

# атомная СТРАТЕГИЯ

[www.proatom.ru](http://www.proatom.ru)

ОКТАБРЬ 2020

# УЖИ

#167



**РАДИОАКТИВНЫЙ**

**ГРАФИТ:**

**ЗАКОПАЛ И ЗАБЫЛ?**

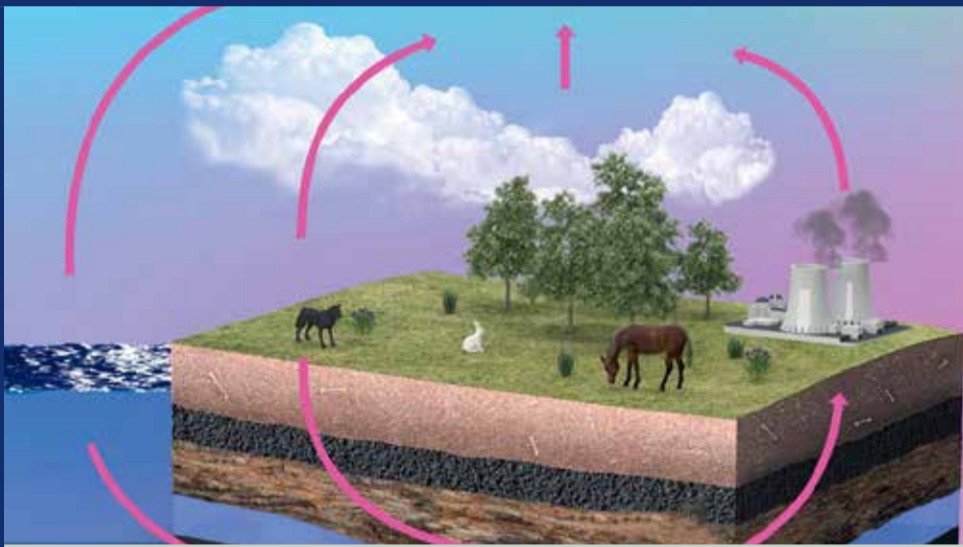
Стр. 3–11

**Подписка 2021**



## На Ленинградской АЭС ...выбран вариант немедленной ликвидации блока

стр. **5**



## Радиоактивный углерод по цепочке оказывается в человеке

стр. **6**

В течение всего срока службы ядерных объектов

## третий диффундирует

в здания, в конструкции, в металлы, в оборудование

стр. **10**

## Появились суда двойного действия

которые во льдах работают задним ходом, имея повышенную ледопробиваемость за счет рассасывающего и размывающего действия гребных винтов

стр. **19**



## Солнечные космические энергетические системы в России



стр. **25**

Не столь ли тревожного «звоночка» ждали на Большой Ордынке от такого вот голосования?

стр. **28**

## Содержание

Вывод из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами, обращение с облученным реакторным графитом. Вызовы и возможные решения	3
Вывод из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами. <b>А.А. Талевлин</b>	5
Критерий выбора технологии утилизации реакторного графита. <b>А.М. Германский</b>	6
Выбросы трития из выведенных из эксплуатации реакторов. <b>Ян Фэрли</b>	8
Вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС по технологии «Зеленый курган». <b>С.В. Коровкин, Е.В. Тутунина</b>	10
Строительство исследовательской установки МБИР вышло на новый этап	8
Ядерная деятельность США в гражданской сфере в 2020 году	16
О ледовой классификации Правил морского Регистра. <b>Л.Г. Цой</b>	19
Цена научно-технического прогресса, подводной службы и человеческой жизни. Бель. <b>Н.Я. Щербина</b>	22
«Не зелёная» часть солнечной энергетики (СКЭС). <b>Б.В. Сазыкин</b>	25
Выбор из «заключённых». <b>Владимир Долгих</b>	28
Деградация медицины Удомельской части «СТРАНЫ РОСАТОМ»	30
Взгляд за горизонт. <b>О.Л. Фиговский</b>	31



№ 167, октябрь 2020 г.  
Основан в Санкт-Петербурге в марте 2002 г.

Учредитель и Издатель ЗАО «ОВИЗО»  
Свидетельство о регистрации журнала «Атомная стратегия»: № ПИ 2-6494 от 21.03.2003 в Северо-Западном окружном межрегиональном территориальном управлении Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций (г. Санкт-Петербург)

Главный редактор – **Олег Двойников**.  
Редактор сайта [www.proatom.ru](http://www.proatom.ru) – **Людмила Селивановская**.  
Редактор – **Тамара Девятова**.  
Дизайн обложки и верстка – **Андрей Голубков**.

Почтовый адрес: 196070, Санкт-Петербург, а/я 127, АО «ОВИЗО»  
Тел.: +7(812)438-3277, +7(921)958-9004.  
E-mail: [info@proatom.ru](mailto:info@proatom.ru);  
[www.proatom.ru](http://www.proatom.ru)  
Подписано в печать 07.12.2020 г.

За содержание публикуемых в журнале информационных и рекламных материалов ответственность несут авторы. Редакция предоставляет возможность высказаться по существу, однако имеет свое представление о проблемах, которое не всегда совпадает с мнением авторов. Редакция рукописи не возвращает и оставляет за собой право редактирования информационных материалов.

**Распространение:**  
почтовая рассылка специалистам предприятий и организаций атомной отрасли, политикам, руководителям крупнейших предприятий и организаций энергетики, участникам выставок и конференций, подписчикам и рекламодателям.

Редакция благодарна авторам статей и рекламодателям за поддержку журнала «Атомная стратегия». При перепечатке ссылка на журнал «Атомная стратегия» и предприятие «ОВИЗО» обязательна. Журнал «Атомная стратегия» выходит с периодичностью 12 раз в год.

**Отдел рекламы:**  
тел. +7(812)438-3277. E-mail: [info@proatom.ru](mailto:info@proatom.ru)

Стоимость подписки на один экземпляр с рассылкой в пределах России – 4800 рублей.

# Вывод из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами, обращение с облученным реакторным графитом. Вызовы и возможные решения

17 октября 2020 года прошла международная онлайн конференция «Вывод из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами, обращение с облученным реакторным графитом. Вызовы и возможные решения»

## Миссия конференции:

Продвижение безопасного социально-экологически приемлемого вывода из эксплуатации атомных электростанций (АЭС) с уран-графитовыми реакторами и обращения с облученным графитом, учитывающего мировой опыт и опирающегося на эффективное взаимодействие всех заинтересованных сторон.

## Задачи конференции:

- обсуждение современных тенденций и существующего опыта вывода из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами и безопасного обращения с облученным реакторным графитом;
- обсуждение возможных социальных и экологических последствий воздействия радиоактивного углерода C14 на экосистемы и популяции;
- обсуждение правового регулирования безопасного вывода из эксплуатации АЭС в России;
- обсуждение возможных заинтересованных сторон, механизмов их взаимодействия и учета их интересов для принятия сбалансированных решений;
- обсуждение роли регионов, муниципалитетов и заинтересованной общественности при выводе из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами.

## Основания для проведения конференции

По данным МАГАТЭ в мире более 120 уран-графитовых реакторов, находящихся в разных стадиях эксплуатации. На них наработано порядка 260000 тонн облученного реакторного графита.

Пока не существует общепризнанных социально и экологически приемлемых технологий безопасного вывода из эксплуатации реакторов этого типа, а также долговременной изоляции облученного реакторного графита, содержащего радиоуглерод C14 с периодом полураспада 5730 лет.

В России начинается этап массового вывода из эксплуатации уран-графитовых реакторов (УГР) РБМК-1000. В 2018 году окончательно остановлен старейший из реакторов этого типа Ленинградской АЭС (ЛАЭС). Официальная Концепция вывода из эксплуатации энергоблоков Ленинградской АЭС с реакторами РБМК-1000



предполагает изъятие графита из реакторов и размещение его в пока не существующем глубинном могильнике.

На базе ЛАЭС создан Опытно-демонстрационный инженерный центр по выводу из эксплуатации канальных реакторов (ОДИЦ) для обобщения опыта и его последующего тиражирования на других станциях.

Опубликовано [Заключение общественной экспертизы по «Концепции вывода из эксплуатации энергоблоков Ленинградской АЭС с реакторами РБМК-1000»](#), а также [доклад Обращение с Графитом при Выводе Реакторов РБМК](#), который [обсуждался на портале ПроАтом](#).

К концу текущего десятилетия число окончательно остановленных реакторов УГР РБМК-1000 на Ленинградской, Курской, Смоленской АЭС достигнет 10.

МАГАТЭ в своем [документе](#) отмечает, что «... заинтересованные стороны должны быть вовлечены в процесс лицензирования вывода из эксплуатации, равно как и прекращения действия лицензии, и должны иметь возможность представить замечания до принятия решений регулирующим органом о выдаче или прекращении действия разрешения на вывод из эксплуатации».

## В конференции участвовали:

- представитель Законодательного Собрания Ленинградской области;
- эксперты из научных и конструкторских организаций Росатома;
- независимые эксперты атомной индустрии

и экологи России, Литвы, Великобритании, США, вовлеченные в процесс вывода из эксплуатации атомных объектов, и оценку возможных последствий воздействия на природные экосистемы;

- заинтересованная общественность России, Литвы, Норвегии, США вовлеченная в процесс вывода из эксплуатации атомных объектов.

## На конференции были сделаны и обсуждены доклады:

**Андрей Александрович Талевлин**, к.ю.н., общественное движение За Природу, международная сеть ДекомАтом, Челябинск, Россия.

«Основы правового регулирования вывода из эксплуатации ядерных установок» Показана необходимость совершенствования существующего законодательства, а также разработка новых региональных законов, усиливающих роль регионов, муниципалитетов и заинтересованной общественности при строительстве новых и выводе из эксплуатации атомных объектов.

**Николай Алексеевич Кузьмин**, г. Сосновый Бор, Ленинградская область, Россия, зам. председателя Постоянной комиссии по экологии и природопользованию Законодательного Собрания Ленинградской области.

Вывод из эксплуатации объектов атомной энергии: роль регионов. О проекте областного закона О регулировании отдельных вопросов в области обеспечения радиационной безопас-

ности населения в Ленинградской области

**Олег Энверович Муратов**, к.т.н., Санкт-Петербург, член Общественного совета госкорпорации Росатом.

Проблемы обращения с облученным графитом при выводе из эксплуатации уран-графитовых реакторов. Об опыте обращения с облученным реакторным графитом в России и других странах.

**Дэвид Лоури (Dr. David Lowry)**, доктор, Лондон, Англия, старший международный научный сотрудник Института исследований ресурсов и безопасности, Кембридж, Массачусетс, США (проживает в Лондоне)

Особые проблемы управления наследием облученного графита в Великобритании. Об опыте Великобритании решения проблем изоляции облученного реакторного графита.

**Александр Михайлович Германский**, к.т.н., Санкт-Петербург, Россия,

Критерий выбора технологии утилизации реакторного графита. О важности учета биологической и генетической значимости радиоактивного углерода C14 при выборе технологии его долговременной изоляции и возможных последствиях для природы и людей в случае его поступления в природные экосистемы в виде двуокси углерода. Эпидемия коронавируса как эко-ядерных испытаний в атмосфере

**Коровкин Сергей Викторович**, Москва, главный специалист АО Атомэнергопроект

Вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС по технологии «Зеленый курган». О способе долговременной изоляции реакторной установки с помощью запатентованной технологии «Зеленый курган».

**Борис Ефимович Серебряков**, к.ф.-м.н. Москва, Россия,

О недопустимости захоронения ядерных реакторов на месте. О критериях показывающих опасность захоронения реакторных установок на месте.

**Ян Фэрли (Ian Fairlie)**, доктор, Лондон, Англия, независимый консультант по радиоактивности в окружающей среде,

Выбросы трития из выведенных из эксплуатации реакторов. О недооценке значимости воздействия на среду обитания радиоактивного трития, поступающего в среду обитания при выводе из эксплуатации АЭС и переработке отработанного ядерного топлива.

**Шевалдин Виктор Николаевич**, Висагинас, Литва, бывший Генеральный директор Игналинской АЭС (видеопрезентация 2018 года)

Опыт планирования и вывода из эксплуатации Игналинской АЭС. О практическом опыте планирования и вывода из эксплуатации Игналинской АЭС и желательности его учета при планировании вывода Ленинградской АЭС, в том числе при обращении с облученным реакторным графитом.

**Кузнецов Владимир Николаевич**, г. Висагинас, Литва, председатель Объединение ветеранов Игналинской АЭС, бывший заместитель начальника реакторных цехов Ленинградской, Игналинской, Чернобыльской АЭС

Первый в мире вывод из эксплуатации двухблочной Игналинская АЭС с реакторами РБМК. Об технологическом опыте и некоторых ошибках при выводе Игналинской АЭС, которых стоит избежать при выводе Ленинградской АЭС.

**Олег Викторович Бодров**, г. Сосновый Бор, Ленинградской области, генеральный директор ООО Декомиссия, председатель Общественного совета южного берега Финского залива, Проект Рекомендаций Конференции при планировании и мониторинге вывода из эксплуатации энергоблоков ЛАЭС и обращения с реакторным графитом.

Участники Конференции после обсуждения докладов приняли проект рекомендаций, которые были доработаны членами оргкомитета.

## Рекомендации конференции:

1. Правительству РФ совместно с Росатомом, а также Министерству энергетики Литвы: **пересмотреть принцип обязательного захоронения облученного реакторного графита** в пользу долговременного, контролируемого хранения.

Это позволит:

- легче осуществлять мониторинг состояния инженерных и природных барьеров безопасности этих долгоживущих радиоактивных отходов (РАО);
- утилизировать РАО исходя из новых более безопасных технологий в случае их появления;
- более безопасно ликвидировать негативные последствия при чрезвычайной ситуации природного или антропогенного характера.

2. Законодательному Собранию Ленинградской области: **принять областной закон «О полномочиях органов государственной власти Ленинградской области в сфере обеспечения радиационной безопасности населения и использования атомной энергии»**, для более широкого вовлечения регионов, муниципалитетов и заинтересованной общественности в процесс принятия решений при разработке и реализации проектов связанных с атомной энергетикой, в том числе с выводом из эксплуатации УГР.

3. Правительству Ленинградской области совместно с Правительством Санкт-Петербурга: **воссоздать межрегиональную экологическую лабораторию** (Санкт-Петербург и Ленинградская область) для комплексного экологического мониторинга южного берега Финского залива и возможности принятия сбалансированных управленческих решений для обеспечения воспроизводства здоровой среды обитания.

4. Оператору Ленинградской АЭС (Концерну Росэнергоатом):

- **отложить фрагментацию, демонтаж металлоконструкций**, технологических и других каналов, а также графитовой кладки реакторов РБМК-1000 ЛАЭС

до разработки безопасных, экологически и экономически приемлемых промышленных технологий их утилизации, долговременной изоляции или перевода в нерадиоактивное состояние;

- **рассмотреть возможность использования курганной технологии и других возможных вариантов** временной (на 100–300 лет) изоляции облученного реакторного графита с исключением выщелачивания радиоуглерода C14 водой и минимизации негативных последствий обращения с облученным реакторным графитом непосредственно после окончательной остановки энергоблоков. В конечном итоге реакторная установка может быть законсервирована в соответствии с требованиями по захоронению радиоактивных отходов, в приемлемых радиационно- и экологически-безопасных условиях;
- **не перемещать облученный реакторный графит**, учитывая его чрезвычайно опасные свойства, приобретенные в процессе облучения нейтронами (выделение H3 и C136 в окружающую среду); в случае крайней необходимости перемещение целесообразно осуществлять на минимальные расстояния от мест его образования.

5. Органам местного самоуправления г. Сосновый Бор: **создать «Общественный совет по экологии и энергетике при администрации Соснового Бора»** для обсуждения проектов оценки воздействия на окружающую среду и выработки рекомендаций органам местного самоуправления по социальным, экологическим, проблемам, возникающим при выводе из эксплуатации АЭС.

В состав такого Совета (7–8 человек) могут входить ветераны АЭС, представители профсоюза АЭС, муниципальные депутаты, представители заинтересованной общественности

## Организаторы Конференции:

- Международная сеть ДекомАтом;
- Общественный совет южного берега Финского залива при ООО Декомиссия;
- Объединение ветеранов Игналинской АЭС.

## Члены Оргкомитета конференции:

**Бодров Олег Викторович**, Генеральный директор ООО Декомиссия, председатель Общественного совета южного берега Финского залива, координатор международной сети ДекомАтом, г. Сосновый Бор, Ленинградской области, Россия, координатор оргкомитета;

**Кузьмин Николай Алексеевич**, зам. председателя Постоянной комиссии по экологии и природопользованию, Законодательного Собрания Ленинградской области, г. Сосновый Бор, Ленинградской области, Россия;

**Кузнецов Владимир Николаевич**, председатель Объединения ветеранов Игналинской АЭС, зам. руководителя Рабочей группы по экологии и энергетике при Мэре г. Висагинас, Литва, координатор международной сети ДекомАтом, бывший зам. нач. реакторных цехов Ленинградской, Игналинской, и Чернобыльской атомных станций, г. Висагинас, Литва;

**Муратов Олег Энверович**, к.т.н. член Общественного совета Росатома, Санкт-Петербург, Россия;

**Талевлин Андрей Александрович**, к.ю.н. доцент экологического права Челябинского Государственного Университета, Председатель общественного движения За Природу, координатор сети ДекомАтом, г. Челябинск, Россия;

**Шумская Елена Владимировна**, Общественный совет южного берега Финского залива, секретарь оргкомитета, г. Сосновый Бор, Россия. Видеозапись ZOOM конференции: <https://youtu.be/F6yyY520n9Y>

Конференция [на Радио Свобода](https://www.youtube.com/watch?v=CceWEVLWeUA)

## Приложение:

Некоторые материалы о мировом опыте вывода из эксплуатации АЭС, обращении с РАО и ОЯТ, подготовленные сетью «Декомиссия»



1. Керсти Альбум, Олег Бодров и др. «Концепция плана вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС, выработавших проектный ресурс. Предложения общественных экологических организаций», 2008 год, 98 стр. Обобщение опыта вывода из эксплуатации АЭС, обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, решения комплекса социально-экологических и технологических проблем в России, Литве, Германии и некоторых других странах. [http://www.greenworld.org.ru/sites/default/greenfiles/conception\\_rus\\_1610.pdf](http://www.greenworld.org.ru/sites/default/greenfiles/conception_rus_1610.pdf)

2. «Вывод из эксплуатации старых АЭС», дистанционный курс обучения студентов по комплексному решению проблем вывода из эксплуатации АЭС, обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами на основе мирового опыта. Совместно с университетом Коннектикут (США). <https://draft.decom.geography.uconn.edu/#>

3. Олег Бодров, Юрий Иванов, Андрей Талевлин, Ингвельд Лорентзен, «Вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС, выработавших проектный ресурс», ПроАтом 27.11.2012, Результаты обсуждения в формате круглого стола комплекса проблем и возможных решений при выводе из эксплуатации АЭС. <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4158>

4. «Когда приходит час», документальный фильм 25 минут. Опыт Литвы по комплексному решению технологических, экологических, социальных и политических проблем при выводе из эксплуатации Игналинской АЭС, 2005 год. <https://www.youtube.com/watch?v=bAcDvUuES7Y&feature=youtu.be>

5. «В поисках решения», документальный фильм 23 минуты, 2006 год. Опыт Литвы по комплексному решению проблем вывода из эксплуатации Игналинской АЭС глазами представителей российских муниципальных властей г. Сосновый Бор, работников и профсоюзных лидеров Ленинградской и Нововоронежской АЭС. <https://www.youtube.com/watch?v=CceWEVLWeUA>

6. «АЭС Грейфсвальд. Остановка по требованию», документальный фильм 21 минута, 2007 год. О реализации крупнейшего в мире проекта по выводу из эксплуатации АЭС Грейфсвальд (Норд) на балтийском побережье Германии и построении эффективной системы взаимодействия властей, атомного бизнеса и общественности для учета интересов всех заинтересованных сторон. <https://www.youtube.com/watch?v=F178LmDcW8>

7. «В поисках взаимодействия», документальный фильм 20 минут, 2008 год, Немецкий опыт комплексного решения социально-экологических, технологических и социальных проблем при выводе из эксплуатации АЭС Грейфсвальд (Норд) глазами российских представителей властей Мурманской области,

атомных муниципалитетов г. Сосновый Бор (Ленинградская область), Полярные Зори (Мурманская область), работников и профсоюзных лидеров Кольской АЭС и журналистов. <https://www.youtube.com/watch?v=gyAkRwe7VQc>

8. «Все что в наших силах», документальный фильм 44 минуты, 2010 год. Опыт США по выводу из эксплуатации АЭС Мэйн Янки до состояния зеленой лужайки и взаимодействие общества, регулятора ядерной безопасности и атомного бизнеса для обеспечения безопасности этого процесса. <https://www.youtube.com/watch?v=d3MCPqGwURk>

9. «Вермонт штат против Вермонт Янки», документальный фильм, 35 минут, 2012 год. О конфликте интересов региональных властей штата Вермонт (США), общественности и атомного бизнеса и методах его регулирования при принятии решения владельцами АЭС о продлении эксплуатационного ресурса, АЭС Вермонт Янки. <https://youtu.be/jtROOExJz00>

10. «Территория непригодная для жизни», документальный фильм, 32 минуты, 2009 год. О социально-экологических последствиях производстве деятельности ПО «Маяк», ЗАТО Озерск, Челябинской области при производстве оружейного плутония, переработке ОЯТ Кольской АЭС для производства свежего топлива для Ленинградской АЭС. <https://www.youtube.com/watch?v=E3t5u1Aj6Q>

11. «Особенности национального могилостроения», документальный фильм, 38 минут, 2014 год. О продвижении проектов захоронения радиоактивных отходов в Ленинградской области, Красноярском крае, реакция общества, региональных властей и возможных механизмах оптимального решения с учетом заинтересованных сторон. <https://www.youtube.com/watch?v=WTKfCnXt58Q&t=20s>

12. «Вывод из эксплуатации АЭС» цикл из 7-ми коротких инфо-роликов для политиков, студентов и общественности по решению ключевых проблемам вывода из эксплуатации. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLnMD4KjErBG0bsyLCwoRkCoStfJdC1XN->

# Вывод из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами

17 октября 2020 г. в формате онлайн прошла международная конференция «Вывод из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами, обращение с облученным реакторным графитом. Вызовы и возможные решения».

Конференция была организована с целью обсуждения:

- современных тенденций и существующего опыта вывода из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами и безопасного обращения с облученным реакторным графитом;
- возможных социальных и экологических последствий воздействия радиоактивного углерода <sup>14</sup>C на экосистемы и популяции;
- правового регулирования безопасного вывода из эксплуатации АЭС в России;
- возможных заинтересованных сторон, механизмов их взаимодействия и учета их интересов для принятия сбалансированных решений;
- роли регионов, муниципалитетов и заинтересованной общественности при выводе из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами.

По данным МАГАТЭ в мире более 120 уран-графитовых реакторов, находящихся в разных стадиях эксплуатации. На них наработано порядка 260000 т облученного реакторного графита. Пока не существует общепризнанных социально и экологически приемлемых технологий безопасного вывода из эксплуатации реакторов этого типа, а также долговременной изоляции облученного реакторного графита, содержащего радиоуглерод <sup>14</sup>C с периодом полураспада 5730 лет.

В России начинается этап массового вывода из эксплуатации уран-графитовых реакторов (УГР) РБМК-1000. В 2018 г. окончательно остановлен старейший из реакторов этого типа Ленинградской АЭС. Официальная Концепция вывода из эксплуатации энергоблоков ЛАЭС с реакторами РБМК-1000 предполагает изъятие графита из реакторов и размещение его в пока не существующем глубинном могильнике. На базе ЛАЭС создан Опытно-демонстрационный инженерный центр по выводу из эксплуатации канальных реакторов (ОДИЦ) для обобщения опыта и его последующего тиражирования на других станциях.

Опубликовано [Заключение общественной экспертизы по «Концепции вывода из эксплуатации энергоблоков Ленинградской АЭС с реакторами РБМК-1000»](#), а также доклад «[Обращение с графитом при выводе реакторов РБМК](#)», который [обсуждался](#) на портале ПроАтом.

К концу текущего десятилетия число окончательно остановленных реакторов УГР РБМК-1000 на Ленинградской, Курской, Смоленской АЭС достигнет 10. МАГАТЭ в своем [документе](#) отмечает, что «...заинтересованные стороны должны быть вовлечены в процесс лицензирования вывода из эксплуатации, равно как и прекращения действия лицензии, и должны иметь возможность представить замечания до принятия решений регулирующим органом о выдаче или прекращении действия разрешения на вывод из эксплуатации».

