очевидна: интенсивный поиск и освоение новых месторождений газа и нефти на континентальном шельфе, разработка генеральных ресурсов региона. Конечно, влияет на ситуацию и растущая энерговооруженность человека, ведь одно дело — парусник или пароход, и совсем другое — атомный ледокол. Впрочем, до известного времени и специалисты, и мировая общественность в целом не придавали вопросам экологической безопасности должного значения.

**— Вы говорите об эпохе «холодной войны», о гонке ядерных вооружений, когда практически никто всерьез не думал об окружающей среде?**

— Более того, общепринятым считалось, что захороненные на дне морском радиоактивные отходы надежно изолированы толщей воды. Первую такую операцию провели США в 1946 г. в северо-восточной части Тихого океана, затопив изрядную порцию этих веществ в 80 км от побережья Калифорнии. Убежденность в безопасности такой технологии была столь прочной, что данные об активности отходов, об их радионуклидном составе не были зафиксированы должным образом.

Вскоре к практике захоронения радиоактивных отходов прибегли и другие государства: Великобритания, затоплившая их в Северной Атлантике с 1949 г., а затем с 1960 г. Бельгия, избравшая для этой цели пролив Ла-Манш — рядом с побережьем Франции, и многие другие страны. Скажем, Новая Зеландия и Япония вели такие работы вблизи своих берегов в Тихом океане, начиная с 1954 г. В 1959 г. США впервые затопили в Атлантике корпус корабельного ядерного реактора, демонтированного с атомной подводной лодки (АПЛ) «Seawolf».

**— Тем не менее, пробуждение экологического сознания в 70–80-е годы прошлого века постепенно меняло ситуацию...**

— Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) с 1957 года стало разрабатывать методологию безопасного удаления радиоактивных отходов (РАО) в морях. В 1983 г. страны-участницы Лондонской конвенции под давлением «зеленого движения» приняли решение о моратории — добровольной приостановке этого процесса. А в 1993 г. участники Лондонской конвенции, ссылаясь на недостаточную изученность радиоэкологических последствий, запретили затопление любых РАО. Следует заметить, что наша страна удаляла в моря жидкие и твердые РАО, образующиеся при эксплуатации АПЛ и атомных ледоколов, лишь в специально выбранных районах вне интенсивного судоходства и рыболовного промысла.

Многолетний мониторинг распределения техногенных радионуклидов в окружающей среде, регулярно проводимый отечественными и зарубежными специалистами, позволил выделить основные источники радиоактивного загрязнения Арктики. Надо подчеркнуть, что прекращение атмосфер-

ных ядерных испытаний привело к снижению загрязнения окружающей среды в десятки раз. На этом фоне в настоящее время уже практически не проявляются и последствия аварии 1986 г. на Чернобыльской АЭС. Вынос искусственных радионуклидов в моря радиохимическими комбинатами (Великобритания, Франция, Россия) и с водами рек в последние десятилетия также значительно сократился. Например, техногенные радионуклиды, обусловленные сбросами из отечественных ядерных центров (ПО «Маяк», Сибирский химкомбинат и Красноярск-26), практически не оказали влияния на радиоактивность арктических морей. Главный фактор здесь — огромная протяженность Енисея, Иртыша и Оби плюс естественная фильтрация речной воды.



Рис. 1. АПЛ проекта 667 БДР «Зеленоград».

— Значит, за безопасность акватории Арктики можно быть спокойным?

— Я бы здесь не торопился с выводами. Дело в том, что в настоящее время на дне морей северо-западной Арктики находится около 18 тысяч объектов различной степени радиационной опасности. Семь из них содержат делящиеся вещества, входящие в отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) на основе обогащенного урана и относятся к классу ядерно опасных. Прежде всего это три АПЛ, одна из которых («К-27» с двумя корабельными ядерными жидкометаллическими реакторами) была затоплена в 1981 г. вблизи восточного побережья Новой Земли. Две другие АПЛ аварийно затонули: «К-278» («Комсомолец») в 1989 г. в Норвежском море, «К-159» в 2003 г. — в Баренцевом море.

Кроме того, в 60-х годах в бухтах восточного побережья Новой Земли были затоплены пять реакторных отсеков с корабельными и судовыми ядерными энергетическими установками, две из которых содержат ОЯТ, и специальный контейнер с экранной сборкой, содержащей часть ОЯТ одного из реакторов атомного ледокола «Ленин». В Новоземельской впадине Карского моря затоплена баржа с содержащим ОЯТ аварийным реактором, выгруженным из АПЛ.



Рис. 2. Атомный ледокол «Арктика» проекта 10520 (1972 г.).

— Такие факты весьма тревожны...

— Всякой тревоге должна быть своя мера. До настоящего времени не выявлено сколько-нибудь существенного влияния погибших российских АПЛ и других затопленных объектов на радиоэкологическую обстановку в арктическом регионе. Причина в том, что они имеют специальную многослойную защиту, предотвращающую прямой контакт ядерного топлива с морской водой в течение многих десятков лет.

Однако даже при таких условиях в результате деградации защитных барьеров наступит (хотя не завтра, но все-таки) период постепенного выхода радионуклидов в морскую воду, то есть ныне потенциально опасные источники со временем превратятся в реальные. В дальнейшем их будет крайне сложно поднять со дна, поскольку, к примеру, через 10–20 лет в результате коррозии разрушится легкий корпус реакторного отсека, через 60–80 лет — торцевые переборки этого отсека, а через 200–250 лет разрушатся защитные барьеры, и реакторы и реакторное оборудование окажутся на дне без внешней оболочки. Можем ли мы быть спокойными сейчас, оставляя такое наследство грядущим поколениям?