В конференции приняли участие:

- представитель Законодательного Собрания Ленинградской области;
- эксперты из научных и конструкторских организаций Росатома;
- независимые эксперты атомной индустрии и экологи России, Литвы, Великобритании, США, вовлеченные в процесс вывода из эксплуатации атомных объектов,

и оценку возможных последствий воздействия на природные экосистемы;

- заинтересованная общественность России, Литвы, Норвегии, США вовлеченная в процесс вывода из эксплуатации атомных объектов.

**Представляем выступление Талевлина А.А., общественное движение «За природу» (Челябинск), к.ю.н.**



## Основы правового регулирования вывода из эксплуатации ядерных установок

В настоящее время действует система федеральных норм и правил, включающая в себя 89 документов, устанавливающих требования по безопасности для объектов использования атомной энергии и видов деятельности в области использования атомной энергии. Данные нормы и правила принимались Госатомнадзором России, а затем его приемником Ростехнадзором России.

Исходя из общеправовых принципов государственной политики России в области декомиссии, обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом не должна противоречить основным правам и законным интересам своих граждан.

Закон «Об использовании атомной энергии» регламентирует порядок и меры по обеспечению вывода из эксплуатации ядерных установок, создание пунктов хранения, которые должны быть предусмотрены в процессе всего жизненного цикла таких объектов, начиная с его проекта.

## Нормативное регулирование

Правила вывода из эксплуатации ядерных установок и пунктов хранения закреплены в Общих положениях обеспечения безопасности атомных станций (НП-001–15) и Правилах обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции (НП-012–16, утвержденных Приказом Ростехнадзора от 10.01.2017 № 5) и др.

Согласно правилам (НП-012–16) на всех этапах жизненного цикла блока АЭС, предшествующих его выводу из эксплуатации, эксплуатирующей организацией должно осуществляться планирование вывода из эксплуатации блока АЭС путем разработки концепции вывода из эксплуатации блока АЭС и ее последующего пересмотра (уточнения).

## НП-012—16

Данными правилами установлено:

- Не позднее, чем за пять лет до истечения проектного срока службы блока АЭС, эксплуатирующая организация на основе концепции вывода АЭС из эксплуатации,

а также результатов анализа проектной документации и опыта эксплуатации должна обеспечить разработку программы вывода блока АЭС из эксплуатации.

- разработка данной концепции для всех энергоблоков должна быть произведена в течение двух лет после вступления в силу данных правил, то есть не позднее 22 февраля 2019 г.

На основе концепции разрабатываются:

- программа вывода из эксплуатации блока АЭС;
- программа и график работ по демонтажу оборудования и систем блока АЭС;
- проектная документация вывода из эксплуатации блока АЭС.

Вывод из эксплуатации ядерных установок и пунктов хранения нуждается в лицензировании (ст. 26 ФЗ Об использовании атомной энергии). Указанный вид деятельности содержится в перечне (утв. постановлением Правительства РФ от 29 марта 2013 г. № 280).

Согласно положениям ст. 11, 12 ФЗ «Об экологической экспертизе» материалы обоснования лицензий на осуществление деятельности по выводу из эксплуатации ядерных установок и пунктов хранения являются объектом обязательной экологической экспертизы.

Порядок согласования решений о выводе из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения утвержден Приказом «Росатома».

Концепция вывода из эксплуатации блока АЭС должна быть представлена в виде отчета по обоснованию безопасности блока АЭС или документов, заменяющих его (техническое обоснование безопасности блока АЭС, техническое обоснование безопасности реакторной установки и отчет по углубленной оценке безопасности).

Концепция вывода из эксплуатации блока АЭС должна содержать:

- условия, при которых должен осуществляться пересмотр (уточнение) концепции вывода из эксплуатации блока АЭС, обеспечивающие поддержание концепции в актуальном состоянии.
- оценку общего количества (объема и активности), вида, категории и классов РАО, образующихся при выводе из эксплуатации блока АЭС.

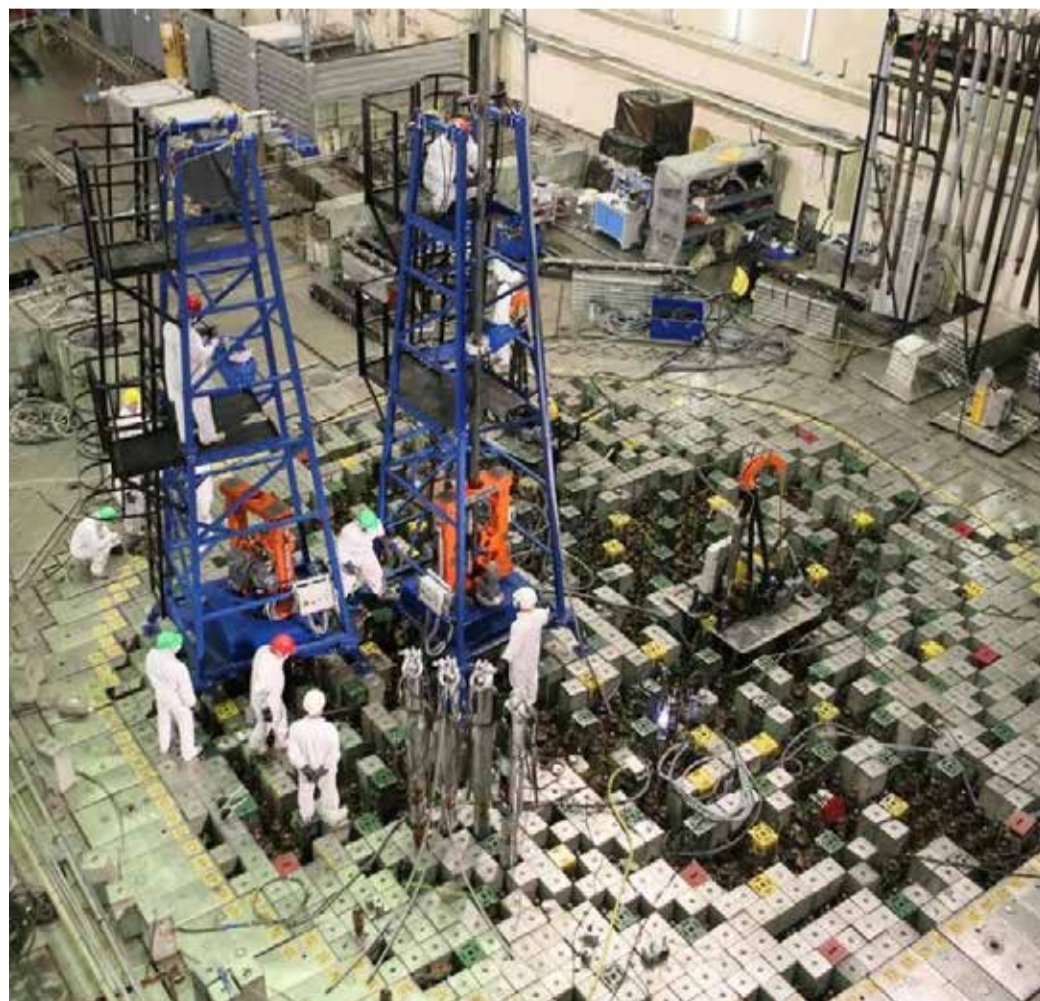
## Нововоронежская АЭС

Для вывода из эксплуатации энергоблоков № 1, 2 Нововоронежской АЭС изначально был выбран вариант длительной консервации блоков и сохранения под наблюдением локализованного высокоактивного оборудования с последующей ликвидацией. После 2017 г. концепция была пересмотрена и выбран сценарий «немедленный демонтаж» блоков № 1,2 Нововоронежской АЭС со сроком завершения работ в 2035 г.

## Ленинградская АЭС

На Ленинградской АЭС на сегодняшний день разработаны все четыре программы вывода из эксплуатации четырех блоков ЛАЭС-1. Выбран вариант немедленной ликвидации (немедленный демонтаж) блоков, при котором работы по демонтажу или дезактивации зданий, сооружений, систем и элементов блока АЭС начинаются непосредственно после прекращения эксплуатации блока АЭС.

Планы вывода из эксплуатации необходимо строить из условия обеспечения устойчивого, сбалансированного развития регионов размещения АЭС и мест предполагаемого размещения (переработки) РАО и ОЯТ. Вывод из эксплуатации старых энергоблоков АЭС не только технико-экологическая проблема, но и социально-этическая. Ее решение позволит судить о цивилизованности того или иного общества.



# Критерий выбора технологии утилизации реакторного графита

Работа посвящена анализу рисков, связанных с содержанием радиоактивного углерода в утилизируемом графите. В течение многих лет автор исследовал последствия поступления радиоактивного углерода в виде  $^{14}\text{C}$  в природную среду и последствия этого загрязнения. Радиоактивный углерод, преобразуясь в радиоактивный диоксид углерода  $^{14}\text{CO}_2$ , поступая в атмосферу, связывается растениями и по пищевой цепочке оказывается во всех живых организмах, в том числе, человеке. Становясь частью генетических молекул, он серьезно сказывается на продолжительности жизни человеческих популяций. Это говорит о важности системного анализа риска обращения с радиоактивным графитом, несмотря на чрезвычайно малые концентрации  $^{14}\text{CO}_2$  в атмосфере.

Образование радиоактивного углерода в реакторе происходит в основном в результате реакции  $^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{14}\text{C} + p$ . Образующийся в отсутствие кислорода  $^{14}\text{C}$  в виде ультрадисперсных частиц адсорбируется на поверхностях реакторного графита. Суммарная активность такого графита показана в табл. 1.

человека происходит по весьма драматичному сценарию, который более 60 лет назад сформулировал академик А. Д. Сахаров. Оценки, сделанные Сахаровым в 1958 г., показали, что в результате ядерных испытаний в атмосфере содержание  $^{14}\text{C}$  в атмосфере увеличится в разы (рис. 1).

От такого эффекта пострадают миллионы людей. Руководству ядерных стран хватило



А.М. Германский  
к.т.н., Санкт-Петербург

раз при выборе технологии утилизации реакторного графита.

Оппоненты могут возразить: исходная концентрация  $^{14}\text{C}$  столь мала (1 атом изотопа на  $10^{12}$  атомов углерода), что не может играть значимой роли в смертности людей даже при увеличении её в разы. С учетом численных значений периода полураспада  $^{14}\text{C}$  —  $T=5730$  лет; количества атомов углерода, входящих в состав молекул ДНК человека —  $N_0=5 \times 10^{25}$  можно рассчитать примерное число трансмутационных дефектов, возникающих в организме человека за год —  $N_{t=1}$  по формуле:

$$N_{t=1} = 10^{-12} \times N_0 \times (1 - 2^{-1/T}) \quad (1)$$

Суммарное количество ДНК в гаплоидном геноме человека равно  $3,4 \times 10^9$  нуклеотидных пар азотистых оснований. В одной нуклеотидной паре в среднем 9 атомов углерода. Количество клеток в организме человека  $\sim 10^{15}$ . Соответственно, суммарное число атомов углерода, входящих в ядерный геном человека, составляет  $3,4 \times 10^9 \times 9 \times 10^{15} = 3,1 \times 10^{25}$ . То есть  $N_0 = 3,1 \times 10^{25}$ .

Количество трансмутационных эффектов, возникающих в организме человека за год ( $N_t$ ) по формуле (1):

$$N_t = N_0 (1 - 2^{-1/T}) / 10^{12} = 3,1 \times 10^{25} \times (1 - 2^{-1/5730}) \times 10^{-12} \approx 6 \times 10^9$$

За год в организме человека происходит  $6 \times 10^9$  подобных эффектов, то есть — сотни ежесекундно.

## Динамики естественной смертности населения

Установить факт непосредственного воздействия  $^{14}\text{C}$  на организм человек позволяет анализ динамики естественной смертности населения в разные исторические периоды. Были изучены как динамика самой естественной смертности, так и параметров её возрастной зависимости —  $R_0$  и  $\alpha_0$ , т.н. параметры Гомперца. Показатель смертности отражает вероятность гибели человека в течение года, которая с возрастом, как это впервые было показано в 1825 г. специалистом по страхованию жизни Б. Гомперцем, экспоненциально возрастает.

Показатель общей смертности населения обусловлен смертью людей, как от естественных, так и от случайных причин (несчастных случаев, травм, убийств, стихийных бедствий, эпидемий и т.д.). Экспоненте строго подчиняется именно возрастная зависимость смертности от естественных причин ( $q_0$ ), которая интересует нас в данном анализе:

$$q_0 = R_0 \times \exp(\alpha_0 \times t) \quad (2),$$

где  $R_0$ ,  $\alpha_0$  — коэффициенты возрастной зависимости естественной смертности (параметры Гомперца);  $t$  — возраст человека.

Возрастная зависимость естественной смертности представляет собой параметрическую экспоненту, где предэкспонента — коэффициент  $R_0$ , подэкспонента — коэффициент  $\alpha_0$ , умноженный на время жизни.

Эта формула была выведена Б. Гомперцем, служащим страховой компании, который обрабатывал данные по смертности людей для установления оптимальных налогов при страховании жизни.

В период снижения концентрации  $^{14}\text{CO}_2$ , который заканчивался в 1950 г., наблюдалось снижение  $^{14}\text{C}$ , обусловленное сжиганием

	Количество, тыс. т	Удельная активность, Бк/т	Суммарная активность ПБк
Запасы радиоактивного графита	197	$3,7 \times 10^{12}$	730
Бомбовый $\text{C}^{14}$ , за период 1945/1980			249

Табл.1 Суммарная активность радиоактивного графита

Суммарная активность реакторного графита уже сейчас в разы превышает количество бомбового углерода, который был выброшен в атмосферу в период ядерных испытаний в атмосфере 1945–1980 гг. Поэтому понятно, насколько важен правильный выбор способов утилизации реакторного графита.

Одним из критериев, которому посвящена данная работа, является отсутствие стадий, на которых происходит образование диоксида углерода. В противном случае выделившийся в составе диоксида углерода  $^{14}\text{C}$  приобретает биогенный характер. Его влияние на здоровье

мудрости оценить последствия от увеличения концентрации  $^{14}\text{C}$  в атмосфере для здоровья людей. И принять решение о запрете испытаний ЯО в воздухе.

Пик концентрации  $^{14}\text{C}$  пришелся на 1965 г., когда его содержание в 1,7 раза превысило значение первоначального периода. Данная конференция, посвященная «Выводу из эксплуатации АЭС с уран-графитовыми реакторами, обращению с облученным реакторным графитом» позволяет испытывать осторожный оптимизм и надежду, что подобная мудрость будет проявлена и в этот



Combined data from tree-ring (Stulver et al) and direct atmospheric measurements in the Southern Hemisphere (Vogel et al)

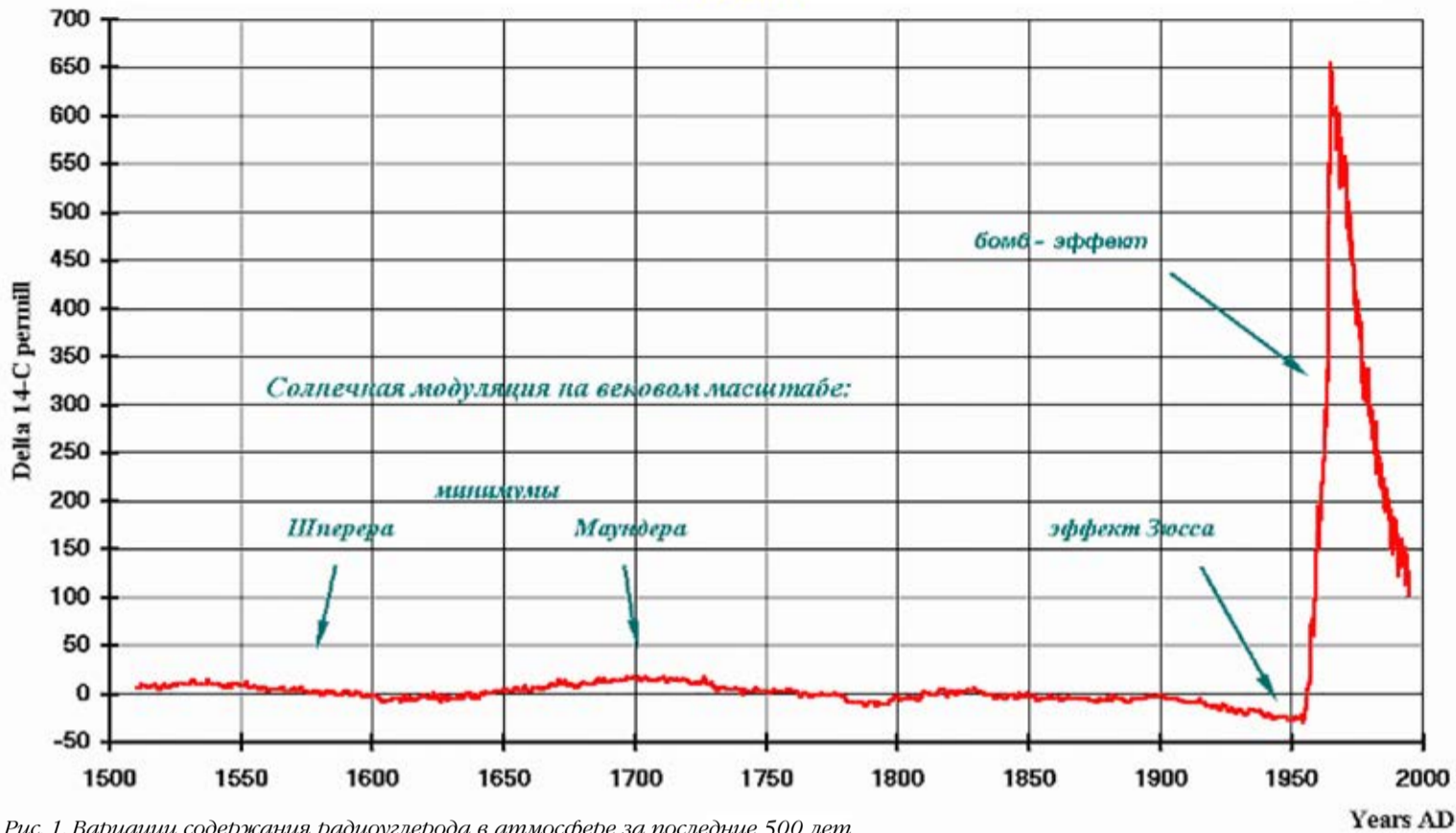


Рис. 1. Вариации содержания радиоуглерода в атмосфере за последние 500 лет

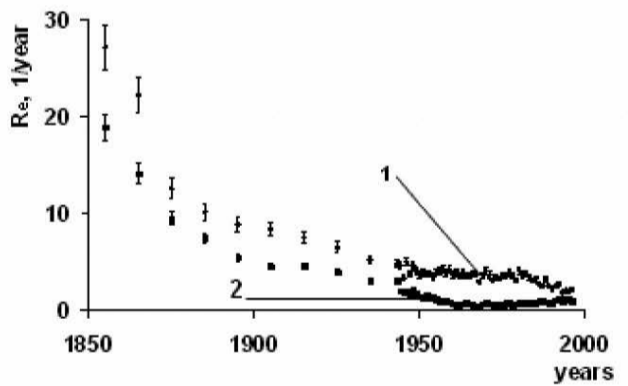
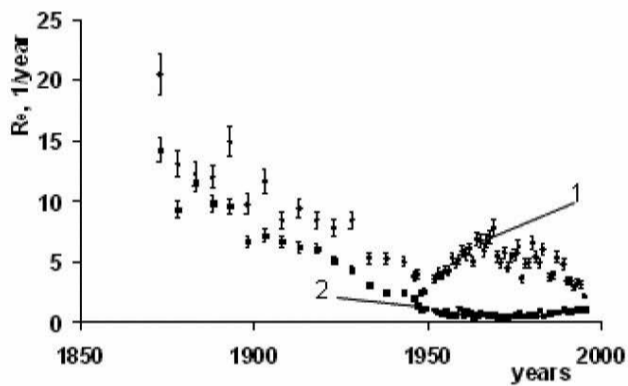


Рис. 3. Историческая динамика параметров  $R_e$  и  $\alpha_e$  возрастной зависимости естественной смертности населения: а) – Норвегия; б) – Швеция

мертвого углерода – нефти, каменного угля, природного газа, в которых  $^{14}\text{C}$  давно ушел в небытие. Это явление впервые было открыто Зюссом: снижение концентрации  $^{14}\text{C}$  в атмосферном  $\text{CO}_2$  из-за поступления в атмосферу нерадиоактивного углерода, выделяющегося при сжигании ископаемого топлива. И назван его именем.

После 1950 г., когда произошел всплеск концентрации  $^{14}\text{C}$ , связанный с проведением ядерных взрывов в атмосфере, концентрация радиоуглерода в биосфере, в том числе и в организме людей, резко (в историческом масштабе) возросла – более чем в 1,5 раза, а после запрета на испытания с 1965 г. стала стремительно падать. Практически синхронно

с этой кривой варьирует смертность среди мужчин.

В первый период монотонного снижения  $^{14}\text{C}$  на 2,5 промилля с 1950 г. наблюдается стабильное понижение смертности населения на 60–70% относительно начала периода, т.е. 1950 г. Параметры Гомперца  $R_e$ ,  $\alpha_e$  в первый период характеризуются разнонаправленными трендами:  $R_e$  монотонно снижается,  $\alpha_e$  монотонно возрастает независимо от гендерной принадлежности изучаемых групп населения.

Из графиков видно, как радикально меняется картина естественной смертности во втором периоде, когда произошел всплеск концентрации  $^{14}\text{C}$ . За ростом концентрации  $^{14}\text{C}$  (рис. 2) произошел всплеск естественной смертности мужского населения Норвегии. И уменьшение практически до нуля смертности мужского и женского населения Швеции. После определенного временного лага упали темпы снижения смертности женского населения Норвегии.

Во второй период, как правило, экстремальная форма – максимум  $^{14}\text{C}$  – приобретает взрывной характер (рис. 3), максимумы и минимумы в динамике  $R_e$  и  $\alpha_e$ . Будем рассматривать это как индикатор нештатных процессов. В период повышенной концентрации

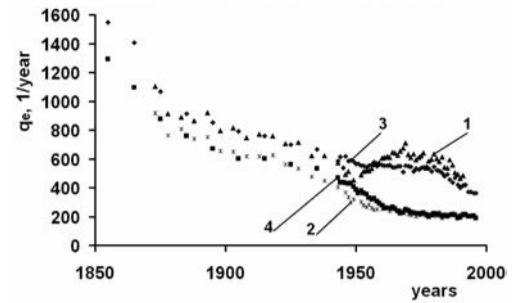


Рис. 2. Историческая динамика естественной смертности населения Норвегии и Швеции в возрасте 50-ти лет: 1, 2 – мужское и женское население Норвегии; 3, 4 – мужское и женское население Швеции.

$^{14}\text{C}$  в атмосфере происходит изменение профиля возрастной зависимости естественной смертности людей.

Аналогичная картина наблюдается для других стран Западной Европы (рис. 4), Австралии, США, что указывает на глобальный характер данного явления.

Кривые 1,2,3 – мужское население; кривые 4,5,6 – женское население; 1 и 4 – смертность; 2 и 5 – вероятный ход кривых смертности после 2002 г.; 3 и 6 – основной тренд исторической динамики смертности.

Анализ исторической динамики смертности проведен на примере более 20 стран мира.

## Выводы

Внедрение технологий, решающих проблему утилизации реакторного графита, в которых предусмотрены стадии, сопровождающиеся образованием диоксида углерода –  $^{14}\text{CO}_2$  недопустимо.

Выделившийся на таких стадиях в атмосферу в составе диоксида радиоуглерод приобретает биогенный характер.

Если от подобных «грязных» технологий не отказаться заблаговременно, то количество вновь поступившего в атмосферу радиоуглерода может превысить количество бомбового  $^{14}\text{C}$ , выброшенного в атмосферу за весь период атмосферных испытаний 1945–1980 гг. со всеми вытекающими последствиями.

## Эпидемия коронавируса как эхо ядерных испытаний в атмосфере

С позиции радиоуглеродного механизма старения (РМС), в индустриально и социально развитых странах, где общая смертность наиболее близка к естественной, следует ожидать период ее подъема и последующий спад. Согласно динамике содержания радиоуглерода в биосфере, в этот процесс будет вовлечено население, родившееся в период с 1956 по конец 1990-х гг. При этом координаты максимума М естественной смертности населения той или иной возрастной группы на исторической шкале будут соответствовать максимуму концентрации радиоуглерода в биосфере (1966 г.) плюс возраст группы  $t$ :  $M = t + (1966 \pm 2)$ , год. Этот прогноз был опубликован еще в 2013 г., задолго до происходящих в настоящее время эпидемиологических событий, что исключает его конъюнктурную направленность.

**Литература.** 1. О. В. Бодров, В. Н. Кузнецов, О. Э. Муратов, А. А. Талевлин. Обращение с реакторным графитом. Возможные решения при выводе из эксплуатации реакторов РБМК. Журнал «Атомная стратегия XXI» № 159. С. 3. 2. А. Д. Сахаров. Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непероговые биологические эффекты. Атомная энергия 1958; т. 4; № 6: 576–580. 3. Germanskaia A.A. Natural background radioactive carbon and the natural death rate of people//Rejuvenation Research. 2006. Vol.9, N2. P. 302–308. 4. Gompertz B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining life contingencies// Philos. Trans. Roy. London. 1825. Vol.A. N115. P. 513–585. 5. Германский А. М. Математическая модель накопления дефектов в ДНК и закономерности смертности людей. В сб. статей. Доклады МОИП. Том 55. Секция Геронтологии. С. 53–69. М.: МОИП, 2013. 107 с. 6. Германский А. М. Радиоактивный углерод в атмосфере и естественная смертность людей. LAP Lambert Academic Publishing (2019–01–10)

Статья подготовлена по материалам доклада на конференции по выводу из эксплуатации уран-графитовых реакторов, октябрь 2020 г. Сосновый Бор

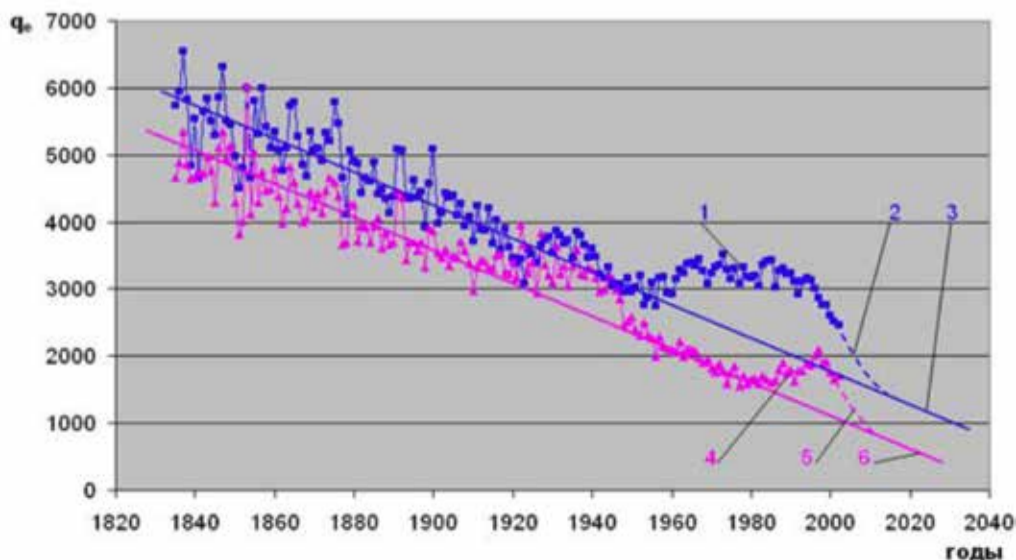


Рис. 4. Динамика естественной смертности населения Дании в возрасте 67 лет









**Ян Фэрли (Ian Fairlie),**  
доктор философии,  
биолог-радиолог, неза-  
висимый консультант  
по радиоактивности  
в окружающей среде,  
Лондон

# Выбросы трития из выведенных из эксплуатации реакторов

**Исследуя проблемы безопасности и здоровья персонала АЭС, необходимо учитывать газообразные выбросы, в том числе радионуклида трития.**

**В** выбросы радиоактивного трития при выводе из эксплуатации АЭС и переработке отработавшего ядерного топлива огромны. Их намного больше, чем радиоактивного углерода  $^{14}\text{C}$ . Объемы выбросов трития примерно на три порядка превосходят выбросы других радионуклидов и в пять раз превышают  $^{14}\text{C}$ .

При выводе из эксплуатации АЭС решение проблемы выбросов трития крайне важно. В специализированной литературе эта тема обсуждается очень редко. У реакторов, остановленных несколько десятилетий назад (30–40 лет назад) в Великобритании и в Канаде, до сих пор наблюдаются значительные выбросы трития. На рис. 1 показаны скорости выбросов радионуклидов, в том числе трития, в котельную в выведенном из эксплуатации тяжеловодном реакторе NPD, рассчитанные канадскими ядерными лабораториями.

Демонстрационный реактор типа PHWR мощностью 25 МВт был запущен в 1962 г. на первой АЭС Канады Ролфтон (Rolphton), и проработал до 1987 г. Он стал прототипом серии канадских реакторов CANDU – аналогов французских UNGG и российских РБМК.

Из представленных диаграмм видно, что скорость выделения трития за первые 100 лет примерно на три порядка выше, чем у большинства других радионуклидов, и на пять порядков больше, чем у  $^{14}\text{C}$ . Тритий является наиболее значительным нуклидом, присутствующим в выведенных из эксплуатации реакторах, о чем свидетельствуют его высокие ежегодные выбросы даже через много лет после вывода реактора из эксплуатации.

## Воздействие трития на живые организмы

Многие исследователи относят тритий к слабым радиоизотопам. Но это устаревшая точка зрения. Радиоактивный  $^3\text{H}$  выбрасывается из реактора в атмосферу, выделяется в виде водяного пара. И может поступать в организм с воздухом, пищей, водой, превращаясь при этом в органически связанный тритий.  $^3\text{H}$  встраивается в протеиновые молекулы и надолго остается в организме. В 1970–1980 гг. проводились исследования на крысах, которым давали тритиевую воду. Эта разовая доза сохранялась в их организмах и через три недели, тритий никуда не вымывался.

Считалось, что этот не очень активный изотоп не представляет особой проблемы. Но с точки зрения биологии, чем изотоп слабее, тем он опаснее. С точки зрения радиационной безопасности тритий как радионуклид (мягкий  $\beta$ -излучатель,  $E_{\text{ср.}}=5,71$  кэВ), на первый взгляд, менее значим, чем, например,  $^{90}\text{Sr}$  или  $^{137}\text{Cs}$ . Однако в газовых выбросах он, как правило, содержится в химической форме воды и его попадание в организм человека может привести к крайне опасным последствиям, в том числе и на генетическом уровне.

Интегрированный в живой организм тритий эффективно включается в состав биологиче-

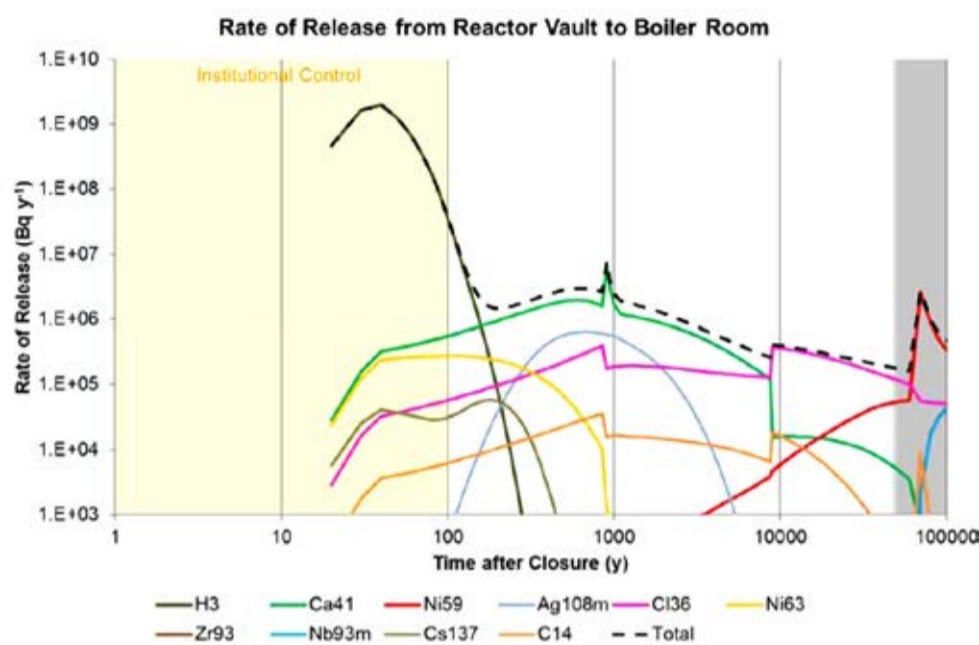


Рис.1. Оценка выбросов радионуклидов из реакторного отсека в котельную [тех. документ CNL (2016a)WR-1 Reactor Radiological Characterization Summary and Radionuclide Inventory Estimates. WLDAP-26100-041-000-0001. Август 2016 г.]

ской ткани, вызывая мутагенные нарушения. Распадаясь, тритий превращается в гелий, выделяя при этом довольно интенсивное бета-излучение. Энергия его бета-частиц относительно невелика, поэтому при нахождении вне организма (внешнее облучение) тритий серьезной угрозы не представляет. Однако, при внутреннем облучении (при попадании трития внутрь организма человека с воздухом или водой), он может представлять серьезную угрозу для здоровья. Являясь изотопом водорода, тритий химически ведет себя так же как водород, и поэтому способен замещать его во всех соединениях с кислородом, серой, азотом, легко проникая в протоплазму любой клетки. В этом случае испускаемое тритием бета-излучение способно серьезно повредить генетический аппарат клеток.

Удельный вклад поступления трития с вдыхаемым воздухом и через кожные покровы составляет от 15 до 20% от дозы, обусловленной фактическим содержанием трития в организме. С продуктами питания и питьевой водой поступает от 80 до 85% этого радионуклида, обладающего большой миграционной способностью.

Необходимо разработать таблицы, в которых бы четко указывалось, какие радионуклиды какую опасность представляют. Порядка 150 радионуклидов имеют большой период полураспада, и мы должны понимать, насколько они опасны. Но пока такого рейтинга радионуклидов не существует. В этом рейтинге тритий окажется среди наиболее опасных радионуклидов. К нему близки радиоуглерод, радон, цезий, стронций и т.д.

Тритий – «генетически опасный» радионуклид. Требуется также интенсифицировать разработку методики определения в биосредах органически связанного трития, уровни накопления которого в белковых фракциях организма оцениваются нерепрезентативно, а дозы облучения за счет связанной в молекулах ДНК фракции трития могут вносить дополнительно 60% и более к величине дозы, обусловленной поступлением тритированной воды. По современным данным эти 60% ответственны за вредные последствия для здоровья населения, которые заставляют

ужесточать нормативы содержания его в экологических объектах.

## Источники искусственного трития

В течение тысячелетий содержание трития в природе было почти постоянным – непрерывное его образование в атмосфере компенсировалось естественным распадом. Однако с 1954 г. (начало испытаний термоядерных бомб) положение резко изменилось и в дождевой воде содержание трития увеличилось в тысячи раз. В 1970-х гг. из-за ядерных испытаний активность трития на земном шаре во много раз превышала активность естественного трития и составляла примерно  $10^{20}$  Бк. Это привело к тому, что объемная активность трития, например в дождевой воде, в 1973 г. в северном полушарии составляла 55 Бк/л. В водах северного полушария объемная активность трития была от 10 до 200 Бк/л. Тритий легко окисляется, поэтому на Земле он присутствует в основном в виде воды в водоемах. В атмосфере тритий содержится в количестве, не более 0.1% общего запаса трития на земном шаре, и представлен как газообразным тритием, так и парами тритиевой воды. После прекращения массовых ядерных испытаний содержание трития в атмосфере уменьшилось, уменьшилась и его объемная активность в водоемах и приземной атмосфере. В настоящее время объемная активность глобального, то есть связанного с ядерными испытаниями, трития в пресноводных водоемах составляет от 5 до 175 Бк/л.

В последние годы основным источником техногенного трития в окружающей среде стали атомные электростанции, которые ежегодно выделяют несколько десятков килограммов трития.

При работе АЭС тритий образуется в реакторах при делении  $^{235}\text{U}$  и в результате (n,  $\gamma$ ), (n,  $\alpha$ ), (n, p) – и (n, T) – реакций на ядрах элементов конструкционных и других материалов активной зоны, а также в стержнях регулирования. При вводе в эксплуатацию новых реакторов АЭС, продолжении работ на пред-

приятии ЯТЦ потенциальная опасность облучения населения за счет трития будет возрастать. Если в настоящее время эффективная эквивалентная доза, обусловленная тритием, не превышает в среднем на одного человека 0.05% от естественного фона, то с увеличением числа работающих реакторов во всех странах через 65 лет она может достигнуть 1%. Нарботка трития на АЭС к 2000 г. составляла  $\sim 10^{18}$  Бк [8]. При сегодняшних темпах строительства АЭС в мире такое же количество трития будет наработано на АЭС в 2020–2025 гг.

Уже сейчас необходимо предусматривать на действующих или строящихся ядерных объектах создание систем детритизации газовых сбросов, предназначенных для аварийных ситуаций или проведения ремонтных работ.

## При работе АЭС тритий образуется в реакторах:

При работе АЭС тритий образуется в реакторах:

- как продукт тройного деления ядер горючего (при делении ядер  $^{235}\text{U}$  на 1 ГВт эл. мощности в реакторе образуется  $1,15 \times 10^{11}$  Бк/сут трития);
- в результате (n,  $\gamma$ ) – реакции на ядрах дейтерия, находящегося в теплоносителе-воде;
- при захвате нейтронов ядрами В и Li, находящимися в теплоносителе – воде (при борном регулировании, коррекции водного режима – на АЭС с ВВЭР) и в стержнях регулирования;
- в результате реакции  $^3\text{He}$  (n, p)T в газовом контуре (в газе, заполняющем графитовую кладку) АЭС с РБМК;
- в результате (n, T) и (n, p) – реакций быстрых нейтронов на ядрах  $^{14}\text{N}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^{10}\text{B}$ ,  $^{40}\text{Ca}$  и др., присутствующих в различных материалах, используемых в конструкции реактора.

Часть реакций образования трития протекает в реакторной воде (в воде первого контура АЭС с ВВЭР, в воде и паровой фазе смеси контура многократной принудительной циркуляции АЭС с РБМК), а часть – в твэлах и стержнях регулирования. Из твэлов и стержней регулирования тритий попадает в реакторную воду при нарушении герметичности оболочек твэлов или стержней регулирования, а также вследствие диффузии через оболочки или вследствие утечки – через не плотности оболочек.

Большой разницы между активностью трития в выбросах АЭС с ВВЭР и РБМК одинаковой мощности нет. Мощность выброса трития – порядка  $10^8$  Бк/сут с двух энергоблоков.

При такой объемной активности трития в приземной атмосфере дозовая нагрузка на индивидуума из населения (верхняя оценка) составит не более 10 Зв/год.

Большая часть трития, наработанного на атомной станции, покидает АЭС с жидкими стоками.

Содержание трития в жидких стоках при штатной работе АЭС намного превосходит содержание всех остальных нуклидов, а в газообразных выбросах количество трития уступает только количеству радиоактивных благородных газов.



# Вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС по технологии «Зеленый курган»



С.В. Коровкин,  
АО «Атомэнергопроект»



Е.В. Тутунина,  
АО ИК АЭС

**Проблема вывода АЭС из эксплуатации требует скорейшего решения. Наиболее приемлемым для общества является вывод по сценарию «зеленая лужайка». Однако сложности ее реализации из-за стоимости и сопротивления населения при выборе площадки для строительства объекта захоронения заставляют искать альтернативные варианты.**

Генеральным проектировщиком по выводу из эксплуатации энергоблоков с реакторами РБМК Ленинградской АЭС назначен АО «Атомэнергопроект». Программы такого масштаба должны быть комплексными, то есть предлагать решение технических, экономических и социальных проблем, возникающих при реализации таких больших проектов. В качестве основной технологии при выводе из эксплуатации блоков ЛАЭС предлагается фрагментация строительных конструкций, оборудования и трубопроводов, сортировка полученных отходов в зависимости от радиационного загрязнения, контейнеризация РАО и транспортировка за пределы площадки АЭС.

Недостатком концепции с технической точки зрения является нерешенность проблемы обращения с облученным графитом. Референтной технологии, пригодной для безопасного извлечения и контейнеризации такой массы облученного графита, на сегодняшний день не существует.

Кроме того, гораздо более серьезными могут оказаться социальные проблемы. Хотя в концепции используется термин «окончательная изоляция», специалисты прекрасно понимают, что радиоактивные вещества (РВ) ликвидировать невозможно. РВ можно лишь переместить из одного места в другое. Концепция предлагает удаление РВ с площадки ЛАЭС, но не говорит куда. Чем, то место будет лучше, чем площадка ЛАЭС?

Вопрос можно поставить в социальной плоскости: «Чем люди, живущие на берегу Енисея хуже, чем люди, живущие на берегу Финского залива?». Почему пользовались выгодами от АЭС одни, а отчуждать территории для размещения радиоактивных могильников должны другие? Опыт показывает, что попытки устроить в каком-то регионе полигон для размещения даже нерадиоактивных отходов из другого региона ведут к острейшим социальным конфликтам. Решения данного вопроса концепция не предлагает.

## Экономическая сторона проблемы

Концепция предлагает Ленинградскую АЭС в качестве пионерской станции, опыт которой будет использоваться для вывода из эксплуатации других АЭС с уран-графитовыми реакторами. Мировой опыт вывода АЭС из эксплуатации показывает, что стоимость вывода блока по концепции «зеленая лужайка», то есть фрагментации, вывоз и захоронение, составляет около половины стоимости самого блока. Можно предположить, что

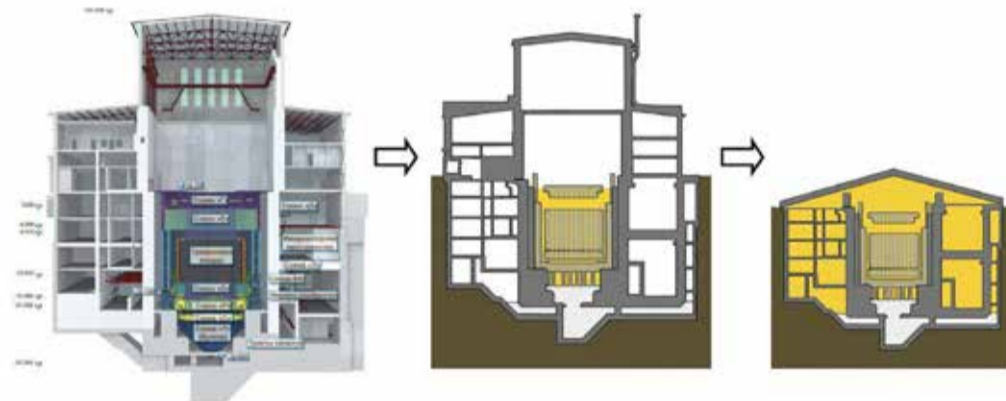


Рис.1. Схема реактора и реакторного здания

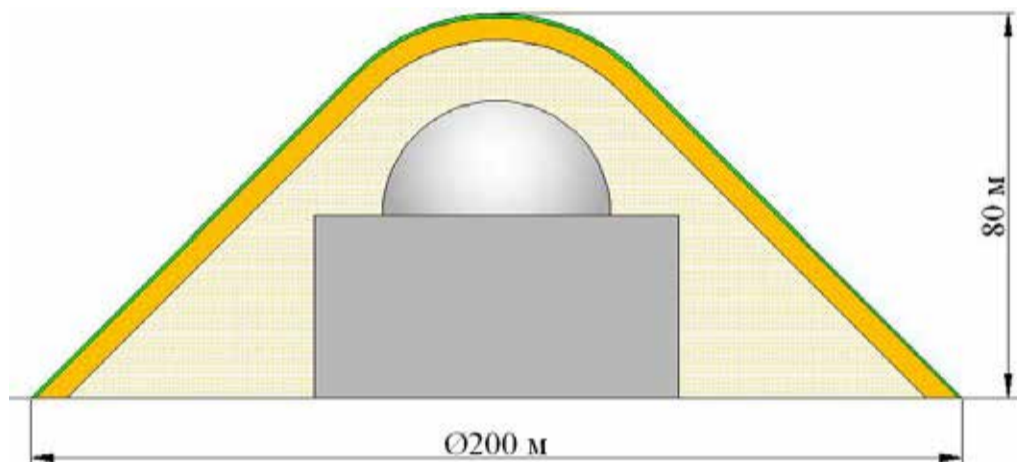


Рис.2. Курганная изоляция здания реактора ВВЭР-1000

в связи со спецификой АЭС с реактором РБМК (одноконтурность, графитовый замедлитель) стоимость так же будет не меньше половины стои-

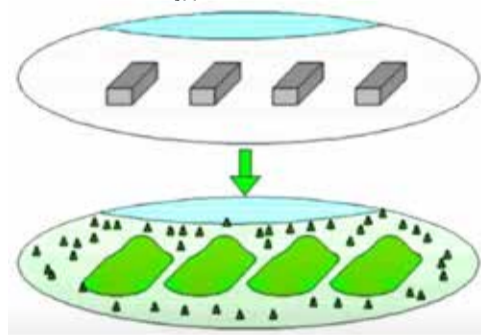


Рис.3. Трансформация Ленинградской АЭС по технологии «Зеленый курган»

мости нового блока-миллионника. Если принять концепцию «зеленая лужайка» для вывода из эксплуатации 10 блоков с реакторами РБМК, то денег на новые блоки АЭС не остается. Деньги, выделяемые атомной отрасли, не бесконечны, как видим, делается не в пользу новых блоков.

Чтобы не пойти по этому пути, необходима технология вывода из эксплуатации на порядок дешевле, чем пресловутая «зеленая лужайка». По нашему мнению, единственным решением данной проблемы является изоляция отработавших АЭС на месте путем засыпки инертными материалами с образованием кургана – технология «Зеленый курган». Технология способна быстро, дешево и абсолютно безопасно вывести из эксплуатации объект использования атомной энергии (ОИАЭ).

Опыт США и Германии показывает, что самые высокоразвитые страны не могут одновременно осуществлять программы по развитию атомной энергетики и декомиссию старых АЭС. Выбор, как видим, делается не в пользу новых блоков.

Технология начала разрабатываться в АО «НИКИМТ-Атомстрой» в 2010 г.

При этом здание реактора становится хранилищем для твердых радиоактивных отходов, образовавшихся за время работы энергоблока. Отработавшее ядерное топливо вывозится за пределы АЭС. Многометровый слой инертных материалов гарантирует надежную защиту от ионизирующего излучения и несанкционированного доступа к изолированным конструкциям. Конструкции, размещенные внутри кургана, недоступны для грунтовых вод – таким образом, решается проблема, характерная для подземных хранилищ твердых радиоактивных отходов.

## Сущность проекта

Этапы изоляции отработавших АЭС по варианту «Зеленый курган» можно сформулировать следующим образом:

1. определяются здания, подлежащие изоляции;
2. с территории АЭС вывозится ОЯТ;
3. разбираются здания и сооружения, примыкающие к зданию, подлежащему изоляции. Нерадиоактивные конструкции перерабатываются в металлолом и щебень, радиоактивные конструкции складируются в здании, подлежащем изоляции;
4. твердые РАО, образовавшиеся за время эксплуатации АЭС, помещаются в контейнеры и складируются в здании, подлежащем изоляции;
5. производится полная внутренняя засыпка помещений здания, подлежащего изоляции, инертным материалом;
6. производится внешняя засыпка здания, подлежащего изоляции, глиной с образованием кургана.
7. производится нанесение на глину плодородного слоя почвы и озеленение кургана.

## Зеленый курган на месте уран-графитового реактора

В 2008 г. на Реакторном заводе Сибирского химического комбината в Северске остановили последние два УГР из пяти. Из специалистов-реакторщиков создали Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов (ОДЦ УГР). Перед центром поставили задачу – разработать методику захоронения реактора на месте. В 2011–2015 гг. ОДЦ УГР по технологии «Зеленого кургана» вывел из эксплуатации реактор ПУГР ЭИ-2 СХК. Была найдена глина, оптимально пригодная для заполнения активной зоны реактора, и отработана технология бесполостного заполнения реакторного здания.

Здание, в котором размещался реактор, возвышалось на 20 м над землей и на 20 м уходило под землю. Сначала из него демонтировали все оборудование и металлические конструкции. Затем демонтировали надземную часть здания. Затем, пересыпая слоями барьерной смеси, сложили все результаты демонтажа в подземную часть здания и накрыли барьерной «крышей». Все, что снаружи, убрали внутрь. Стоимость и сроки вывода оказались на порядок дешевле и быстрее, чем для варианта «зеленой лужайки».



ПУГР ЭИ-2 в 2019 г.

По отработанной в Северске схеме на территории России выводятся еще два реактора. Для АЭС с реактором РБМК такая технология является ещё более привлекательной, так как реактор находится выше поверхности земли и устраняется чрезвычайно болезненная для всех хранилищ и могильников проблема контакта РАО с грунтовыми водами.

Исторический опыт показывает, что курганы являются чрезвычайно устойчивыми объектами на протяжении многих тысяч лет.