— Что же делать сегодня и в перспективе?

— Прежде всего, необходимо привлечь внимание к актуальности этой проблемы не только нашей страны, но и международного сообщества. Ведь надо иметь в виду, что Арктика является ценнейшим достоянием всего человечества. Начать надо с тщательного обследования состояния затопленных и затонувших объектов, выявления наиболее потенциально опасных из них и разработки комплексного плана радиоэкологической реабилитации акваторий. В России и в мире имеется немалый опыт выполнения подобных работ. Ярким примером эффективного решения похожей проблемы стал подъем затонувшей аварийной АПЛ «Курск», который выполнила голландская компания «Маммут» в 2002 году. Используемые при этом современные технологии подъема тяжелых объектов большого объема дают уверенность в возможности полной реабилитации акваторий, загрязненных РАО. Понятно, что это направление международной деятельности требует больших финансовых вложений, доброй воли правительств экономически развитых стран и поддержки общественности. А нагрузка на СМП в ближайшее время будет только возрастать. Острый интерес к нему проявляют сейчас даже Китай и Южная Корея, не говоря уж о приарктических странах. Тут есть о чем подумать нам всем.

— Может быть, во имя экологической чистоты следует несколько ограничить применение атомных судов на трассе Севморпути?

— Вряд ли это возможно и целесообразно в условиях активного развития экономики арктического побережья и арктического морского шельфа России. Ведь мы не в состоянии откатиться лет на сто назад. Атомному ледокольному флоту здесь альтернативы нет! Достаточно сказать, что дизель-





**Рис. 3.** Атомный ледокол «Арктика» проекта 22220 (2019 г.).

электрический ледокол с мощностью, аналогичной атомному ледоколу, сжигал бы в сутки примерно 300 тонн органического топлива, загрязняя продуктами сгорания воздушный бассейн. Для обеспечения автономности плавания в течение двух месяцев необходим запас топлива до 20 тысяч тонн. Это нереально! Даже если допустить такой вариант, осадка судна составила бы 12–13 метров, что не позволило бы работать на большинстве акваторий сравнительно мелководных арктических морей. Кроме того, с учетом существующего уровня цен на органическое и ядерное топливо удельная стоимость прокладки одной мили канала атомным ледоколом во льдах в 6–8 раз ниже аналогичного показателя для дизель-электрических судов.

Так что ходили, ходим и будем ходить на оснащенных ядерными энергетическими установками мощных ледоколах, способных решать любые задачи полярного судовождения. Но делать это следует с умом, с постоянной заботой о безопасности природы Арктики и живущих здесь людей.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>НАУКА И ОБУЧЕНИЕ</b> .....	<b>5</b>
Единство науки и преподавания как наиболее эффективная стратегия подготовки кадров высшей квалификации .....	6
Что потеряла Россия .....	20
Когда нейтрон был «нулевой точкой» .....	32
Без разрыва непрерывности .....	36
Наука, религия и жизнь .....	46
Об ученых титулах .....	57
О выборах в Академию наук .....	71
О проблемах и перспективах российской науки .....	90
О роли Сталина в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. ....	93
В огне Первой мировой .....	103
<b>О РОЛИ НАУКИ В РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПОДВОДНОГО ФЛОТА</b> .....	<b>109</b>
Научный и гражданский подвиг академика А. П. Александрова в разработке методов создания технических средств и проведении работ по практическому размагничиванию кораблей в период Великой Отечественной войны .....	110
Роль Академии наук в обеспечении защиты и скрытности кораблей ВМФ .....	126
Роль ученых Российской академии наук в истории развития отечественного подводного флота .....	140
К истории создания отечественного атомного подводного флота .....	158
Подводный флот: вклад российской науки .....	170
Феномен АП .....	184

Техника без опасности. ....	188
Ядерная авария на атомной подводной лодке в бухте Чажма. Реконструкция событий и анализ последствий. ....	193
На защите родины экономить нельзя. ....	219
Феномен восприятия общественным сознанием опасности, связанной с ядерной энергетикой. ....	239
Свинец-висмут — технология, опередившая время. ....	255
Атомные станции малых мощностей. ....	270

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ АТОМНОГО ФЛОТА. .... 279**

Стратегическое планирование и его применение при решении комплексных инженерных и технических проблем . ....	280
К вопросу о ликвидации радиоактивных загрязнений в Арктическом регионе . ....	297
О международном сотрудничестве в сфере утилизации АПЛ. Интервью . ....	323
Работа по разработке Стратегического мастер-плана является уникальной . ....	331
Стратегический мастер-план комплексной утилизации АПЛ. Воспоминания участников разработки . ....	342
Мы говорим — Арктика, подразумеваем — «Росатом»... ..	368
Арктика — глобальная проблема и глобальное достояние . ....	376
Севморпуть: возвращение к чистоте . ....	384

*Монография*

**А. А. Саркисов**

**О некоторых актуальных проблемах  
современной науки и образования**

Подписано в печать 29. 11. 2019

Формат 70х100/16

Гарнитура Times

Печ. л. 24,5. Уч.-изд. л. 24,20

Тираж 300 экз.

Издатель — Российская академия наук

Верстка – Ларичева М.М.

Отпечатано ООО «Тип-Топ»

Издается по решению Научно-издательского совета  
Российской академии наук (НИСО РАН)  
и распространяется бесплатно