Основные возражения против технологии «Зеленый курган», которые мне довелось слышать, это несоответствие технологии некоторым нормативным документам МАГАТЭ. Но устаревшие документы надо перерабатывать. Во-вторых, нам никто не мешает обойти эти запреты, назвав получившийся объект не могильником, а временным хранилищем РАО. Нет ничего более постоянного, чем временное.

Статья подготовлена по материалам доклада на конференции по выводу из эксплуатации уран-графитовых реакторов, октябрь 2020 г. Сосновый Бор

## На ледоколе «Арктика» поднят государственный флаг

Универсальный атомный ледокол «Арктика» вошел в состав атомного флота России. 21 октября на АЛ в Мурманске прошла церемония поднятия государственного флага Российской Федерации. Акт приема-передачи АЛ «Арктика» проекта 22220 подписали генеральный директор АО «Балтийский завод» Алексей Кадилов и генеральный директор ФГУП «Атомфлот» Мустафа Кашка.

«Главной универсальный атомный ледокол «Арктика» открывает серию судов, которые определяют будущее Северного морского пути, — сказал М. Кашка. — Атомоходы проекта 22220 соответствуют высоким требованиям безопасности для работ в Арктическом регионе. Технические характеристики атомных ледоколов отвечают запросам наших партнеров: мощность, автономность и надежность».

Принявший участие в церемонии поднятия государственного флага председатель Правительства РФ Михаил Мишустин отметил, что «инновационное оборудование и мощный двигатель позволяют использовать ледокол везде — во льдах, на воде, на глубоководных и мелководных трассах... Развитие ледоколов позволит в полной мере раскрыть транспортный потенциал Севморпути, усилит интерес международного бизнеса к транзитному коридору — между Европой и Азией и, конечно, обеспечит первенство России в Арктике, стратегически важным для нас регионе». «России нужно активнее увеличивать свое присутствие в Арктике;

(закладка судна состоялась 5 ноября 2013 г., спуск на воду 16 июня 2016 г.). В декабре 2019 г. «Арктика» вышла на ходовые испытания, которые проходили в несколько этапов. 17 сентября 2020 г. после завершения ходовых испытаний АЛ вернулся в Санкт-Петербург, а 22 сентября вышел в направлении порта приписки Мурманска. Судно пришвартовалось у причалов базы ФГУП «Атомфлот» 12 октября, пройдя за 21 сутки около 4800 морских миль, из них во льдах — около 1030 миль. Во время перехода АЛ вышел (3 октября) к географической точке Северного полюса.

Все ледовые поля «Арктика» успешно преодолела, ядерная установка отработала без нареканий. Ледокол сможет начать работать в акватории Северного морского пути уже с декабря 2020 г.

Помимо «Арктики» в серию 22220 войдут еще четыре АЛ: «Сибирь», «Урал», «Якутия» и «Чукотка». Планируемые даты ввода их в эксплуатацию 2021, 2022, 2024 и 2026 годы. Серия принципиально новых атомных судов, созданных



здесь мы решаем задачи как обеспечения национальной безопасности страны, так и ее экономические интересы», — сказал он.

Главной АЛ «Арктика» проекта 22220 построен АО «Балтийский завод» по заказу ГК Росатом

для решения стратегических задач по освоению и развитию Арктики, обеспечит круглогодичную навигацию в западном районе Арктики, что позволит достигнуть необходимого уровня грузоперевозок по Северному морскому пути.

## Энергоблок № 2 ЛАЭС-2 запущен в опытно-промышленную эксплуатацию

На Ленинградской АЭС-2 состоялся энергетический пуск — 22 октября блок № 2 ЛАЭС-2 был впервые подключен к единой электросети. Строительство началось 15 апреля 2010 г. Реактор ВВЭР-1200, входящий в состав блока, достиг первой критичности 31 августа 2020 г. Перед подключением к сети была проведена оценка готовности основного оборудования и систем к выработке тепловой и электрической энергии и дальнейшей эксплуатации.

После энергетического пуска предусмотрены опытно-промышленная эксплуатация и комплексное опробование энергоблока, во время которых все системы пройдут финальную проверку.

Блок № 2 ЛАЭС-2 (№ 6 Ленинградской АЭС и Leningrad-2-2 в системе PRIS) — инновационный проект, обладающий рядом преимуществ, существенно повышающих экономические характеристики и безопасность блока. Это уже четвертый блок поколения 3+ с реактором ВВЭР-1200, построенный в России. Промышленная эксплуатация подобных блоков (№ 1 и 2 Новово-

ронезской АЭС-2 и № 1 Ленинградской АЭС-2) началась в феврале 2017 г., октябре 2019 г. и октябре 2018 г. соответственно. На Ленинградской АЭС-2 запланировано сооружение еще двух блоков с реакторами ВВЭР-1200 (блоки № 3 и 4, в качестве референтного для них принят проект первой очереди строительства ЛАЭС-2). Данные включены в генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2035 г., утвержденную Правительством РФ. Блок № 2 ЛАЭС-2 заменит блок № 2 Ленинградской АЭС с реактором РБМК, который после 45 лет службы



будет окончательно остановлен в конце текущего года. Энергоблок № 1 ЛАЭС-2 уже заместил блок № 1 ЛАЭС с реактором РБМК, который прекратил подачу электроэнергии с 21 декабря про-

шлого года. Синхронизация процесса вводимых и выводимых блоков — это жизненно важный для Ленинградской области процесс и гарантия ее энергетической и экономической стабильности.

## Энергоблок № 1 Белорусской АЭС выведен на МКУ

По сообщению Министерства энергетики Республики Беларусь 11 октября 2020 г. реактор блока № 1 БелАЭС был выведен на минимально контролируемый уровень мощности (МКУ).

Вывод реактора на МКУ (менее 1% от номинальной мощности) открывает заключительную часть испытаний на этапе физического пуска энергоблока, которые позволяют проверить характеристики активной зоны на соответствие требованиям проекта и подтвердить надежность всей системы ядерно-физического контроля и ядерной безопасности реакторной установки (началом физического пуска считается 7 августа 2020 г., когда первая тепловыделяющая сборка была загружена в активную зону реактора). Результаты в общей сложности более 50 исследований передаются в Госатомнадзор Беларуси для получения разрешения на энергетический пуск с включением в энергосистему страны.

В пресс-службе Министерства энергетики Республики Беларусь 21 октября сообщили, что

протокол об изменении соглашения с РФ о сотрудничестве в строительстве БелАЭС от 15 марта 2011 г.: «...стороны принимают необходимые меры по вводу в эксплуатацию первого энергоблока БелАЭС в 2021 г., второго — в 2022 г.»

Таким образом, ввод БелАЭС смещается на два года: первого блока с декабря 2019 г. на I квартал 2021 г., второго — с 2020 г. на май 2022 г.). В качестве механизма компенсации для Минска в связи с переносом сроков ввода энергоблоков, ратифицирован и протокол изменений в соглашении по госкредиту Правительства РФ для строительства АЭС. Согласно документу, срок начала кредита перенесен на 2023 г., период погашения кредита составит 15 лет, а ставка по нему сделана фиксированной в размере 3,3% годовых.



«эксперты московского центра Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих атомные станции (ВАО ААЭ) провели заключительный этап предпусковой партнерской проверки первого блока Белорусской АЭС» и «не выявили каких-либо недостатков, которые могли бы стать препятствием для его безопасного пуска».

По заявлению Президента РБ Александра Лукашенко (16 сентября с.г.) энергетический пуск Белорусской АЭС запланирован на 7 ноября.

Согласно сообщению ТАСС от 28.10.2020 г. белорусские парламентарии ратифицировали

Белорусская АЭС — крупнейший российско-белорусский экономический проект. Генеральным проектировщиком и генеральным подрядчиком строительства двухблочной АЭС общей мощностью 2400 МВт (2 ВВЭР-1200) в Островецкой области выступает Атомстройэкспорт (ГК Росатом), ОАО «Атомэнергомаш» — поставщик всего ключевого оборудования ядерного острова, топливо произведено на Новосибирском заводе химконцентратов. Ввод в промышленную эксплуатацию блока № 1 БелАЭС запланирован на февраль 2021 г.

## Текущая статистика по ядерной энергетике

Согласно базе данных МАГАТЭ по энергетическим реакторам (PRIS) на 31 октября 2020 г. статус действующих имеют 443 ядерных энергоблока общей установленной мощностью 392751 МВт(э) нетто, 53 блока находятся в стадии строительства.

С начала года произошли энергопуски трех блоков. Первым ядерным энергоблоком, вступившим в строй в 2020 г., стал блок № 5 АЭС Tianwan в Китае, в составе которого реактор ВВЭР-1000 российского дизайна; он был подключен к электросети 8 августа. 19 августа в Объединенных Арабских Эмиратах вступил в строй первый ядерный энергоблок в стране – блок № 1 на АЭС Barakah, в составе которого корейский реактор APR-1400.

Блок № 6 Ленинградской АЭС (второй блок ЛАЭС-2), занесенный в PRIS как Leningrad-2–2, подключен к электросети 22 октября.

Начато строительство двух энергоблоков: в Турции (блок № 2 АЭС Аккую) 8 апреля,

и в Китае (Zhangzhou-2) 4 сентября. В составе блоков реакторы ВВЭР-1200 и HPR («Hualong One») соответственно.

Блок Аккую-1 и блок Zhangzhou-1 начали строиться 3 апреля 2018 г. и 16 октября 2019 г. соответственно.

В 2020 г. окончательно прекращена работа трех энергоблоков: во Франции закрыта старейшая АЭС страны – Fessenheim (блок № 1–22 февраля, блок № 2–30 июня), в США – блок № 2 АЭС Indian Point (30 апреля).

Общее количество реакторо-лет эксплуатации ядерных энергоблоков в мире составляет 18677.



## Новости из Китая

Первый из двух демонстрационных реакторов Hualong One (HPR-1000) на энергоблоке Fuqing-5 в китайской провинции Фуцзянь 21 октября достиг критичности.

Строительство блоков № 5 и 6 АЭС Fuqing было окончательно одобрено Госсоветом КНР в апреле 2015 г. 7 мая 2015 г. состоялась заливка первого бетона на Fuqing-5. Процесс загрузки 177 ТВС в активную зону реактора был завершен 10 сентября 2020 г.

Перед включением в сеть на блоке будут проходить различные пусконаладочные испытания при увеличивающихся уровнях мощности. Ввод в коммерческую эксплуатацию намечен на конец года.

Строительство энергоблока № 6 АЭС Fuqing началось в декабре 2015 г., его ввод в строй ожидается в конце 2021 г.

Оператор АЭС Fuqing – Китайская национальная ядерная корпорация (CNNC). Мощность реакторов блоков № 5 и 6 – 1000 МВт(э) каждый, тип реактора – PWR, модель Hualong One («Дракон») национальной разработки. Блоку № 5 предстоит стать первым в мире блоком с реактором Hualong One (HPR-1000).

В составе АЭС Fuqing – 6 блоков, первые четыре – с реакторами китайского дизайна CPR-1000. Строительство блоков началось в 2008, 2009, 2010, 2012 годах, ввод в коммерческую эксплуатацию – 2014, 2015, 2016 и 2017 гг. соответственно.

CNNC объявило о завершении (19 октября) холодных функциональных испытаний на первом из двух реакторов HTR-PM строящегося в Китае блока Shidao Bay-1 в провинции Шаньдун, начавшихся 6 октября с.г.

Холодные испытания на втором реакторе планируются закончить к ноябрю. Целью испытаний является проверка системы оборудования первого контура реактора, а также прочность и герметичность его вспомогательных трубопроводов под давлением, выше расчетного. Для проверки

работоспособности контура охлаждения активной зоны реактора применялся сжатый воздух с небольшой добавкой гелия. В ходе испытаний давление в контуре повышалось до 8,9 МПа. А при давлении 8,0 МПа на протяжении более 24 часов измерялась скорость утечки газа из контура, отслеживались и другие параметры. По сообщению CNNC «все показатели первого реактора соответствуют проектным требованиям, эффективно подтверждая надежность изготовления и качества монтажа оборудования ядерного острова».

Строительство демонстрационного блока, включающего два высокотемпературных газоохлаждаемых реактора HTR-PM, соединенных общей паровой турбиной, началось в декабре 2012 г.

В качестве замедлителя и отражателя нейтронов используется графит, теплоносителем первого контура служит гелий. Расчетная температура на HTR-PM достигает 750 °С.

Помимо HTR-PM Китай предлагает увеличенную версию под названием HTR-PM600, в которой одна большая турбина мощностью 650 МВт приводится в действие шестью реакторами HTR-PM. В мае 2020 г. при обсуждении актуальных проблем атомной отрасли КНР на ежегодных заседаниях Всекитайского собрания народных представителей, президент ядерного общества КНР Ван Шоуцзюн отметил, что для строительства HTR-PM600 подходит северо-восток Китая. Сооружение HTR-PM600 будет способствовать развитию в Китае ядерной энергетики IV поколения, имеющей, в том числе, высокий экспортный потенциал. Это позволит оптимизировать энергетическую инфраструктуру (размещение HTR-PM600 рядом с потребителями сделает возможным отказ от множества мелких и средних ТЭЦ, придаст новый импульс для развития предприятий атомного машиностроения и создаст точки роста, в том числе, для местных экономик).

По сообщению китайских СМИ, власти КНР одобрили строительство новых ядерных энергоблоков. Один из проектов – II очередь АЭС



Changjiang. На действующих блоках № 1 и 2 этой станции (I очередь) установлены реакторы CNP-600 национальной разработки, вступившие в строй в 2015 и 2016 гг. соответственно. На блоках № 3 и 4 возможна установка реакторов Hualong (HPR-1000) от CNNC.

Вторым утвержденным проектом называют станцию на новой площадке Sanao в провинции Чжецзян, где будут построены два блока с реакторами HPR-1000 от корпорации CGN (China Guangdong Nuclear Power Group).

## Ядерная энергетика Пакистана

Первый ядерный энергоблок страны вступил в строй 18 октября 1971 г. вблизи Карачи (АЭС Chashupp). В его составе тяжеловодный реактор типа CANDU мощностью 125 МВт(э) нетто (согласно данным системы PRIS в настоящее время его мощность 90 МВт(э) нетто).

В 1993 г. в Пенджабе началось строительство АЭС Chashupp. Сооружение блока № 1 этой станции заняло 7 лет. В декабре 2005 г. состоялась заливка первого бетона на блоке Chashupp-2. В составе обоих блоков реакторы PWR мощностью 300 МВт нетто каждый. Основная часть станции спроектирована Шанхайским научно-исследовательским и проектным институтом ядерной энергетики (SNERDI) на основе китайского блока Qinshan-1. Блоки были подсоединены к электросети в июне 2000 г. и марте 2011 г. соответственно. В апреле 2009 г. подписан контракт с SNERDI на разработку строительства энергоблоков № 3 и 4 АЭС Chashupp с реакторами CNP-300.

ническом обслуживании своих энергоблоков, предоставлять полный цикл услуг».

В ноябре 2017 г. CNNC и пакистанская Комиссия по атомной энергии (PAEC) подписали соглашение о сотрудничестве по строительству блока № 5 АЭС Chashupp с реактором Hualong One («Дракон»).

Китай в настоящее время – единственное государство, продающее Пакистану ядерные технологии. Пакистан не является участником Договора о нераспространении ядерного оружия, что существенно осложняет его международное сотрудничество в ядерной области. Тем не менее мирная ядерная программа добилась крупных успехов, и страна продолжает ее расширять. В стадии



Построенные Китайской национальной ядерной корпорацией (CNNC) энергоблоки № 3 и 4 АЭС Chashupp вступили в строй в октябре 2016 г. и июне 2017 г. соответственно. 23 сентября 2020 г. состоялась церемония окончательной официальной приемки блока № 4, в которой принял участие президент CNNC Гу Цзюнь. Он заявил, что Китай и Пакистан поддерживают прочные партнерские отношения в области ядерной энергетики с тех пор, как две страны в 1986 г. подписали соглашение о передаче гражданских ядерных технологий, и, что «CNNC, как всегда, будет помогать Пакистану в эксплуатации и тех-

строительства находятся два энергоблока на АЭС KANUPP (блоки № 2 и 3) с реакторами мощностью 1014 МВт(э) нетто каждый. В будущем предполагается сооружение двух блоков на новой площадке вблизи Музаффаргарха (провинция Пенджаб).

МАГАТЭ неоднократно выражало удовлетворение режимом ядерной безопасности Пакистана. При этом блоки АЭС Chashupp эксплуатируются с высокими значениями КИУМ (более 80%) и тарифы на отпускаемую с АЭС электроэнергию – одни из самых низких в стране.

Материал подготовила  
И. В. Гагаринская

# Строительство исследовательской установки МБИР вышло на новый этап

6 октября 2020 года в городе Димитровграде Ульяновской области состоялась встреча участников строительства исследовательской ядерной установки МБИР и полифункционального радиохимического исследовательского комплекса ПРК АО «ГНЦ НИИАР».

Координационное собрание провёл директор по капитальным вложениям, государственному строительному надзору и государственной экспертизе Госкорпорации «Росатом» Геннадий Сахаров. В рамках совещания заинтересованные стороны обсудили исполнение плана мероприятий по созданию в Димитровграде ИЯУ МБИР и ПРК АО «ГНЦ НИИАР».

Исключительные технические характеристики МБИР позволят решать широкий спектр исследовательских задач на международном уровне. Разработки, благодаря которым будет реализован инновационный реактор, в будущем станут основой для создания новых конкурентоспособных и безопасных ядерных энергетических установок.

В ходе строительства активно внедряется технология информационного BIM моделирования. Цифровая модель уже используется для план-фактного анализа, определения необходимых объемов земельных работ, координации перемещения строительной техники по площадке, а также для осуществления дистанционного контроля над проектами на стадии возведения.

Председатель координационного совещания Геннадий Сахаров обратил внимание участников на то, что Госкорпорация «Росатом» является лидером инновационного строительства в стране:

«На данный момент МБИР – самый технологически совершенный проект в России. Именно «Росатом» впервые создает масштабный государственный научный объект с использованием информационной BIM модели, которая позволяет в режиме реального времени отслеживать ход строительства. Благодаря внедрению этой технологии в госкорпорации появились новые уникальные специалисты – эксперты BIM моделирования».

Заместитель директора по сооружаемым объектам «ГНЦ НИИАР» Сергей Киверов рассказал о ходе выполнения программы строительства в 2020 году, а также представил участникам совещания прогноз исполнения плана по сооружению объектов МБИР и ПРК.

«Создание на площадке «ГНЦ НИИАР»



Многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах – важнейший проект долгосрочного развития экспериментальной отрасли, который позволит России обеспечить лидерство в развитии инновационных реакторных технологий на следующие полвека. На данном этапе участникам строительства удастся в полном объеме выполнять запланированную программу возведения объектов», – отметил представитель предприятия научного дивизиона Госкорпорации «Росатом».

Госкорпорация «Росатом» ставит перед собой амбициозную цель – завершить работу над реактором с опережением графика. В этой связи участники встречи отметили ключевые события проекта в 2020 году:

- получение положительного заключения Главгосэкспертизы России и разрешения на строительство МБИР;
- проведение закупочных процедур и заключение договоров на изготовление и поставку оборудования с длительным производственным циклом;
- возобновление строительного-монтажных работ на площадке и перечисление авансов на ОДЦИ (оборудование с длительным циклом изготовления) и СМР (строительно-монтажные работы).

К сегодняшнему дню полностью возобновились активные работы на объекте. Ведется сооружение резервуаров пожаротушения, блока

вспомогательных построек главного реакторного здания, проводится формирование и обустройство площадки для размещения строительного-монтажной базы.

На стройплощадке уже трудятся около 200 строителей, включая инженерно-технический персонал, задействовано 26 единиц техники. В 2021 году подрядчик увеличит численность рабочего персонала до 500 человек. К реализации проектов также приступят более 100 сотрудников с инженерным образованием, а количество техники возрастет до 112 единиц. В дальнейшем на строительстве научно-исследовательского реактора в Димитровграде будут заняты порядка 1300–1500 специалистов.

Видеоролик <https://yadi.sk/i/4i8j8RUqPjuUjg>

Фотографии об этапах строительства ИЯУ МБИР и ПРК АО «ГНЦ НИИАР» можно посмотреть <https://cloud.mail.ru/public/2PJi/8PduSsjrs/>

Строительство МБИР, на базе которого планируется создание Международного центра исследований, началось в Димитровграде (Ульяновская область) в 2015 году. Цель сооружения МБИР – создание высокопоточного исследовательского реактора на быстрых нейтронах, уникальные потребительские свойства которого будут способствовать успешному производству электроэнергии и тепла, отработке новых технологий производства радиоизотопов и модифицированных материалов, а также инновационному проведению реакторных и послереакторных исследований.

www.proatom.ru

## Здоровый скептицизм



«Тред о том, как на абсолютно пустом месте пропаганда создаёт постоянный поток «новостей» о возрождении державы и уникальных разработках. Разбираем на конкретном реальном примере.»

Итак, в далёком 2007 году Росатом решил создать многоцелевой исследовательский ядерный реактор на быстрых нейтронах (МБИР). Уникальный, самый мощный в мире, вот это всё. Стройка началась, впрочем, только в 2014-м. Сроком ввода в эксплуатацию был обозначен 2019-й. Об этом, конечно, активно рассказывали. Новые заказы для промышленности, заводы возрождаются, уникальный реактор строится. <https://skc.ru/index.php/press/news/item/4225693/>

Обязательно сообщалось о том, что новый реактор – самый мощный в мире и обеспечит лидерство России на международной арене. <https://ria.ru/20150911/1244069792.html>

Русскоязычные ресурсы пропаганды за рубежом не забывали ставить проект в пример всяким там русофобским странам. Вот пишут: Россия возрождается, МБИР строит, а Латвия гибнет. <https://telegraf.bb.lv/vse-novosti/item/9163626-rossiya-stroit-samyj-moshchnyj-v-mire-reaktor-chto-by-izuchat-novye-vidy-yadernogo-topliva>

Высокие чины Росатома подробно рассказывали об уникальном проекте, продолжая до поры до времени повторять, что он будет запущен в 2019 году. Вот интервью замглавы Росатома от сентября 2016-го. <https://ria.ru/20160928/1477984184.html>

«До поры до времени» - это ключевое выражение. Вскоре стало ясно, что никакого реактора в 2019-м не будет. Но пропаганда должна сообщать только о победах и об упорном труде. Рядовым россиянам не нужно знать, что на самом деле всё это – пирик.

Поэтому в 2018-м нам говорят: график будет выдержан. Это, правда, уже другой график, в нём запуск намечен на 2024-й. Но зачем акцентировать внимание на таких мелочах, верно? Лучше продолжать гордиться. <http://atominfo.ru/news/z0393.htm>

Наступил 2019-й, и нам сообщают о... Естественно, об очередной победе эпохи путинизма. Корпус МБИР прошёл испытания. Тут же, правда, сказано, что ввод МБИР запланирован аж на 2030-й. Но глубинный народ про прежние обещания давно забыл и радуется победе. <https://neftegaz.ru/news/nuclear/497249-korpus-issledovatel'skogo-reaktora-mbir-uspeshno-proshel-ispitaniya/>

Переносимся в день сегодняшний. В октябре 2020 Росатом сообщает, что проект будет запущен в 2026-м, «на год раньше срока». Почему на год, если по новому плану запуск был намечен на 2030-й? Да отстаньте вы с вопросами, радуйтесь возрождению державы! <http://nwatom.ru/press-sluzhba/novosti-otrasli/825-rosatom-nameren-postroit-mbir-na-god-ranshe-planovogo-sroka>

Проходит всего 2 недели. И выясняется, что на проект надо ещё 65 миллиардов из бюджета. А запустят его в 2028-м. Обыватель уже давно запутался в сроках, но опять гордится грандиозным проектом и тем, как Путин поднимает страну с колен. <https://www.kommersant.ru/doc/4548089>

Вот так это и устроено. Никакого МБИР нет и, скорее всего, никогда не будет. Десятки и сотни миллиардов уже разворованы и ещё будут украдены. Но при этом глубинному народу годами вешают на уши лапшу о непрерывной череде побед сверхдержавы.»

(С) Проф. Преображенский. <http://worldcrisis.ru/crisis/3707800> [https://vk.com/wall-74462066\\_635286](https://vk.com/wall-74462066_635286)



«Росатом просит 65 млрд. рублей из госбюджета на постройку к 2028 году исследовательского реактора на быстрых нейтронах.»

Знаете, что тут смешно? Этот самый реактор обещали запустить в 2019-м. Но ВДРУГ выяснилось, что нужно ещё 9 лет и 65 миллиардов. Всё как всегда.





# Ядерная деятельность США в гражданской сфере в 2020 году

## Общая ситуация с ядерной энергетикой в США

«НЭП при Трампе». Источник: Атомный эксперт № 1 (62) март 2018 г. [https://atomicexpert.com/newtrump\\_politica](https://atomicexpert.com/newtrump_politica)

**П**о всеобщему признанию, ядерная отрасль США переживает не лучшие времена.

- В сфере франтэнда (начальный этап ЯТЦ) США практически утратили самостоятельность, что, по мнению некоторых экспертов, несет риски для национальной безопасности.
- В бэкэнде (ключительный этап ЯТЦ) уже много десятилетий не решается проблема накопления на АЭС отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов.
- В сфере атомной генерации хорошие показатели технико-экономической эффективности АЭС сочетаются с утратой ими конкурентоспособности перед другими источниками энергии; в результате все больше ядерных мощностей оказывается на грани закрытия.
- В сфере поставки технологий множество передовых разработок годами, а порой и дольше не могут подойти к порогу внедрения.
- За рубежом американские компании утратили позиции ведущих игроков глобального рынка.

На этом фоне у отрасли накопился перечень претензий и пожеланий к власти:

- поддержка атомных станций на конкурентных рынках электроэнергии, основанная на учете их уникальных функций;
- решение проблем бэкэнда, включая формирование централизованной инфраструктуры обращения с ОЯТ и справедливую компенсацию государством расходов на вывод из эксплуатации некоторых объектов ядерного наследия;
- совершенствование государственной системы лицензирования, изменение принципов ее финансирования и снижение

расходов бизнеса на эти цели, что особенно важно для внедрения новых ядерных технологий;

- принятие иных мер для ускоренного внедрения инновационных, в том числе малых модульных, реакторов и толерантного ядерного топлива;
- снижение регуляторных барьеров для атомного экспорта и обеспечение его государственной финансовой поддержки.

Эти пожелания в различных формулировках то и дело звучат из уст представителей отрасли на различных официальных мероприятиях и по медиаканалам. При предыдущей администрации США не было достигнуто продвижения ни по одному из названных пунктов, а ряд перечисленных выше проблем обострились. Приход к власти Трампа привел к некоторым, пока довольно скромным, сдвигам в решении части этих вопросов. Новый президент провозгласил пересмотр энергетической стратегии США, одним из ключевых пунктов которого стало, по его словам, «возрождение и расширение атомного сектора». Учитывая обещания нового хозяина Белого дома, американские атомщики надеются на перелом ситуации.

23 апреля 2020 г. Министерство энергетики США опубликовало отчет Рабочей группы, в котором излагается стратегия США по восстановлению своего глобального лидерства в области ядерной энергетики и технологий.

(Источник: Secretary Brouillette Announces The Nuclear Fuel Working Group's Strategy To Restore American Nuclear Energy Leadership)

В отчете рекомендуются возможные действия по усилению положительных характеристик ядерной энергетики, восстановлению жизнеспособности ядерного топливного цикла, усилению технологических преимуществ США и стимулированию экспорта.

Бюджетный запрос администрации Трампа на 2021 финансовый год для министерства включает \$150 млн на создание резерва урана на десять лет. Эта стратегия предназначена для восстановления конкурентных ядерных преимуществ США. С одной стороны, это обеспечивает развитие атомной энергетики для защиты интересов отечественных атомных предприятий. В стратегии подчеркивается важность полного внутреннего ядерного топливного цикла для удовлетворения оборонных потребностей и обе-

спечения национальной безопасности. С другой стороны, он побуждает США вернуть свои позиции мирового лидера в области ядерной энергетики государственным предприятиям, особенно в конкуренции с Россией и Китаем.

Стратегия предусматривает несколько шагов для достижения поставленной цели: Во-первых, правительство возродит уранодобывающую и конверсионную отрасли и восстановит жизнеспособность начальной стадии ЯТЦ. Это также будет способствовать развитию рабочей силы мирового уровня, чтобы помочь США конкурировать на международном рынке. Во-вторых, правительство будет использовать инновации и инвестировать в ядерные исследования и разработки для консолидации своих технических достижений и укрепления своего лидерства в будущих технологиях ядерной энергетики. Наконец, правительство будет использовать «общегосударственный подход» для поддержки ядерной энергетики в интересах экспорта гражданских ядерных технологий и конкуренции с государственными предприятиями в зарубежных странах.

Далее изложена некоторая конкретная информация, касающаяся разных аспектов деятельности Министерства энергетики США, подведомственных национальных лабораторий, комиссии по ядерному регулированию и других организаций

### 1. АЭС США защищены от атак дронов — NRC

(Источник: AtomInfo.ru, 27.10.2020)

Атомные станции США не имеют существенных уязвимостей, которые могли бы быть использованы злоумышленниками для атак с помощью коммерчески доступных БПЛА, говорится в заявлении Комиссии по ядерному регулированию (NRC) США. Регуляторы напоминают, что оценка угроз для АЭС со стороны дронов была выполнена совместно с Сандийскими национальными лабораториями. Отчёт о проведённой работе имеет гриф секретности, в открытом доступе находится только краткое сообщение с основными выводами. «По результатам технического анализа сделан вывод о том, что американские АЭС не имеют каких-либо существенных уязвимостей, которые могли бы быть использованы противниками с помощью коммерчески доступных беспилотных летательных аппаратов для радиологической диверсии, кражи или утечки специального

ядерного материала (в основном реакторного топлива)», — говорится в заявлении NRC. «Кроме того, исследование пришло к выводу, что любая информация, которую злоумышленник может почерпнуть из наблюдения с помощью дронов, уже учтена в проектной угрозе NRC, которая предполагает, что злоумышленники имеют инсайдерскую информацию о станции и её деятельности».

### 2. Национальная лаборатория «Pacific Northwest» (США) выпустила в сентябре 2020 года отчёт PNNL-30451 по тематике толерантного топлива (ATF).

Хотя отчёт был посвящён вопросам транспортировки ATF и хранения ОЯТ ATF, первая часть документа носит обзорный характер по двум видам ATF — с хромированными оболочками и оболочками из фехрала (FeCrAl).

(Источник: AtomInfo.ru, 20.10.2020)

Разработки толерантного топлива в мире «Westinghouse». На ближайшую перспективу компания рассматривает два варианта топлива с хромированными оболочками — с таблетками из UO<sub>2</sub> с добавкой Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ADOPT) и с таблетками из U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>. Концепция хромирования оболочек была проверена на исследовательском реакторе MTR. Таблетки из U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> испытывались на исследовательском реакторе ATR.

«Framatome». На ближайшую перспективу компания рассматривает вариант с оболочкой из сплава M5 с хромовым покрытием и таблеткой из UO<sub>2</sub> с добавкой Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Концепция была проверена на нескольких исследовательских реакторах, включая ATR и «Halder».

GNF. Совместно с «General Electric» компания рассматривает на ближайшую перспективу два варианта оболочек — ARMOR (циркониевый сплав с покрытием) и «IronClad» (фехраль). Обе концепции были проверены в исследовательском реакторе ATR.

Япония. В этой стране изучаются оболочки из дисперсноупрочнённого фехрала FeCrAl-ODS (усиленный за счёт диспергирования мелких оксидных частиц) и из карбида кремния (SiC/SiC composite). Испытаний в энергетических реакторах не ведётся. Образцы изучаются на установках в Окридже (США).

Китай. НИОКР по толерантному топливу проводит корпорация CGN. Рассматривается ши-



рокий ряд вариантов — циркониевые оболочки с покрытием, оболочки из фехрала, оболочки из молибдена с покрытием, оболочки из карбида кремния, топливные таблетки с повышенной теплопроводностью. Проводятся вне реакторные исследования теплофизических и механических свойств ATF. Планы по проведению реакторных экспериментов не обозначены.

Южная Корея. НИОКР по толерантному топливу проводят KAERI и KERCO. Рассматриваются различные варианты оболочек — с хромовым покрытием, дисперсноупрочнённые, из карбида кремния, из сплавов на основе железа. Фехраль рассматривается как один из вариантов покрытия циркониевых оболочек.

ORNL. Нацлаборатория изучает ряд вариантов оболочек. В частности, большой объём оптимизационной работы в Окридже выполнен по фехралам. По фехралам изучалось влияние содержания в сплаве хрома и алюминия, в том числе, с точки зрения влияния облучения на механические свойства сплава.

### 3. NRC дала определение микрореакторам

(Источник: AtomInfo.ru, 27.10.2020)

Определение не устанавливает чёткой границы по мощности между микрореакторами и малыми реакторами. «Хотя нормативное определение не установлено, микрореакторы имеют небольшую мощность (порядка десятков мегаватт тепловых)», — утверждает в документе.

«Микрореакторы могут выполнять нетрадиционные функции для ядерной энергетики, включая обслуживание удалённых районов, резервное производство электроэнергии, производство водорода, опреснение, производство тепла для технологических производств, а также поддержка объектов военной и критически важной национальной инфраструктуры», — говорится в документе.

### 4. На строительстве блока Vogtle-3 возникли новые задержки

(Источник: AtomInfo.ru, 24.10.2020)

Строительство блока № 3 АЭС «Vogtle» (США) с реактором AP-1000 вновь отстает от неоднократно пересмотренного графика. По данным местного издания AJC, отставание от графика составляет сейчас примерно четыре месяца. В качестве причины отставания называются последствия мер, принятых для борьбы с коронавирусом. За всё время эпидемии общее число работников на площадке, заболевших ковидом, превышает 1000 человек. Загрузка топлива в активную зону, ранее ожидавшаяся в этом году, сдвинута на апрель 2021 года. Несмотря на это, компания «Georgia Power» надеется, что сумеет преодолеть отставание и обеспечить ввод блока в эксплуатацию в ноябре 2021 года.

### 5. Из проекта по строительству в США АЭС с реакторами NuScale720 вышли два участника

(Источник: AtomInfo.ru, 19.10.2020)

Два участника проекта по строительству в США АЭС с малыми модульными реакторами «NuScale720» досрочно покинули проект: города Логан и Лихай. Основным заказчиком будущей станции, чьё строительство начнётся не ранее конца 2025 года, выступает UAMPS, энергетическая ассоциация штата Юта. Она планирует выкупать электроэнергию от 10 из 12 модулей станции, или 600 МВт(э) брутто. При этом на долю города Логан приходилось бы 30 МВт(э), а на долю города Лихай — 1,7 МВт(э). Члены ассоциации должны до конца октября 2020 года перераспределить свои доли или объявить о выходе из проекта.

### 6. США заключили с Польшей соглашение в сфере ядерной энергетики

(Источник: AtomInfo.ru, 19.10.2020)

Об этом сообщил на телефонном брифинге журналистам американский министр энергетики Дэн Бруйетт. В рамках договорённостей в Польше также будут построены шесть крупных атомных блоков. «Это восстановит конкурентоспособность ядерной энергетики США», — отметил Бруйетт, уточнив, что в двустороннем соглашении «множество деталей».

### 7. DoE выделит \$1,355 млрд в течение 10 лет на нужды строительства АЭС с 12 модулями NuScale720

(Источник: AtomInfo.ru, 16.10.2020)

Министерство энергетики США утвердило решение о финансовой поддержке компании «Carbon Free Power Project, LLC» (CFPP, LLC), созданной для строительства АЭС с малыми реакторами типа «NuScale». Речь идёт о модулях мощностью 60 МВт(э) каждый. Процесс сертификации таких реакторов, известных как «NuScale720», начнётся в США в 2021 году. Ранее также сообщалось, что заявку на получение комбинированной (строительство и эксплуатация) лицензии для АЭС с 12 модулями ассоциация UAMPS или её дочерняя фирма планируют подать в комиссию по ядерному регулированию США в марте 2023 года и приступить к строительству в ноябре 2025 года.

### 8. TerraPower и X-energy получат гранты по программе демонстрации перспективных реакторов — Do E

(Источник: AtomInfo.ru, 13.10.2020)

Министерство энергетики США выберет проекты, предлагаемые «X-energy» и «TerraPower» (и их партнёрами), для выдачи грантов в рамках программы «Advanced Reactor Demonstration Project» (ARDP). «TerraPower» и её партнёры (среди них такие компании как GE и «Bechtel») представила в рамках программы проект «Natrium» — систему, состоящую из быстрого натриевого реактора и жидкосолевой системы хранения энергии. Компания «X-energy» и её партнёры предлагают проект [высокотемпературного реактора Xe-100](#). «Ожидается, что оба проекта будут введены в эксплуатацию в течение следующих семи лет», — уточняется в сообщении министерства.

### 9. Bruce Power и Westinghouse будут сотрудничать по продвижению микрореактора eVinci в Канаде

(Источник: AtomInfo.ru, 11.10.2020)

Компании «Bruce Power» и «Westinghouse» будут сотрудничать в целях продвижения в Канаде микрореакторов «eVinci». [Микрореактор «eVinci»](#), как его определяют в «Westinghouse», представляет собой «ядерную батарейку следующего поколения», предназначенную для использования на децентрализованных электрорынках и в микросетях, таких как удалённые регионы, удалённые рудники и иные инфраструктурные объекты.

Проект «eVinci» характеризуется как микрореактор, вырабатывающий «конкурентоспособную и гибкую» энергию и обладающий при этом «превосходной надёжностью при минимальном обслуживании». Малые размеры микрореактора «eVinci» позволяют использовать «стандартные методы транспортирования» и быстро развёртывать установку на месте.

### 10. США и Румыния будут сотрудничать на АЭС Черноводы

(Источник: AtomInfo.ru, 10.10.2020)

Соответствующее соглашение парафировали министр энергетики США Дэн Бруйетт (Dan Brouillette) и министр экономики, энергетики и бизнеса Румынии Вирджил Попеску. После официального вступления в силу это соглашение заложит основу для использования Румынией опыта и технологий США вместе с многонациональной командой, строящей блоки №№ 3/4 АЭС «Cernavoda» и занимающейся реновацией блока № 1 станции.

### 11. Цех по восстановлению урана из скрапа открыт на топливном заводе Framatome в США

(Источник: AtomInfo.ru, 08.10.2020)

Цех по восстановлению урана из скрапа (отбракованный ядерный материал, не отходы) открыт на топливном заводе компании «Framatome» в Ричланде (США). Площадь цеха — 11 тысяч квадратных футов (более 1 тысячи квадратных метров).

Строительство цеха продолжалось три года, его стоимость — \$20 млн. Цех предназначен для выделения урана из отходов производства ядер-



ного топлива. Выделенный уран будет преобразовываться в форму диоксида и возвращаться в производственный цикл по изготовлению ядерного топлива.

### 12. Westinghouse примет участие в ПСЭ блока Angra-1

(Источник: AtomInfo.ru, 06.10.2020)

Компания «Westinghouse» подписала контракт с бразильской «Eletronuclear» на проведение инженерингового анализа в рамках подготовки к продлению срока эксплуатации блока № 1 АЭС «Angra». На блоке «Angra-1» установлен двухпетлевой реактор PWR проекта «Westinghouse». Он стал первым атомным энергоблоком в Бразилии, его мощность 609 МВт(э). Строительство блока стартовало в мае 1971 года, в коммерческую эксплуатацию введён в январе 1985 года. Срок окончания действия эксплуатационной лицензии блока — декабрь 2024 года. В планах бразильских атомщиков — продлить блок до конца 2044 года.

### 13. США — обеднённый уран для нужд ЯОК

(Источник: AtomInfo.ru, 25.10.2020)

Главная бухгалтерская служба США (GAO, аналог Счётной палаты) подготовила отчёт GAO-21-16, в котором рассмотрела положение дел с обеднённым ураном, необходимым для программы модернизации американского ядерного арсенала. Обеднённый уран (DU) является важным стратегическим материалом для ведущейся и планируемой модернизации ядерного арсенала США, утверждает в отчёте аудиторы. За запасы обеднённого урана для нужд ЯОК США отвечает национальное управление ядерной безопасности (NNSA). По его оценкам, запасы сырья (DUF4) для производства металлического обеднённого урана ограничены и могут исчерпаться до конца 20-х годов, если не будут приняты необходимые меры. Кроме того, NNSA располагает ограниченными возможностями для производства сплава обеднённого урана с ниобием, требуемого для модернизации ядерных боеприпасов, говорится



в отчёте. Исторически за поддержание запасов DU и изготовление определённых компонентов ядерного оружия в США отвечал завод Y-12 в Окридже. В начале 2000-х годов ряд технологических участков на заводе был либо закрыт, либо «консолидирован». Оставшиеся участки и их оборудование достигли почтенного возраста и должны быть модернизированы или заменены. Положение дел с обеднённым ураном важно в свете стартовавшей в США амбициозной программы модернизации ядерного арсенала, на нужды которой в ближайшие два десятилетия предполагается выделить «сотни миллиардов долларов», считают аудиторы.

#### 14. США — избыточный плутоний

(Источник: AtomInfo.ru, 08.05.2020)

Национальная академия наук США подготовила доклад, в котором проанализировала планы министерства энергетики по захоронению избыточного плутония на комплексе WIPP. В одной из глав доклада авторы привели данные по имеющимся на сегодняшний день в США запасам избыточного плутония. Под избыточным (surplus) плутонием в США понимается такой плутоний, для которого нет планов использования в той или иной программе и который не подпадает ни под одну из категорий резервов национальной безопасности. Наибольшее его количество (34 тонны в форме пеллет, металла и оксида) связано

с российско-американским соглашением СОУП. Как известно, Россия заморозила своё участие в данном соглашении, однако Соединённые Штаты до сих пор утверждают, что собираются выполнить свою часть обязательств. Общее количество избыточного плутония в США составляет 62,4 тонны, из которых до 48,2 тонн может быть захоронено после разбавления на комплексе WIPP.

#### 15. США — новое решение для ОЯТ

(Источник: AtomInfo.ru, 02.06.2020)

Новые подходы к обращению с ОЯТ перспективных реакторов обсуждаются в Соединённых Штатах. Как пишет «Power Magazine», одним из возможных вариантов станет постоянное захоронение ОЯТ в глубоких горизонтальных скважинах непосредственно на реакторных площадках. Интерес к такому подходу возрос после того, как в конце апреля 2020 года компания «Deep Isolation», работающая в сфере обращения с радиоактивными отходами, подписала первый контракт. Проблема ОЯТ — одна из самых острых из стоящих перед американской атомной отраслью. Все попытки приступить к строительству национального хранилища «Гора Юкка» вышли неудачными, и отработавшее топливо размещено сегодня на 121 площадке в 39 штатах США на временном хранении. Решение, которое предлагает «Deep Isolation», выглядит следующим об-

разом. На площадке или рядом с ней на глубине примерно 1 мили бурятся горизонтальные скважины, куда помещаются ёмкости с ядерными отходами. Далее вертикальный участок заполняется скальными породами, бентонитом и другими материалами, запечатывая тем самым горизонтальное хранилище. Принципиально важно, что процесс захоронения в таком подходе является обратимым (это одно из требований NRC). Команда квалифицированных работников сумеет при необходимости извлечь контейнеры с ОЯТ из горизонтального хранилища, хотя на это уйдёт неделя или более. В компании настаивают, что процесс извлечения достаточно сложен для того, чтобы его могли реализовать нежелательные элементы (например, террористы).

15. Американское ядерное общество (ANS) призывает NRC начать разработку нормативных документов по переработке ОЯТ.

(Источник: WNN04.06.2020)

В письме в NRC главный исполнительный директор ANS Крейг Пирси призвал регулирующий орган возобновить нормотворческую деятельность по переработке ОЯТ. По словам Пирси, ANS признает, что однократный топливный цикл может быть наиболее экономичным путем для парка легководных реакторов США в ближайшем будущем. «Однако в долгосрочной перспективе, когда ядерная энергия будет обеспечивать значительную часть производства электроэнергии в США, сведение к минимуму отходов за счет рециклирования будет оправдано. Кроме того, многие современные реакторные системы, которые в настоящее время разрабатываются, специально предназначены для использования энергетического потенциала, заключенного в существующих запасах ОЯТ». Переработка ОЯТ коммерческих реакторов запрещена в США с 1977 года, при этом все отработавшее топливо рассматривается как высокоактивные отходы. Закон о политике в области ядерных отходов 1982 г. установил федеральную ответственность за все использованное в гражданских целях топливо, но, хотя в 1987 г. в законодательство были внесены поправки, предусматривающие выделение площадки в Юкка-Маунтин в штате Невада для окончательного хранилища, такая установка до сих пор не была реализована.

#### 16. Новая программа, запущенная Министерством энергетики

США (DOE), предоставит первоначальное финансирование в размере \$160 млн, разделенное с промышленностью, на строительство двух демонстрационных усовершенствованных реакторов, которые могут быть введены в эксплуатацию в течение следующих пяти-семи лет.

(Источник: WNN14.05.2020)

Это следует за выделением Конгрессом США 230 миллионов долларов США в бюджете на 2020 год для запуска новой демонстрационной программы для усовершенствованных реакторов

#### 17. Завершилась многолетняя работа по очистке и преобразованию бывшего газодиффузионного завода в Ок-Ридже, что ознаменовало собой первое в истории удаление комплекса по обогащению урана, объявило Управление по охране окружающей среды (EM) Министерства энергетики США (DOE).

Площадка в Теннесси была преобразована в многофункциональный промышленный парк. (Источник: WNN14.10.2020)

Установки по обогащению урана были впервые построены на этом объекте в 1940-х годах для производства обогащенного урана для оборонных целей под кодовым названием K-25. Позднее он был переименован в газодиффузионный завод в Ок-Ридже. Позже завод расширился и начал также производить обогащенный уран для коммерческой ядерной энергетики, а также исследовать новые технологии обогащения. Эксплуатация завода продолжалась до середины 1980-х годов, и в 1987 году был окончательно закрыт. В результате остались сотни загрязненных объектов, которые необходимо было очистить и удалить, в том числе пять больших зданий.

#### 18. Министерство торговли США и российская государственная ядерная корпорация

#### «Росатом» завершили соглашение о продлении срока действия Соглашения о приостановлении антидемпингового расследования по урану из Российской Федерации до 2040 года

(Источник: WNN06/10/2020).

Юридическая фирма из Вашингтона, округ Колумбия, США, представляла поставщика услуг по обогащению Ureco USA Inc в его усилиях по продлению соглашения, которое регулирует торговлю урановой продукцией между двумя странами с 1992 года. Согласно проекту соглашения, опубликованному DOC в прошлом месяце, годовые экспортные лимиты на 2021–2040 годы снижаются с 596682 кгU в виде НОУ при доле продукта 4,4% и в хвостах 0,3%, и 26254 кг U-235 в 2021 г. до 267685 кг U в виде НОУ и 11778 кг U-235 в 2040 г. Эти цифры соответствуют 24% и 15%, соответственно, потребности США в обогащении.

#### 19. Команды, возглавляемые TerraPower и X-energy, были объявлены получателями первоначального финансирования в размере \$160 млн в рамках Программы демонстрации усовершенствованных реакторов (ARDP) Министерства энергетики США

Компании получают по \$80 млн каждая на строительство демонстрационного завода, который может быть введен в эксплуатацию в течение семи лет.

(Источник: WNN14.10.2020)

В частности, TerraPower продемонстрирует быстрый реактор с натриевым теплоносителем, который был разработан в партнерстве с GE-Hitachi. По словам Министерства энергетики, высокая рабочая температура реактора Sodium в сочетании с накоплением тепловой энергии позволит станции обеспечивать гибкую выработку электроэнергии, дополняющую переменную возобновляемую генерацию, такую как энергия ветра и солнца. В рамках проекта также будет построен новый завод по производству металлического топлива, рассчитанный на потребности демонстрационной программы.

X-energy поставит коммерческую четырехблочную электростанцию на базе высокотемпературного газохладающего реактора Xe-100, который, по словам Министерства энергетики, «идеально подходит» для обеспечения гибкой выработки электроэнергии, а также технологического тепла для широкого диапазона промышленного тепла. приложения, такие как опреснение и производство водорода. В рамках проекта также будет построена установка по производству топлива из триструктурных изотропных частиц (TRISO) в промышленных масштабах.

#### 20. Министерство энергетики США утвердило Критическое решение 1 для универсального испытательного реактора (VTR), что означает, что теперь проект может перейти на этап инженерного проектирования.

Министерство энергетики запросило \$295 млн на 2021 финансовый год для единственного в своем роде объекта, который будет поддерживать исследования и разработки в области инновационной ядерной энергетики и других технологий. (WNN24.09.2020)

По словам министра энергетики Дэна Бруйетта, VTR устраняет давний пробел в исследовательской инфраструктуре США. «У нас не было установки для испытаний в спектре быстрых нейтронов в течение десятилетий. Многие из новых конструкций реакторов, разрабатываемых в Соединённых Штатах, требуют такого рода возможностей для долгосрочных испытаний. VTR не только будет поддерживать исследования и разработки столь необходимых чистых энергетических технологий, но это ключ к возрождению нашей ядерной отрасли, которая долгое время была образцом безопасной эксплуатации и безопасности для всего мира».

Министерство энергетики примет окончательное решение по конструкции, выбору технологии и местоположению видеоманитофона после завершения EIS и протокола решения, которое ожидается в конце 2021 года.



Л.Г. Цой,  
инженер-кораблестроитель, д.т.н.,  
профессор, Санкт-Петербург

# О ледовой классификации Правил морского Регистра

**В 2018 г. Российский морской регистр судоходства (РС) распространил циркулярное письмо № 312—11—1137Ц касательно внесения изменений в часть I «Классификация» Правил классификации и постройки морских судов, 2018, НД № 2—020101—104 в отношении ледовых классов. В частности, вносятся изменения в пункт 2.2.3 «Знаки ледовых классов Регистра, полярных классов МАКО и знаки балтийских ледовых классов».**

Ознакомление с изменениями и дополнениями, включенными в Правила издания 2019 г., свидетельствует о том, что заявленная корректировка классификации судов выполнена довольно поверхностно. Требуется более тщательная проработка как требований к ледовым качествам транспортных судов ледового плавания, так и современной классификации ледоколов.

В статье приводятся замечания по внесенным Регистром дополнениям и изменениям в часть I «Классификация» Правил РС издания 2018 г. и предложения по совершенствованию ледовой классификации судов и ледоколов.

## Замеченные опечатки

В п. 2.2.3.3.1 при перечислении ледовых классов судов указан несуществующий класс Ice4, который следует исправить на Ice3.

Из новой редакции Правил оказался исключенным п. 2.2.3.6 с таблицей 2.2.3.6, в которой приведено ориентировочное соответствие знаков ледовых классов действующих Правил знакам категорий ледовых усилений Правил издания 1995 г. Указаний об упряднении этой таблицы в настоящих Правилах нет. По-видимому, она выпала из нового издания ошибочно. Суда старых ледовых категорий продолжают эксплуатироваться, и опыт их ледового плавания позволяет судовладельцам легче ориентироваться при заказе новых судов с новыми ледовыми классами. Также это позволяет Администрации Севморпути более надежно оценивать возможности судов с новыми ледовыми классами.

## О соответствии принятых Регистром определений типов льда «Номенклатуре морских льдов» ВМО

Пункт 2.2.3.1.3 дополнен по утверждению авторов определениями типов льда согласно «Номенклатуре морских льдов» Всемирной метеорологической организации (ВМО). Однако определение однолетнего льда недостаточно полное по его возрасту, стадиям развития, кроме того даны ошибочные численные значения пределов изменения толщины этого льда. Согласно упомянутой номенклатуре, однолетний лед изменяется в диапазоне 30–200 см. При этом различают тонкий однолетний лед толщиной 30–70 см, который характеризуется двумя стадиями: тонкий однолетний лед первой стадии 30–50 см и тонкий однолетний лед второй стадии 50–70 см. Далее следует однолетний лед средней толщины

70–120 см и толстый однолетний лед, толщина которого больше 120 см.

## О ледовых классах транспортных судов ледового плавания

Из текста раздела 2.2.3.3 Ледовые классы Регистра невозможно понять, относится ли описание ледовых классов в таблице 2.2.3.3.2 к самостоятельному плаванию в указанных ледовых условиях, или под проводкой ледокола. Судя по заменяемой редакции Правил РС имеется в виду самостоятельное плавание в соответствующих условиях. В этот вопрос в новых Правилах должна быть внесена ясность. Кроме того, из новой редакции оказалось исключенным очень важное предупреждение судовладельцам о том, что в эксплуатации «судовладелец будет руководствоваться требованиями ледового паспорта или иного документа, конкретизирующего условия безопасной эксплуатации судна во льдах в зависимости от ледового класса, особенностей конструкции судна, ледовых условий и ледокольного обеспечения». Многолетний опыт применения в России ледовых паспортов/сертификатов подтверждает целесообразность их использования как эффективного средства существенного снижения ледовой повреждаемости судов за счет поддержания определенных предварительно рассчитанных путем безопасных скоростей движения в зависимости от ледовых условий.

При разработке Полярного Кодекса в ИМО российская делегация Минтранса сумела доказать целесообразность и эффективность применения на судах полярного плавания ледовых паспортов в качестве альтернативы канадской системе численной оценки риска в зависимости от различных ледовых условий на маршруте плавания судна. Это положение зафиксировано в Полярном Кодексе в качестве рекомендации для включения расчетов безопасных скоростей в «Наставление по эксплуатации в полярных водах». Отказ Регистра от данной рекомендации не только не своевременный, но он также противоречит международной политике в области обеспечения безопасности плавания судов в полярных водах.

Одновременно в Наставление должна быть включена информация о ледопробности судна. По нашему мнению, этот интегральный критерий ледовой ходкости судна следует включить в ледовую классификацию судов. Этим будет дана исчерпывающая информация о ледокольных возможностях судна, и будет хорошим ориентиром для судовладельцев, заказывающих судно для эффективной работы с минимизацией ледокольного обеспечения в конкретных ледовых условиях.

Касательно допустимых условий эксплуатации судов различных ледовых классов Регистра, описание которых дано в таблице 2.2.3.3.2, имеются следующие замечания.

- В Правилах не упоминается Антарктика, однако антарктический флот в России существует.
- При упоминании плавания в летне-осенний период навигации следует иметь в виду, что оно происходит в разрушенных таянием льдах, прочность которых по крайней мере в два раза меньше прочности зимнего льда. Соответственно судно

может летом безопасно работать с одной и той же скоростью во льдах значительно большей толщины, которая в среднем в полтора раза превышает толщину зимнего льда. Именно так должны различаться допустимые толщины льда при плавании зимой и летом.

- Приведенные в п. 2.2.3.1.3 возрастные значения толщины льда не соответствуют данным Номенклатуры морских льдов ВМО. Этот пункт должен быть соответственно отредактирован.

Относительно описания ледовых классов в таблице 2.2.3.3.2 представляется более правильным ограничиться указанием только возрастной характеристики льда, как это сделано в описании полярных классов МАКО и Полярном Кодексе. При разработке Унифицированных требований МАКО, в которой приняли участие российские специалисты, представители Регистра утверждали, что они позаботились о том, чтобы международные полярные классы соответствовали российским, что различие, собственно, заключается лишь в принятых обозначениях полярных классов МАКО и ледовых классов Российского морского Регистра судоходства. Поэтому по аналогии с описанием полярных классов МАКО предлагается выполнить следующую корректировку ледовых классов Регистра:

- вместо значения толщины многолетнего льда «до 3,5 м» для судов класса Arc9 записать «в многолетнем льду умеренной толщины»;
- для судов класса Arc8 оставить только запись «в двухлетнем льду», исключив «толщиной до 2,1 м»;
- для судов класса Arc7 записать «в однолетнем толстом льду», исключив «толщиной до 1,4 м»;
- для судов класса Arc6 для летне-осеннего периода вместо «однолетних льдах толщиной до 1,3 м» записать «разрушенных таянием двухлетних льдах», а в зимне-весенний период — «однолетних средних льдах», исключив «толщиной до 1,1 м».

Особое внимание следует обратить на описание и соответственно назначение судов ледовых классов Arc5 и Arc4. Суда этих классов в соответствии со старыми обозначениями ледовых классов Правил издания 1995 г. эквивалентны категориям УЛ и Л1 соответственно, что зафиксировано в таблице 2.2.3.6 Правил издания 2018 г. Это суда сезонного плавания и согласно опыту и «Руководству для сквозного плавания судов по Северному морскому пути» АСМП могут быть допущены к самостоятельному (без ледокольной проводки) плаванию в Арктике только в летне-осеннюю навигацию. Также при разработке ИМО в 2009 г. «Руководства для судов, эксплуатируемых в полярных водах» (Полярного Руководства) и затем введенного в действие Международного Полярного кодекса ИМО последние два полярных класса, разработанные МАКО, РС6 и РС7 были приняты в качестве аналогов российских классов УЛ и Л1, а также балтийских классов финско-шведских правил 1A Super и 1A. Суда балтийских классов также не допускаются к зимнему плаванию в Арктике без ледокольной проводки. Следовательно, опираясь на практику, не представляется обоснованной возможность самостоятельного плавания в зимне-весенний период в Арктике судов ледовых классов Arc5 и Arc4. Поэтому из описания ледовых классов Регистра

в таблице 2.2.3.3.2 следует исключить возможность самостоятельного плавания этих судов в зимне-весенний период навигации в Арктике, то есть применительно к Арктике оставить только летне-осенний период навигации, подчеркнув, что плавание осуществляется в разрушенных таянием однолетних толстом и среднем льдах соответственно.

Что касается конкретных численных значений безопасных толщин и форм льда на пути следования судна судоводители должны руководствоваться данными ледового паспорта /сертификата, выпускаемого компетентной организацией, в котором на основании массовых расчетов приведена информация и соответствующие рекомендации о безопасных скоростях движения во льдах различной толщины, формы и сплоченности как при самостоятельном плавании, так и в канале под проводкой ледокола. Следовательно, рекомендация судовладельцу о необходимости иметь на борту судна ледовый паспорт/сертификат должна быть обязательно включена в Правила Регистра.

Отдельной серьезной проблемой следует признать отсутствие в Правилах Регистра требований к ледовой ходкости судов. Устаревшие финско-шведские требования к мощности судов ледового плавания, как показывает анализ опыта постройки и эксплуатации судов арктических классов, не обеспечивают однозначной регламентации ледопробности в зависимости от мощности [Л.Г. Цой «Об учете формы обводов корпуса при определении мощности судов ледового плавания». Ж. «Морской флот» № 04, 2018].

Существующее деление судов на классы позволяет судить лишь о безопасных с точки зрения ледовой прочности условиях плавания. В то же время, как показывает эксплуатация ледокольно-транспортных судов, помимо определения требований к ледовой прочности, ледовый класс должен характеризовать также эксплуатационные возможности судна, которые определяются его ледовой ходкостью. О том, что безопасность плавания во льдах зависит не только от ледовой прочности, но и от ледовой ходкости, свидетельствует накопленный опыт освоения Арктики и Антарктики [Л.Г. Цой «К вопросу о критерии ледовой ходкости судов». Ж. «Морской флот» № 02, 2019].

## О классификации ледоколов

Эффективность и безопасность работы транспортного флота в акватории Северного морского пути, прежде всего, зависит от ледокольного обеспечения. Ключевое значение в системе транспортного обеспечения Крайнего Севера имеют атомные ледоколы, обладающие большой мощностью и неограниченной автономностью. Наличие атомного ледокольного флота позволяет успешно решать задачи обеспечения Северного завоза, горнодобывающей промышленности и топливно-энергетического комплекса российской Арктики. С помощью атомных ледоколов в Западном районе Арктики обеспечивается круглогодичная навигация практически при любых погодных и ледовых условиях. Вместе с тем уже в настоящее время, учитывая старение и списание существующих атомных ледоколов, имеется острая потребность в создании атомоходов нового поколения.

Характеристики	Наименование головного ледокола			
	Ермак	Арктика	Капитан Сорокин	Таймыр
Страна-строитель	Финляндия	СССР	Финляндия	Финляндия, СССР
Годы постройки	1974-1976	1974-1992	1977-1981	1989-1990
Число в серии	3	5	4	2
Длина, м:				
наибольшая	135,0	148,0	129,4 / 135,5 / 141,4	150,0
по КВЛ	130,0	136,0	121,3 / 125,8 / 130,2	140,6
Ширина, м:				
наибольшая	26,0	30,0	26,5 / 26,5 / 30,5	29,2
по КВЛ	25,6	28,0	25,6	28,0
Высота борта, м	16,7	17,2	12,3	15,2
Осадка по КВЛ, м	11,0	11,0	8,5	8,1
Водоизмещение по КВЛ, т	20240	23460	14900/ 16020/ 17270	19600
Тип энергетической установки	ДЭУ	ЯЭУ	ДЭУ	ЯЭУ
Число х мощность главных двигателей, кВт	9 x 3380	2 x 27580	6 x 3050	2 x 18400
Мощность на валах, кВт	26500	49000	16200	32500
Число и тип гребных винтов	3 ВФШ	3 ВФШ	3 ВФШ	3 ВФШ
Скорость на свободной воде, уз	19,5	20,8	19,0 / 18,7 / 18,0	20,2
Ледоходимость, м	1,8	2,25	1,35 / 1,80 / 1,90	1,95
Автономность по запасам топлива, сут.	28	неограниченная	28	неограниченная
Экипаж, чел.	91	145	83	110

Табл. 1. Основные характеристики линейных ледоколов России

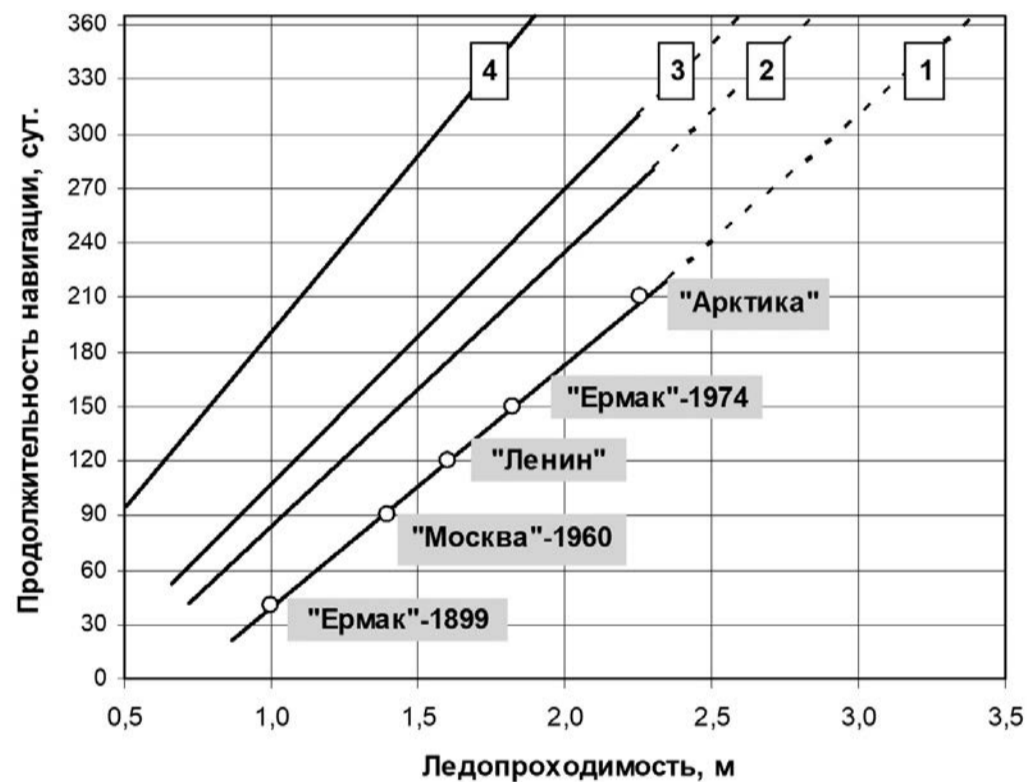


Рис. 1. Зависимость продолжительности навигационного периода в Арктике от ледоходимости ледоколов. 1 – транзитное плавание по СМП и в Восточном районе Арктики, 2 – в Западном районе Арктики, 3 – в западной части Карского моря, 4 – в юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море)

Помимо поддержания судоходства в российской Арктике большое значение имеет также ледокольное обеспечение грузоперевозок в замерзающих неарктических морях, омывающих Россию. Из крупных российских портов (около 50) только четыре являются незамерзающими. Ожидается, что грузооборот основных замерзающих портов России уже в ближайшие годы удвоится. Учитывая это, а также то, что существующие российские дизель-электрические линейные, вспомогательные и портовые ледоколы, построенные в 1970–1980-х гг., практически выработали свой ресурс и морально устарели, существует потребность не только в дополнительном пополнении отечественного ледокольного флота, но и в обновлении его состава. Основные характеристики отечественных линейных ледоколов и время их постройки приведены в табл. 1.

Существующий атомный ледокольный флот даже с вводом в эксплуатацию ледокола «50 лет Победы» позволил обеспечить планируемые грузоперевозки только на ближайшие годы. Ледокол «50 лет Победы» – последний из построенных в России атомных ледоколов класса «Арктика» (заложен в 1989 г., спущен на воду в 1993 г., вступил в строй в 2007 г.). При той же мощности на валах, равной 49 МВт, и увеличенной на 10 м длине он имеет повышенную на 0,4–0,5 м ледоходимость за счет применения по инициативе автора статьи усовершенствованной формы обводов носовой оконечности и плакированной стали

в районе ледового пояса в носовой оконечности.

Выполненное ЦНИИМФом технико-экономическое обоснование универсальных атомных ледоколов нового поколения учитывает необходимость обеспечения эффективных проводок крупнотоннажных танкеров дедевейтом до 100–160 тыс.т. В сравнении с существующими атомходами класса «Арктика» будут увеличены размеры и мощность перспективных ледоколов. Наряду с обеспечением необходимого запаса мощности и более широкого канала для проводок крупнотоннажных танкеров эти ледоколы за счёт дополнительной плавучести при увеличенных размерах смогут иметь минимальную (безбалластную) рабочую осадку 8,5 м, что позволит использовать их в качестве мелководных судов в Дудинку, пункты Обской губы и в других мелководных районах. Соответственно, при создании таких двухосадочных ледоколов нового типа (ЛК-60Я) будет уменьшена общая потребность в атомных ледоколах.

Многолетний опыт освоения Северного морского пути и грузоперевозок в замерзающие порты страны, а также перспективы развития арктического транзита и крупномасштабных экспортных перевозок углеводородного сырья позволили обосновать и предложить следующую комплектацию перспективного отечественного ледокольного флота:

**Атомные ледоколы.** Основным ядром арктического ледокольного флота должны стать

мощные универсальные (двухосадочные) ледоколы, которые, имея ледоходимость 2,8–2,9 м, обеспечат гарантированную круглогодичную навигацию в Западном районе Арктики. Для обеспечения надежной круглогодичной навигации на всем протяжении СМП, в том числе в экстремальные по ледовым условиям годы, нужен сверхмощный ледокол-лидер ледоходимостью не менее 3,5 м.

**Дизельные ледоколы.** Обслуживание транспортных потоков в замерзающих неарктических морях традиционно возложено на 2 типоразмера линейных и 2–3 типоразмера вспомогательных и портовых ледоколов с дизель-электрическими энергетическими установками.

Такая концепция формирования ледокольного флота была разработана АО «ЦНИИМФ» с участием ОАО «ММП», согласована с ЦНИИ им. ак. А. Н. Крылова и ЦКБ «Айсберг» и одобрена решением совещания министров транспорта и по атомной энергии в Мурманске 3 марта 1999 г.

В соответствии с этой концепцией определен следующий типоразмерный ряд перспективных морских отечественных ледоколов:

**Атомный ледокол-лидер мощностью на валах около 110 МВт (ЛК-110Я)**

Ледоходимость – около 3,5 м.

Назначение:

- обеспечение устойчивого и гарантированного судоходства в любом районе Арктики в зимне-весенний период;
- лидирование перспективных крупнотоннажных танкеров и газовозов, предназначенных для круглогодичного вывоза углеводородов, добываемых в арктической зоне;
- надёжное всесезонное обслуживание сквозных транзитных перевозок грузов по СМП между Западной Европой и Дальним Востоком.

**Универсальный атомный двухосадочный ледокол мощностью на валах около 60 МВт (ЛК-60Я)**

Заменяемые типы ледоколов: «Арктика», «Таймыр».

Ледоходимость – 2,8–2,9 м.

Назначение:

- лидирование караванов судов на всём протяжении СМП;
- обеспечение надёжных проводок судов в сложных ледовых условиях в мелководных прибрежных районах, включая устьевые участки сибирских рек.

**Линейный дизель-электрический ледокол мощностью на валах около 25 МВт (ЛК-25)**

Заменяемый тип ледокола: «Ермак».

Ледоходимость – около 2,0 м.

Назначение:

- лидирование караванов судов в замерзающих неарктических морях, а также работа в качестве вспомогательного в составе сложных караванов, лидируемых атомными ледоколами на трассах СМП;
- самостоятельная проводка судов в устьях сибирских рек в зимний период и на традиционных трассах СМП в летне-осенний период арктической навигации.

**Линейный дизель-электрический ледокол мощностью на валах около 18 МВт (ЛК-18)**

Заменяемые типы ледоколов: «Москва», «Капитан Сорокин».

Ледоходимость – 1,5–1,6 м.

Назначение:

- проводка судов в замерзающих неарктических морях, в том числе крупнотоннажных танкеров в Финском заливе, а также работа в качестве вспомогательного в составе сложных караванов на трассах СМП;
- проводка судов в устьях сибирских рек зимой и на мелководных морских участках СМП в период летней арктической навигации;
- морские буксировки, спасательные и снабженческие операции.

**Вспомогательный дизель-электрический ледокол мощностью на валах около 10 МВт (ЛК-10)**

Заменяемые типы ледоколов: «Василий Прончищев», «Мудьюг».

Ледоходимость – около 1,2 м.

Назначение:

- обеспечение зимних проводок судов в замерзающих неарктических морях вблизи крупных портов и на их акваториях, а также в прибрежных районах арктических морей в летний период;
- морские буксировки, спасательные работы, ликвидация разливов нефти (ЛРН), снабженческие операции и т.п.

**Портовый дизель-электрический ледокол мощностью на валах около 4 МВт (ЛК-4)**

Заменяемый тип ледокола: «Капитан Измайлов».

Ледоходимость – 0,7–0,8 м.

Назначение:

- обработка причалов и проводка судов в замерзающих неарктических морях вблизи портов и на их акваториях, а также в летний период в мелководных районах арктических морей;
- морские буксировки, спасательные работы, ЛРН.

Ледоколы предлагаемого типоразмерного ряда отличаются друг от друга примерно удвоенной мощностью. Целесообразность такого удвоения доказана практикой и соответствует задачам по обеспечению необходимых ледовых качеств ледоколов перспективной постройки. Потребная ледоходимость определена в зависимости от назначения ледоколов и связанной с этим продолжительностью навигации в заданном районе эксплуатации. На рис. 1 приведён график зависимости продолжительности навигационного периода от ледоходимости ледоколов, основанный на данных ААНИИ и ЦНИИМФА по многолетнему опыту проведения арктических операций с использованием ледоколов традиционного типа.

При определении главных размерений ледоколов наряду с обеспечением проводок по глубоководным трассам СМП перспективных крупнотоннажных судов учитывалась необходимость их взаимозаменяемости в районах с ограниченными глубинами. Минимальная безбалластная рабочая осадка атомных ледоколов обоих типоразмеров выбрана с учётом возможности их использования в экстремальных ледовых условиях на участках, обслуживаемых менее мощными ледоколами. Это позволит обеспечить надёжность проводок судов в Арктике независимо от ледовой обстановки.

Универсальное назначение и многоцелевое использование ледоколов будущего пополнения предопределяют применение усовершенствованной традиционной формы обводов корпуса, позволяющей обеспечить выигрыш в мощности (до 50%) при сохранении эффективной эксплуатации в практически любых ледовых условиях, а также приемлемых мореходных качеств при плавании на открытой воде.

Для улучшения ледовых качеств, в том числе маневренности во льдах, на перспективных ледоколах предусмотрено внедрение прогрессивных движительно-рулевых комплексов, в том числе полнооборотных винто-рулевых колонок (ВРК), омывающих и подруливающих устройств и других средств повышения и сохранения в процессе эксплуатации на спецификационном уровне ледоходимости, включая применение для обшивки подводной части корпуса атомных ледоколов плакированной стали с нержавеющей наружным слоем и электрохимической защиты. Ожидаемые характеристики перспективных ледоколов по проектным проработкам конструкторских бюро и ЦНИИМФА представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, согласно эскизному проекту ледокола-лидера его ширина по КВЛ принята равной 38 м. Это значение ширины представляется недостаточным, поскольку создание ледокола-лидера связано с перспективными грузоперевозками по СМП на крупнотоннажных судах, в том числе нефти на танкерах класса «Афрамакс» шириной 42 м. Для обеспечения эффективных проводок таких судов ширина ледоко-

Характеристики	ЛК-110Я	ЛК-60Я	ЛК-25	ЛК-18	ЛК-10	ЛК-4
Длина, м:						
наибольшая	206,0	173,1	142,4	119,8	73,1	53,4
по КВЛ	193,6	160,0	132,80	108,0	68,8	50,0
Ширина, м:						
наибольшая	40,0	34,4	29,0	27,5	21,1	16,6
по КВЛ	38,0	33,0	28,5	26,5	20,6	16,0
Высота борта, м						
	20,3	15,2	13,2	12,4	9,0	6,0
Осадка, м:						
по КВЛ	13,0	10,5	9,5	8,5	6,0	4,2
минимальная рабочая	11,0	8,5	8,5	-	-	3,5
Водоизмещение по КВЛ, т						
	55600	33600	22260	14700	5000	2090
Тип энергетической установки						
	ЯЭУ	ЯЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭУ
Мощность на валах, МВт						
	110	60	24	17,4	10	4,4
Число гребных винтов						
	3	3	3	2	2	2
Скорость на чистой воде, уз						
	24,0	22,0	19,0	17,0	16,0	14,0
Ледопробитость, м						
	3,5	2,9	2,0	1,5	1,2	0,8
Автономность по запасам топлива, сут.						
	неограниченная		38	45	25	15
Экипаж, чел.						
	127	92	45	35	21	12

Табл. 2. Характеристики ледоколов нового поколения

Ледовый класс	Ледопробитость, м	Примеры отечественных ледоколов	Назначение и ориентировочный район эксплуатации
Icebreaker10	более 3,0	атомный ледокол-лидер ЛК-110Я (проект)	Ледоколы-лидеры, предназначенные для надежной и безопасной круглогодичной работы во всех морях Арктического бассейна, включая высокоширотные и приполюсные районы
Icebreaker9	2,3-3,0	а/л Арктика, атомный двухосадочный ледокол нового поколения ЛК-60Я	Линейные ледоколы, предназначенные для проводки караванов на всем протяжении Северного морского пути, а также в сложных ледовых условиях в прибрежных арктических районах, в том числе в устьевых участках сибирских рек
Icebreaker8	1,8-2,3	л/к Ермак, а/л Таймыр, дизель-электрический ледокол нового поколения ЛК-25	Линейные ледоколы, предназначенные для самостоятельной проводки судов в Арктике в летний период навигации и в замерзающих неарктических морях – в зимний период, а также в качестве вспомогательных в составе сложных караванов на трассах СМП в расширенные сроки арктической навигации
Icebreaker7	1,2-1,8	л/к Капитан Сорокин, л/к Москва (ЛК-18)	Ледоколы, предназначенные для работы в составе сложных караванов в летний период арктической навигации и самостоятельно в замерзающих неарктических морях зимой, а также в прибрежных арктических районах, включая обслуживание буровых установок и терминалов
Icebreaker6	0,8-1,2	л/к Мудьюг, дизель-электрический ледокол нового поколения ЛК-7 (проект)	Вспомогательные ледоколы, предназначенные для проводки судов в замерзающих морях вблизи крупных портов, а также в прибрежных районах арктических морей в летний период, включая обслуживание буровых установок и терминалов
Icebreaker5	0,6-0,8	л/к Капитан Измайлов, портовый ледокол нового поколения ЛК-4 (проект)	Портовые ледоколы, предназначенные для обработки причалов и проводки судов в замерзающих морях вблизи портов и на их акваториях, а также в летний период в мелководных районах арктических морей

Табл. 3. Предложение по современной классификации отечественных ледоколов

ла-лидера должна быть не менее 45 м. Очевидно, требуется дальнейшее уточнение и обоснование главных размерений будущего сверхмощного ледокола.

Строительство ледоколов нового поколения началось с ледокола типа ЛК-18, предназначенного для обеспечения проводок танкеров в Финском заливе (проект 21900). Головной ледокол этого класса, получивший название «Москва», построен в 2008 г. Второй ледокол серии, также заложенный на Балтийском заводе под названием «Санкт-Петербург» для работы в Финском заливе, был сдан в эксплуатацию в 2009 г. Основная особенность этих ледоколов заключается в применении на них в качестве движительно-рулевых комплексов двух ВРК с электро-механическим приводом типа Steerprop (2x8 МВт).

В 2011 г. ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК) и ФГУП «Росморпорт» подписали контракт на строительство еще трех дизель-электрических ледоколов типа ЛК-18 и одного ледокола типа ЛК-25, которые предполагалось построить в 2015 г. Первые три ледокола явились продолжением строительства серии ледоколов типа «Москва» по улучшенному модернизированному проекту 21900М с учетом выявленных недостатков у построенных ледоколов по проекту 21900. Мощность ВРК этих ледоколов увеличена в соответствии с рекомендацией, основанной на совместно разработанных в 2003 г. ЦНИИМФом и КМЯ (по поручению Российско-

Финляндской рабочей группы по ледокольной деятельности) технико-эксплуатационных требованиях к ледоколу нового поколения для Финского залива, предназначенному в первую очередь для перспективных проводок крупнотоннажных танкеров, направляющихся в порт Приморск. По согласованным требованиям новый ледокол должен иметь мощность на валах около 18 МВт и ширину не менее 28 м, что нашло отражение в техническом задании конкурсной документации на строительство ледокола для Финского залива. После того как победителем конкурса был объявлен Балтийский завод, Морская администрация Минтранса РФ обратилась в ЦНИИ им. ак. А. Н. Крылова с просьбой выполнить оптимизацию параметров заказанного ледокола с целью снижения его стоимости. Нет ничего проще, как снизить стоимость судна за счет уменьшения его размерений и мощности. В итоге были уменьшены мощность с 18 до 16 МВт и ширина ледокола с 28 до 26,5 м. Опыт эксплуатации ледоколов «Москва» и «Санкт-Петербург» показал, что эти ледоколы отличаются чрезмерной вибрацией, поэтому новым проектом предусмотрены дополнительные конструктивные подкрепления корпуса с надстройкой. Строительство ледоколов по пр. 21900М осуществлялось на Выборгском судостроительном заводе совместно с верфью «Arctech» в Хельсинки. Ледоколы получили названия «Владивосток», «Мурманск» и «Новороссийск».

Арктический дизель-электрический ледокол



Ледокольный танкер двойного действия «Темпера»

мощностью 25 МВт по пр. 22600 был заложен на Балтийском заводе в октябре 2012 г. и получил название «Виктор Черномырдин». В процессе постройки ледокола обнаружились серьезные просчеты в определении нагрузки масс. Ледокол перегружен, не выполнено требование по ограничению осадки. Потребовалась переработка проекта, которую поручили ОАО КБ «Вымпел». В итоге строительство ледокола затянулось до 2020 г.

Реализация программы отечественного атомного ледоколостроения началась с двухосадочного ледокола универсального назначения, как это было определено решением совещания министров в Мурманске в марте 1999 г. В соответствии с ним ЦНИИМФом в 2000 г. выполнено технико-экономическое обоснование и разработаны основные технико-эксплуатационные требования к этому ледоколу, а также проект технического задания на проектирование и строительство. Ледокол был спроектирован ЦКБ «Айсберг» (технический пр. 22220), головной а/л «Арктика» заложен на Балтийском заводе в ноябре 2013 г. и должен быть сдан в эксплуатацию в декабре 2017 г. К сожалению, атомоход имеет серьезные недостатки, допущенные проектантом и Заказчиком [Л. Г. Цой «Не разучились ли наши судостроители проектировать ледоколы?» Ж. «Морской флот» № 05, 2012; Л. Г. Цой, Ю. Л. Легостаев, Ю. Л. Кузьмин «Ледокол XXI века или ржавый утюг?» Ж. «Морской флот» № 04, 2014], а его строительство, как и последующих серийных, отстало от графика на три года.

К настоящему времени ФГУП «Росморпорт» внес предложение по включению в программу РФ «Развитие транспортной системы» в период до 2030 г. строительство следующих ледоколов перспективных типов:

- линейный ледокол мощностью 25–30 МВт ледового класса Icebreaker8 (с переработкой технического проекта 22600 в 2020–2021 гг.);
- линейный ледокол мощностью 18–20 МВт ледового класса Icebreaker7 (с переработкой технического проекта 21900М в 2019–2020 гг.);
- ледокол мощностью 12–14 МВт ледового класса Icebreaker7, работающий на двух видах топлива (жидкого и СПГ) (с разработкой технического проекта в 2018–2019 гг.);
- портовый ледокол мощностью около 6–8 МВт (с разработкой технического проекта в 2019–2020 гг.);
- ледокольный буксир с малой осадкой мощностью около 2,5 МВт (с разработкой технического проекта в 2018–2019 гг.);
- мелкосидящий ледокол мощностью на винтах 6,4 МВт на основе пр. 22740 (корректировка технического проекта в 2018–2019 гг.).

Не вдаваясь в особенности проектных решений по упомянутым перспективным ледоколам, представляется вполне очевидным и оправданным типоразмерный ряд отечественных ледоколов нового поколения, представленный выше.

Таким образом, следует признать необходимым выполнить корректировку устаревшей классификации ледоколов, сохранившейся в обновленных Правилах Регистра.

Прежде всего, имеются основания для введения нового (высшего) ледового класса у ледоколов. Первые годы эксплуатации атомных ледоколов типа «Арктика» показали, что эти ледоколы в состоянии поддерживать гарантированную круглогодичную навигацию только в Карском море. Для повышения надежности работы флота в Арктике с обеспечением круглогодичной навигации на всем протяжении Севморпути, включая высокоширотные трассы, еще в 1980-х гг. в правительстве обсуждался вопрос о создании сверхмощного ледокола-лидера. По заданию Министерства морского флота ЦНИИМФ выполнил ТЭО, а ЦКБ «Айсберг» – эскизный проект такого ледокола. По своим характеристикам (мощность 110 МВт, ледопробитость 3,5 м) и условиям плавания этот АЛ потребует качественно иного подхода к его проектированию и строительству. Он не «вписывается» в класс Icebreaker9 новой редакции Регистра, поскольку в рамках последнего имеются ограничения по условиям плавания. Требуется введение высшего ледового класса Icebreaker10, аналогичного классу PC1 Унифицированных требований МАКО. Для судов класса PC1 не предусматривается никаких ограничений по условиям эксплуатации во всех полярных водах Мирового океана. К такому классу и должен быть отнесен атомный ледокол-лидер.

Многолетний опыт постройки и эксплуатации отечественных ледоколов, а также перспективы развития новых нетрадиционных перевозок в Арктике по вывозу углеводородного сырья с использованием крупнотоннажных танкеров и газозовов подтверждают целесообразность корректировки существующей классификации ледоколов, которую предлагается сформировать в виде, представленном в табл. 3. Помимо мощных ледоколов в классификацию следует также включить портовые морские ледоколы класса Icebreaker5 (с малой осадкой). Таким образом, все морские ледоколы могут быть разделены на шесть классов. В настоящее время существует реальная потребность в ледоколах всех шести классов. Это свидетельствует о необходимости неотложной корректировки Правил РС в части классификации ледоколов. Кроме того, ориентируясь на международный опыт классификации судов и, в частности, на принятую Унифицированными требованиями МАКО классификацию полярных судов, представляется более предпочтительным осуществлять нумерацию классов сверху вниз, то есть от первого до шестого.

Касаясь дальнейшего совершенствования действующих Правил Регистра необходимо обратить внимание на то, что уже в течение 17 лет с внедрением мощных винто-рулевых колонок (ВРК), позволяющих обеспечить управляемый задний ход, появилась новая разновидность судов ледового плавания – так называемые суда двойного действия, которые во льдах работают задним ходом, имея повышенную ледопробитость за счет отсасывающего и размывающего действия гребных винтов. Очевидно, при этом кормовая оконечность судна и ВРК испытывают повышенные вибрацию и ледовые нагрузки. Однако до сих пор отсутствуют нормы и правила постройки судов двойного действия, что не гарантирует равного уровня безопасности таких судов по сравнению с традиционными судами ледового плавания.

# Цена научно-технического прогресса, подводной службы и человеческой жизни. Быль

Во второй половине XX века, противостояние двух противоборствующих мировых систем привело к гонке вооружений, мобилизации достижений научно-технического прогресса, колоссальных ресурсов для создания значительного количества ПЛА, НК и судов с ядерными энергетическими установками. Общая численность ПЛА, НК и судов с ЯЭУ в ВМФ и ВМС зарубежных стран в мире к 2014 году составила более 500 единиц (табл. 1).



Н.Я. Щербина,  
д.т.н., капитан 1 ранга

Работы по созданию ЯЭУ для кораблей ВМС США начаты в декабре 1945 г. Руководителем группы назначен инженер-электротехник капитан 1 ранга Х.Г. Риквер. К концу 1949 г. разработаны чертежи ЯЭУ, в августе 1951 г. заключен контракт на строительство ПЛА Nautilus ЯЭУ с ВВР, в сентябре ПЛА Seawolf ЯЭУ с ЖМТ, которые вступили в строй в январе 1955 и в марте 1957 г. соответственно.

Создание первой советской ПЛА было инициировано учеными и конструкторами, работавшими над Атомным проектом. В апреле 1946 г. Президент АН СССР С.И. Вавилов подготовил предложения об исследованиях по использованию ядерной энергии в разных областях науки и техники. В марте 1947 г. было принято решение приступить к проектным работам по ЯЭУ. Разработка проектов возлагалась на Лабораторию измерительных приборов (ЛИП) и Институт физических проблем АН СССР, НИИХИММАШ с привлечением ОКБ «Гидропресс», ГСПИ-11, ОКБ-12, и др.

В 1950-1951 гг. в ИФП под руководством А.П. Александрова выполнялась работа по определению возможности размещения ЯЭУ на ПЛ. В 1951 г. А.П. Александров и Н.А. Доллежалъ направляют предложения высшему командованию ВМФ. 9.09.1952 г. за подписью И.В. Сталина выходит Постановление СМ СССР о проектировании и строительстве объекта № 627 – первой в СССР атомной подводной лодки.

Десяти лет научным руководителем проектов ЯЭУ с ВВР ПЛА оставался академик А.П. Александров, его заместителем – Г.А. Гладков. От ВМФ значительный вклад в создание ЯЭУ ПЛА внес контр-адмирал И.Д. Дорофеев, которого именовали нашим «Риквером».

В апреле 1957 г. на Севмаше была спущена на воду первая советская ПЛА «К-3» пр. 627, («Ленинский Комсомолец»). Главный конструктор проекта В.Н. Перегудов, научный руководитель – А.П. Александров.

На последующие годы приходится пик интенсивности строительства ПЛА (табл. 2).

Решение на строительство первой английской ПЛА Dreadnought было принято в 1954 г., передача ВМС в 1963 г. Головная ПЛА Франции Le Redoubtable принята в состав ВМС в 1 декабря 1971 г. Первая ПЛА Китая принята в состав флота 1 августа 1970 г. Такова общая картина атомной подводной эпопеи второй половины XX в. и начала XXI в.

Боевая эксплуатация ПЛА СССР в десятилетие с 1976 по 1985 г., когда атомный подводный флот СССР достиг своего апогея, при общем количестве исправных ПЛА в составе ВМФ около 185 единиц, позволила выполнить 1122 боевые службы, каждая из которых была длительностью в 60–70 суток. Максимальное значение коэффициента оперативного напряжения (КОН – отношение суммарного времени несения боевой службы ко всему времени «жизни» корабля) ПЛА морских сил ядерного сдерживания СССР в 1981–1983 гг. достигло значения 0,32.

Показатели КОН как ничто другое свидетельствуют об эффективности боевого использования ПЛА, о характере напряженности службы для их экипажей, о надежности техники, о качестве подготовки экипажей, о состоянии технического обеспечения, технического обслуживания и ремонта, диагностики, об отсутствии аварий и пр.

Известны случаи пребывания в море отдельных экипажей свыше 200–230 суток в год. Это было время суровых испытаний для подводников, для флотов и стран. Бал правила «холодная война». За успехами в овладении господством в бескрайних просторах и глубинах Мирового Океана, в освоении новой техники и оружия имели место потери и жертвы, как следствие недостатков, свойственных научно-техническому прогрессу на этапе внедрения его результатов в повседнев-



ПЛА «Тришер»



ПЛА ВМС США «Скорпион»

ную практику. На дне Мирового океана в мирное время без войны и боевых действий по разным причинам покоятся ПЛА:

ВМС США:

- «Тришер» – 1963 г., провал за предельную глубину ПЛА со 112 членами экипажа;
- «Скорпион» – 1968 г., причина не установлена, погибло 99 членов экипажа.

ВМФ СССР:

- катастрофа К-8–1970 г., пожар одновременно в 2-х отсеках, погибло 52 подводника;
- катастрофа К-219–1986 г., взрыв ракеты в шахте, погибло 4 подводника;
- катастрофа ПЛА «Комсомолец» – 1989 г., пожар большой интенсивности в седьмом отсеке, погибло 42 подводника;
- К-27 ЯЭУ с ЖМТ, 1968 г. – радиационная авария – облучение экипажа, затоплена в 1981 г.
- катастрофа ПЛА «Курск» – 2000 г., взрыв торпеды в отсеке, гибель 118 членов экипажа, ПЛА поднята и утилизирована;
- катастрофа К-159–2003 г., потеря плавучести и остойчивости при буксировке, гибель 9 человек.

нием вестибулярного аппарата в норму после безжалостной болтанки в тесных объятиях океанской стихии. Так день за днем долгих 60–70 суток в поисках «следа» объекта вероятного противника, всплывших и погруженных.

## О первой катастрофе ПЛА ВМФ

Апрель 1970 г. Я вахтенный инженер-механик. Нахожусь на ГКП ПЛА К-38. Страшная болтанка в Бискайском заливе... Лодочный «шаман» принес командиру на ГКП расколдованное им радио с берега. Изменившееся выражение лица последнего, читающего несколько слов короткого текста, у меня, наблюдающего за этим действием, вызывает легкое смятение. Что-то не так. Несколько дней тому радио с берега вменяло командиру ПЛА К-38 здесь, в Бискайском заливе в порядке отработки мероприятий плана учения «Океан-70», руководство тактической группой двухлодочного состава. А тут вдруг нас гонят из Бискайского залива в северо-западную часть Атлантики. Еще и запрос с берега, может ли ПЛА задержать в океане еще суток на десять и что ей для этого потребуется. Ни слова о второй ПЛА К-8 временно созданной тактической группы.

В то самое время (как стало известно потом) в бросаемом нами по команде сверху месте, на бушующей поверхности Бискайского залива происходила драма. Восьмого апреля в двух отсеках ПЛА К-8, пришедшей из Средиземного моря в Бискайский залив для участия в учении «Океан-70», возник пожар большой интенсивности. Четверо суток экипаж ПЛА героически боролся за спасение корабля и оставшихся в живых членов экипажа. 12 апреля 1970 г. ПЛА К-8 ушла на дно Бискайского залива, унося с собой 52 человеческие жизни.

Во время курсантской практики в 1961 г. ПЛА К-8 целый месяц была моим домом. Это происходило на следующий год после аварии на ней в октябре 1960 г. Тогда подвели парогенераторы ЯЭУ. Это была первая тяжелая авария на ПЛА ВМФ с распространением радиоактивности, ко-

## Лирическое отступление

Томительны недели и месяцы, проводимые в замкнутом объеме прочного корпуса, когда уже на глубине 100 м начинается легкое покачивание от того, что происходит на поверхности океана. Хочешь, не хочешь, но обязан подняться на поверхность, да еще так, чтобы тебя не выбросило, как «нечто» в проруби, и тебя не обнаружил висящий над тобой самолет разведчик. А ее бросает как щепку...

Для тех, кто на берегу в тиши кабинета, все равно – погода или не погода, но святое и тут и там – вовремя войти в сеанс связи. Всех подводников радует доклад от радистов: «На РДО на берег, получена квитанция». За ним, как правило, следует долгожданная команда: «Срочное погружение!» – и нырок на глубину с приведе-

Государство	Корабли и суда с ЯЭУ			
	ПЛА	НК+суда	Всего построено	В эксплуатации (ПЛ+НК)
Россия (СССР)	248	5+10 (АЛ)	263	36+2
США	202	20+1	223	72+10
Великобритания	29	-	29	10
Франция	16	1	17	10+1
Китай	11	-	11	10
Германия	-	0+1	1	-
Япония	-	0+1	1	-
Итого	506	26+13	545	138+13

Табл.1 Суммарное количество построенных кораблей и судов с ЯЭУ

Годы	1956–1965	1966–1975	1976–1985	1986–1995	1996–2005
Количество ПЛА	44	96	65	37	7
Единиц/год	4,4	9,6	6,5	3,7	0,7

Табл.2 Темпы строительства атомных подводных лодок СССР/России



ПЛА ВМФ СССР К-8



РПКСН ВМФ К-219

торая вывела из плавсостава часть офицеров и членов экипажа.

В апреле 1964 г. уже офицером я был прикомандирован к ПЛА К-8 на выход в море, где облюбовал себе уютный закулок в реакторном отсеке. Познакомился с обновленным и сплаванным экипажем. Четыре молодых офицера БЧ-5, мои коллеги, позже на берегу стали докторами технических наук. Освоение новой техники пошло им на пользу.

Многих членов пострадавшего экипажа ПЛА К-8 я знал, находясь одновременно с ними в ремонте в Северодвинске. В декабре 1969 г. ПЛА К-38 и К-8 завершили ремонт и к новому году убыли из Белого моря в свои гарнизоны: мы в Западную Лицу, они в Грехиху. Оттуда, одновременно в феврале 1970 г. и мы и они последовали на боевую службу, кто куда.

До сих пор не дает покоя вопрос: почему не подняли наверх ПЛА К-38 в Бискайском заливе для оказания посильной помощи К-8? Когда в начале июля 1961 г. в Атлантике во время учений произошла трагедия с облучением всего экипажа на ПЛА К-19 («Хиросима»), две или три наши дизельные подводные лодки вышли из заветы, нарушив установленные правила, направились к месту трагедии по сигналу SOS с ПЛА. Командиры ДПЛ поспешили на помощь братьям-подводникам. Берег за самовольство пригрозил наказанием. А когда разобрались, наградили.

В данном случае оставшихся в живых подводников К-8 выручило болгарское судно, проходившее мимо разыгравшейся трагедии.

Нам же, бывшим рядом, печальную весть о катастрофе ПЛА К-8, гибели людей и ПЛА сообщили на заснеженном пирсе Западной Лицы по возвращении с похода в конце апреля.

## Быль и боль

Три года тому, перед этой трагедией в сентябре 1967 г. в долине реки Малая Лица братская могила приняла на века в свои цепкие объятия 39 подводников ПЛА К-3 — первенца атомного подводного флота ВМФ, из-за пожара в первом и втором отсеке. ПЛА К-3 при потере трети экипажа своим ходом пришла в базу. Руководством ВМФ никак не были отмечены ни оставшиеся в живых, ни мертвые. Все накоротко замкнулось на долгие годы под покровом ведомственной тайны. Время было такое...

Только спустя 47 лет, уже в XXI в. по инициативе ветеранов подводников было возбуждено ходатайство о награждении членов экипажа ПЛА К-3, погибших при исполнении воинского долга. Длительная переписка наконец-то завершилась в 2014 г. Указом Президента РФ 39 погибших подводника были удостоены Ордена Мужества посмертно. Ордена вручены семьям погибших.

Но вернемся к апрелю 1970 г. Страна готовилась отметить 100-летие В.И. Ленина, но случи-

лась трагедия на виду у многих, кто пристально наблюдал за ходом учения «Океан — 70». Катастрофу ПЛА было не скрыть... Награды членам экипажа ПЛА К-8 последовали вовремя, что стало хоть каким-то утешением тем, кто познал горечь утрат.

## Накануне и в процессе перестройки

1985 год. Страна накануне перемен и перестройки. В Доме офицеров гарнизона собрали руководство флотилии. Новый командующий СФ, отклонив стремление командующего флотилией передать ему папку из первого ряда зала, вынул записную книжку и начал озвучивать ее содержимое. Член Военного совета флота демонстративно заметил командующему флотилией, что надо учиться работать «по-новому», но не сказал как.

Через год работы «по-новому» в октябре 1986 г. в Саргассовом море в результате взрыва ракеты в ракетной шахте терпит катастрофу ПЛА К-219, гибнет четыре подводника. Работа «по-новому» — ракетносец в море с «дырявой ракетной шахтой» и инструкциями, как не взорвать ракету в таком случае.

## Боль ты моя «Плавник»...

16 февраля 1986 г. Норвежское море. Широта 73° 14' 03", долгота 14° 00' 00". Эти координаты помечены карандашом на «Контрольном листе мер безопасности при испытаниях системы аварийного всплытия с глубины восьмьсот метров ПЛА «Комсомолец» с первым экипажем на борту. Чуть ниже метеосводка: «море 1–2 балла, ветер семь метров в секунду». Перечитываю двенадцать пунктов «Контрольного листа», который я подготовил к испытаниям.

ПЛА К-278 «Комсомолец», атомная подводная лодка 3-го поколения, единственная лодка пр. 685 «Плавник» с первым экипажем на борту в предстоящем для испытаний районе в августе 1985 г. покорила предельную глубину. Воистину это был рекорд боевой ПЛА. Глубина погружения 1050 м говорит сама за себя.

В феврале 1986 г. мне на борту ПЛА была предписана роль флагманского инженера-механика походного штаба флотилии. А оставшийся на руках «Контрольный лист» — память о том времени, когда ПЛА завершала опытную эксплуатацию одним из ответственных маневров: «Аварийное всплытие с рабочей глубины». 800 метров — это глубина.

Запомнилось первое погружение на глубину 800 м. Вглубь океана уходили не спеша. Это позволило увидеть, как работают люди и техника. На глубине свыше четырехсот метров в результате изменения конфигурации прочного титанового корпуса лодки из-за обжатия его забортым дав-

лением, вертикальные стойки легких конструкций (пиллерсы) жилых помещений приняли форму интеграла.

Натужное чавканье осушительной помпы в трюме вызывало ощущение, что с уходом на глубину она просто не выдержит, треснет по цельному металлу и выбросит в отсек водяную пыль, как это происходит на глубинах более двухсот метров. Струйка забортной воды толщиной в самую мелкую иглу, пробившаяся сквозь фланцевое соединение одного из выдвигаемых устройств на глубине до ста метров, глубже определялась лишь по появлению влаги на поверхности осколка зеркала. На глубине 485 м не включилась дополнительная ступень уплотнения дейдвудного сальника. Мне было приказано убыть в седьмой отсек и «уговорить» коварное устройство, не позволявшее уходить дальше на глубину.

На массивном корпусе дейдвудного сальника находится переходная трубочка, соединяющая две ступени сальника. Она диаметром 10–12 мм, да еще с невзрачным подпружиненным «клапанчиком», к чему на такой глубине, с давлением внутри них, равному забортному (около 50 атмосфер), предпринимать какое-либо усилие абсолютно не хочется. Отчетливо представляю себе, что может произойти при нарушении их герметичности. Отсек в мгновение заполнится соевым туманом из забортной воды, что приведет к образованию проводных солевых мостиков, а далее неминуемо — к «коротышам» и пожару.

Ощущая, как за моей спиной настороженно перешептываются те, в чьем заведовании находится неподатливый дейдвудный сальник. Прошу кувалду — чисто «русский инструмент», что еще больше настораживает окружение. Ею слегка притрагиваюсь к мощному титановому корпусу дейдвудного сальника. А он «запел», как натянутая струна. Прошу Центральный пост осуществить маневр по глубине в пределах 20–30 м, так как считаю, что это никак не скажется на работе линии вала и сальника. При изменении глубины раздастся звонный щелчок — устройство сработало! Теперь корабль может продолжить прерванное погружение.

Проходя кормовые отсеки, обращаю внимание, на то, что колоссальные мощности работающих агрегатов и механизмов энергетических отсеков как-то непривычно, по сравнению с ПЛА второго поколения, находятся в действии без должного присмотра, но внутренне сохраняется доверие, что средства автоматического управления и контроля не подведут. «Плавник» действительно весьма автоматизирован, практически всеми техническими средствами управляют с пультов, расположенных в Центральном посту.

По трансляции объявление: «Глубина 800 метров, осмотреться в отсеках». Проверив корабль на рабочей глубине, всплываем для сеанса связи на перископную глубину. В Центральном посту принимают и обобщают доклады о результатах тренировочного погружения на 800 м. Замечаний нет. Про себя шучу: раз пиллерсы распрямились — значит, все в норме.

На инструктаже объявляю меры безопасности «Контрольного листа». Следую в Центральный пост. Там удается взглянуть в перископ. Сквозь его окуляр, связывающий пока с внешним миром, наблюдаю за уходящим в точку обеспечения буксиром и следующей параллельным курсом на дистанции мили полторы от нас подлодкой.

Срочное погружение — мы уходим на глубину 800 м в назначенную точку старта. Корабль, отрываясь от поверхности, с дифферентом на нос круто идет на глубину. Но медленно тянется время, ограниченное технологией погружения на рабочую глубину. Маневр занимает более 30 минут, так как нельзя стремглав уходить вглубь, не удифферентовав на глубинах лодку по плавучести. По команде Центрального поста осуществлено погружение на 825 м, принимаются доклады о готовности к работе.

Скорость подводной лодки 12 узлов. Доклад штурмана: «До точки старта одна минута. Глубина 800 метров». Ощущая по себе и вижу по другим растущее напряжение в ожидании чего-то неизведанного. Люди в отсеках находятся согласно расписанию по боевой тревоге. У приводов клапанов вентиляции цистерны главного балласта, где размещены пороховые генераторы, выставлены бойцы в готовности к действию в случае непредвиденных отказов пороховых генераторов на одном из бортов. Это опасно. При продувании балласта только одного борта может возникнуть значительный крен подлодки...

Объявляется готовность 10 секунд, что свидетельствует о включении протяжки в системах регистрирующей аппаратуры. Пошел отсчет «09, 08...02, 01 — Пуск! Продуть балласт аварийно!» — это команда для командира дивизиона живучести на включение системы генераторов пороховых газов. Пускаю секундомер, по его показаниям фиксирую, как с интервалом менее двух секунд с пушечным грохотом срабатывают один за другим пороховые газогенераторы.

Слышно, как с глухим шипением раскаленные газы вытесняют воду из балластной цистерны, облекая на десятки-сотни тонн подводную лодку. Сквозь пальцы и шум улавливаю доклад командира дивизиона живучести: «Конец продувания!».

По росту дифферента на корму, быстрому движению стрелки глубиномера и нарастанию скорости по лагу ощущаем ускорение стремительного всплытия. Даже мурашки побежали по спине. А многотысячетонная масса корабля летит к поверхности океана, и не дай Бог в эти мгновения ей встретить что-либо на своем пути!

Всего через несколько минут останавливаю секундомер, когда лодка, как бы подпрыгнув над водой, плюхнулась обратно и медленно стала покачиваться на океанской зыби. Всплыли в надводное положение **за четыре минуты пятьдесят шесть секунд** (отмечаю на своем секундомере), проскочив стометровую глубину, на которой планировали погашение инерции. Напряженные лица участников свершившегося события расплываются в улыбки. Следуют поздравления



ПЛА ВМФ «Комсомолец»



ПЛА К-27. Последнее погружение в Карском море

конструкторам и друг другу. В процессе импровизированного митинга в Центральном посту после выступлений командующего флотилии и других поздравлений экипажа по громкоговорящей связи, встречного всеобщего ликования в отсеках атомохода, каждый из присутствующих смог сполна ощутить минуты всеобщего подъема и гордости за корабль и Отечество. В эти минуты, кажется, несколько раз я пробубнил про себя: «Счастливого плавания тебе, могучий наш корабль, и вам, люди, оседлавшие его!».

Через год после этого похода, в феврале 1987 г. я расстался с кораблями 1-й флотилии атомных подводных лодок Северного флота и гарнизоном, который приютил меня на двадцать четыре с половиной года.

16 февраля 2016 г. через тридцать лет, так совпало, день в день моего пребывания на глубине 800 м в Норвежском море, в актовом зале ВУНЦ ВМФ «ВМА» им. Н.Г. Кузнецова начальник ВМА адмирал Николай Михайлович Максимов вручил мне диплом доктора технических наук. Это были самые важные два события в моей флотской биографии в годовщину моего 60-летия служению Военно-Морскому флоту.



ПЛА «Курск» на дне Баренцева моря после взрыва



ПЛА К-159 на пути к катастрофе

## О ПЛА «Комсомолец» по существу после трагедии. Хронология, аргументы и факты

7 апреля 1989 г. я только вернулся с Северного флота, где с февраля по апрель 1989 г. по линии ВМУЗ ВМФ возглавлял руководство стажировкой и практикой курсантов морских училищ. В феврале навесил Западную Лицу. На улице городка встретил несколько знакомых членов второго экипажа «Плавника», которые сообщили, что в конце месяца уходят на боевую службу на «Плавнике», получившем недавно именное название «Комсомолец». Я пожелал им счастливого плавания.

Целый день седьмого апреля не удалось послушать радио или телевидение. Вечером услышал разговор о том, что в Норвежском море потерпела катастрофу подводная лодка «Комсомолец»...

Диктор сухо зачитал сообщение ТАСС: «7 апреля 1989 г. в 11 час. 41 мин. на торпедной подводной лодке с атомной энергетической установкой примерно в 180 милях юго-западнее острова Медвежий в нейтральных водах в одном из отсеков произошел пожар. Несмотря на принятые меры, в 17 час. 15 мин подводная лодка

затонула на глубине свыше 1500 метров. Личному составу экипажа оказывается помощь надводными кораблями и судами, имеются человеческие жертвы. По заключению специалистов, радиоактивное заражение среды исключается. Для расследования причин аварии назначена Правительственная комиссия».

Дома в своих бумагах нашел «Контрольный лист». То же Норвежское море, широта 73° 43' 04", долгота 13° 08' 00", сверяю координаты испытаний и катастрофы, они почти совпадают... В голову настойчиво пробивается грустная мелодия, а перед глазами — знакомые лица. Злой рок разбросал их в Мировом океане. В мыслях проносится: «Мир и покой вашим душам». А мою душу рвут на части звуки реквиема по «Комсомольцу», который уже никогда не возвратится из похода в родную базу, так же как и значительная часть личного состава экипажа.

Через два дня после катастрофы ПЛА военная прокуратура Северного флота возбуждает по данному факту уголовное дело. Через месяц после гибели 42 членов второго экипажа и самой подводной лодки, все 69 участников похода «Комсомольца» награждены орденом Красного



ПЛА К-8 перед уходом на дно Бискайского залива

Экспертам, руководствуясь служебным опытом, совестью и ответственностью перед теми, кто погиб, и кто остался жив, и в назидание тем, кто собирается в море, оставалось одно — с максимальной объективностью подойти к расследованию причин катастрофы, дабы подобное впредь не повторялось.

Истинные причины аварии на ПЛА «Комсомолец», находящейся на дне Норвежского моря под толщей воды в 1720 м

Как известно, в основе любой аварийной ситуации лежит отказ техники или непрофессиональные действия/бездействия обслуживающего персонала, другого не бывает. Оценка отказа — это вопросы надежности техники. Действия обслуживающего персонала оцениваются, как правило, командованием и штабами... Первопричина возгорания в седьмом отсеке ПЛА так и не установлена. Это самое неконтролируемое и нелокализованное «аварийное событие» стало причиной сложной аварии. Рассмотренные Правительственной комиссией восемь версий возникновения аварийной ситуации до сих пор остаются всего лишь версиями.

Неконтролируемый и нелокализованный пожар в седьмом отсеке привел к разуплотнению системы воздуха высокого давления, что еще больше усилило огонь. Рост температуры и давления в аварийном отсеке привел к «транспортировке» продуктов пожара из седьмого в шестой и пятый отсеки и вследствие неплотности отдельных корабельных систем — в третий и второй отсеки подводной лодки. Пожар привел к разгерметизации прочного корпуса (по солянковым вводам, конструкциям, устройствам) и поступлению забортной воды в седьмой и другие отсеки, а также в прилегающие к ним цистерны главного балласта.

Отсутствие должного контроля со стороны Главного командного пункта за ходом развития пожара после 11 ч 03 мин, когда он был обнаружен, истечением воздуха в отсек, за поступлением воды (вместе с необоснованной борьбой с креном при отсутствии понимания опасности роста дифферента при этом), а также отсутствие адекватных действий ГКП и членов экипажа привели к потере плавучести и продольной остойчивости подводной лодки и ее гибели в 17 ч 08 мин.

Такое краткое, почти тезисное изложение развития катастрофы на ПЛА «Комсомолец» приведено мною преднамеренно без упоминания фамилий действующих лиц. Глубина трагедии измеряется конкретными 42 человеческими жизнями, как непомерная расплата за чужие и свои грехи. Не дорого ли?

Свои заключения комиссионный состав судебно-технической экспертизы вынес в декабре 1997 г., после чего уголовное дело следовало бы направлять в суд. И суд должен был принять решение, кто в этой трагедии виновен более всего — техника или люди?

## Экспертами установлено и юридически обосновано

До перестройки экипаж, выходящий впервые на боевую службу в соответствии с установленными требованиями ВМФ, неукоснительно подвергался предварительной проверке штабом флота. Командующий СФ доверил осу-

ществить такую проверку ПЛА «Комсомолец» штабу флотилии.

За многие годы службы на ПЛА я был очевидцем, когда предварительная проверка штабом флота экипажей, впервые выходящих на боевую службу, завершалась, как правило, «головомойкой», чтоб неповадно было, а порой и отстранением экипажа от похода, чтобы не подвергать риску людей и ПЛА. И это справедливо.

**Штаб флотилии при проверке второго экипажа не выявил нарушений в его боевой подготовке. По вскрытым в результате настоящего следствия недостаткам в боевой подготовке, второй экипаж не мог быть отправлен на боевую службу. Все зафиксировано в материалах уголовного дела. В этом беда и трагедия экипажа.**

Следствие завершило свою работу в 1997 г. **На основании материалов расследования Главной военной прокуратурой было подготовлено Министру обороны РФ «Представление на необоснованные отступления от требования Курса боевой подготовки ПЛА ВМФ при подготовке 2-го экипажа к выходу на боевую службу на ПЛА «Комсомолец», как одной из причин ее катастрофы.**

**До реализации предложений «Представления...» дело не дошло, так как уголовное дело было приостановлено, а материалы расследования сданы в архив ГВП.**

## Заключение

Мой рассказ — это не технический отчет о произошедшей трагедии. Это не проходящая боль эксперта, вникшего в существо катастрофы профессионально, с желанием донести ее до тех, кто собирается в море.

Много лет меня терзают мысли, почему так трагично завершилась судьба уникальнейшего корабля современности, воплотившего в себя достижения научно-технического прогресса? Десять лет ушло на его постройку, затрачены колоссальные средства. Пять лет корабль с 1983 г. находился в опытной эксплуатации, которую первый экипаж провел безаварийно, наплавал более 450 ходовых суток, обеспечил прием ПЛА на вооружение ВМФ только в октябре 1988 г. И всего через полгода после этой даты корабль терпит катастрофу со вторым экипажем на борту, теряя 42 человеческие жизни.

На примере расследования катастрофы ПЛА «Комсомолец» хочется напомнить о том, как важно соблюдать установленные требования ВМФ по подготовке экипажа к плаванию, и какая ответственность возлагается на должностных лиц штабов, осуществляющих проверки готовности ПЛА и людей к выходу в море с единственной целью — исключить подобное. Мелочей не бывает. Цена ошибок при освоении достижений научно-технического прогресса и не только — человеческие жизни...

**Литература.** 1. В.А. Василенко, А.В. Каплиенко, С.А. Петров. Перспективы развития корабельных ЯЭУ зарубежных государств. — СПб.: 2014—346с. 2. Ильин, В.Е. Подводные лодки России. Иллюстрированный справочник / В.Е. Ильин, А.И. Колесников. — М.: ООО издательство «Апрель», 2001—288с. 3. Лисин, С.А. Хронология аварий и катастроф отечественных подводных лодок. /С.А. Лисин. — СПб.: «Галерея Принт», 2011—456 с. 4. Российская наука Военно-морскому флоту. Под общей редакцией ак. А.А. Саркисова —М.: «НАУКА» 1997 г. 398 с. (с. 136—156). 5. Романов Д.А. Трагедия подводной лодки «Комсомолец»: Аргументы конструктора —СПб.: ИРХГИ, Второе издание, 1995—254с. 6. История отечественного судостроения в 5 т. (под ред. ак. И.Д. Спасского) т. 4, 5. — СПб.: Судостроение, 1996. 7. Чернов Е.Д. Тайны подводных катастроф. К-429, К-219, К-278, К-141:/ Е.Д. Чернов —СПб.: НИКА, 2008.— 643 с. 8. Щербина Н.Я. 50 лет на ВВ с ядром атома U235. — СПб.: НИКА, 2007—388 с. 9. Щербина Н.Я. Атомные подводные монстры — СПб.: НИКА, 2007—344 с.





Б. В. Сазыкин

# «Не зелёная» часть солнечной энергетики (СКЭС)

Помните на PROATOMе обсуждалось интервью, данное А. Б. Чубайсом «Российской газете» с заголовком «Прикурить от солнца»? Тогда шла довольно оживлённая дискуссия, в конце которой уважаемые коллеги переругались. Я полагаю, что виноват в этом был сам Анатолий Борисович. Он не определился с личностной позицией по данной проблеме.

С одной стороны, он говорил, что «15 процентов ВИЭ — больше точно не надо. А 30 процентов для нас — взрывоподобный рост. Он нам не нужен, потому что у нас есть относительно недорогой газ». А с другой — утверждал обратное (в своей «непринужденной» манере): «предположим, мы ничего не делаем. Говорим: да ну ее, эту возобновляемую, у нас дешевого угля и газа полно. Вроде бы мы даже выигрываем по экономике. Все прекрасно. Но проходит 3–5–7 лет, и выясняется, что уже дешевле строить солнечные станции, чем угольные».

Цель данной статьи — обратить внимание чиновников от энергетики, военных и учёных на отставание России от США, Японии, Китая в области солнечных космических энергетических систем (СКЭС) приблизительно на 35 лет.

«Есть резон дойти до цели, той, которая в прицеле...»

## Мотивация написания статьи

Проблема СКЭС не столько проблема недальновидности руководителей страны и обслуживающих их экспертов. И даже не проблема стоимости кВт\*ч «космической» электроэнергии, она решается путем снижения стоимости вывода полезного груза на орбиту, а проблема безопасности и развития экономики страны (инновационные технологии), социума (интеграция), политики (смена приоритетов в целеполагании).

В последнее время появились настораживающие сообщения в прессе. Сообщение МК RU (06.09.2020 г.): «Засекреченный китайский многоразовый космический корабль вернулся с орбиты». В комментариях соцсетей сравнивают этот многоразовый космический корабль с американским космическим беспилотником X-37B компании Boeing.

Беспилотники такого класса могут вести военную разведку, осуществлять функции космической оборонной инспекции и функции противодействия космическим средствам ПРО. К сожалению, экспертами не отмечена ещё одна возможная функция многоразовых космических беспилотников — функция космического «буксира» крупногабаритных космических конструкций (ККК) при межорбитальных перелётах с низкой околоземной орбиты (НОО), доставляемых туда многоразовыми космическими кораблями типа «Шаттл», «Буран», намечаемый к запуску «Орёл» (РУССКИЙ ДОЗОР, 13.09.2020 г.), а также обеспечивающих операции сборки ККК на НОО.

Тем не менее, известно [1] о применении X-37B в регулярных экспериментах США по передаче солнечной энергии на Землю микроволновым модулем. Модуль фотоэлектрической высокочастотной антенны (PRAM) был создан военно-морской исследовательской лабораторией США (NRL). Ещё настораживает контекст «органizational мероприятий», проводимых Дональдом Трампом. Речь идёт о создании в США отдель-

Субъект РФ	План, МВт	Построено**, МВт	Станции (мощность, год введения в эксплуатацию)
Алтайский край	50	0	—
Астраханская область	183	135	Володаровка (15, 2018), Промстройматериалы (15, 2018), Заводская (15, 2018), Нива (15, 2018), Фунтовская (Нива — вторая очередь; 60, 2018), Енотаевка (15, 2018)
Белгородская область	15	0	—
Волгоградская область	205	10	СЭС на площадке Волгоградского НПЗ (10, 2018)
Забайкальский край	75	0	—
Иркутская область	15	0	—
Липецкая область	45	0	—
Омская область	90	0	—
Оренбургская область	385	195	Переволоцкая (5, 2015), Грачевская (10, 2017), Соль-Илецкая (25, 2017), Орская им. Влазнева (40, 2017), Плешановская (10, 2017), Сорочинская (60, 2018), Новосергиевская (5, 2018)
Республика Алтай	55	40	Кош-Агачская (9, 2015), Усть-Канская (5, 2016), Онгудайская (5, 2017), Майминская (20, 2017)
Республика Башкортостан	171	50	Бурибаевская (20, 2016), Бугульчанская (три очереди; 20, 2016), Исянгуловская (10, 2017)
Республика Бурятия	145	10	Бичурская (10, 2017)
Республика Дагестан	10	1	СЭС в Каспийске (1, 2013)
Республика Калмыкия	124	0	—
Республика Крым	—	295	Родниковое (8, 2011), Перово (106, 2011), Охотниково (80, 2011), Митяево (32, 2012), Николаевка (70, 2013)
Республика Хакасия	5	5	Абананская (5, 2015)
Самарская область	105	50	Самарская (две очереди; 50, 2018)
Саратовская область	140	40	Пугачевская (15, 2017), Орлов-Гайская (10, 2017), Новоузенская (15, 2018)
Ставропольский край	115	0	—
Челябинская область	60	0	—
<b>Всего</b>	<b>2008</b>	<b>830 (535 без Крыма)</b>	

\* Прошедшие конкурсный отбор в 2013–2018 годах и построенные к концу 2018 года. \*\* К концу 2018.

Таблица 1. Фотоэлектрические СЭС\* и их суммарная мощность по субъектам РФ [3]

ного вида вооруженных сил — космических войск. Министр обороны Джеймс Мэттис заявил: «Необходимо впредь рассматривать космическое пространство как один из театров военных действий, и создание боевого командования — один из шагов в этом направлении, которые сейчас можно сделать» (ИЗВЕСТИЯ, 08.09.2020 г.). Понятно, что сегодняшний театр военных действий — это (в основном) низкие и средние орбиты спутников. Следовательно, нужно подниматься выше — на геостационарную орбиту (ГСО, 36 тыс. км) и там устанавливать СКЭС.

## Двойное использование программ СКЭС

В настоящее время космическое командование США имеет в своем распоряжении порядка 350 спутников военного назначения, размещенных на НОО и на других орбитах, вплоть до ГСО — это, в основном, спутники связи и ретрансляции. Группировка спутников WGS на ГСО имеет пока около 10 спутников, обеспечивающих передачу потока данных на скорости до 2,2 Гбит/с всем устройствам современного стандарта C4ISR [2]. В ближайшей перспективе оборонное ведомство США планирует вывести на орбиту группировку космических аппаратов, которая должна обеспечить решение информационных задач управления в интересах ПРО. В качестве потенциальных противников рассматриваются Россия и Китай, в связи с чем основными угроза-

ми для группировки спутников, по утверждению военного эксперта Алексея Леонкова, являются: кибернетическая атака на объекты космической инфраструктуры, находящиеся как на Земле, так и в космосе; работа комплексов РЭБ и РЭП, нарушающих связь и управление между элементами космической инфраструктуры; вывод из строя оптико-электронных систем космических аппаратов лазерным оружием; электромагнитный импульс, возникший в результате высотного или космического ядерного взрыва. Микроволновое НРМ-оружие (High Power Microwave Weapons) не рассматривается. У России, тем более у Китая, НРМ-оружия космического базирования просто нет... И, согласитесь, появление такого оружия не только ликвидирует «театр военных действий» в космосе, но и делает вообще войну бессмысленной: нельзя вести современную войну «вслепую», без системы управления войсками.

По аналогии с атомным проектом СССР, программу создания космической солнечной электростанции (SSPS) нужно разделить на две программы: орбитальная часть — СКЭС, включающая подсистемы солнечных батарей, подсистемы ориентации и стабилизации солнечных батарей, подсистемы СВЧ-антенны, подсистемы ориентации и стабилизации СВЧ-антенны и т.д. (например, для схемы конструкции СКЭС типа Sun Tower), а также наземная, «зелёная» часть солнечной электростанции (СЭС). При таком подходе мы, во-первых, не нарушаем Договор 1967 года, который подписали США, запрещающий размещение в космическом пространстве оружия и, во-вторых, используем технологические достижения отечественных СЭС.

## Достижения отечественных СЭС

В России построено около 25% от запланированных в 2013–2018 годах фотоэлектрических солнечных электростанций (СЭС). В строй введены СЭС общей мощностью приблизительно 550 МВт в 11 субъектах РФ. В табл. 1 представлены фотоэлектрические СЭС и их суммарная мощность по субъектам РФ [3].

По данным журнала С О К [3], лидерами управления основной части проектов СЭС являются:

- группа компаний «Хевел» — холдинг, работающий в солнечной энергетике и являющийся на данный момент крупнейшим в России. «Хевел» — компания, созданная группой компаний «Роснано» и холдингом «Ренова»;

- ООО «Солар Системс» — предприятие, учреждённое китайской компанией Amur Sirius Power Equipment Co., Ltd. В свою очередь, Amur Sirius является специализирующимся на работе с Россией подразделением китайской группы Harbin Electric Co., Ltd.

- Научно-исследовательскими разработками СЭС занимаются: ОАО «НПП Квант» и ВИЭСХ (ВИМ) (Москва); ФТИ им. А.Ф. Иоффе (Санкт-Петербург); Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королёва.

## Проекты космических солнечных электростанций (SSPS)

### Общая схема и проекты США

В 1968 г. П.Е. Глейзер предложил конструкцию SSPS. Идея состояла в развёртывании огромных солнечных батарей на основе кремниевых фотопреобразователей (или фотопреобразователей из арсенида галлия), размещённых на ГСО, затем преобразование электроэнергии в СВЧ излучение с помощью передающей антенны. Выпрямляющая антенна (ректенна) на Земле должна принимать энергию микроволнового излучения. Преобразование СВЧ энергии в постоянный ток осуществляется в элементах, встроенных в ректенну.

За инженерную реализацию идеи Глейзера взялись несколько крупных фирм США. Одна из них — «Боинг аэроспейс» намерена была довести «идею» (какую из двух при двойном использовании?) до реализации, последовательно совершенствуя проекты. Облик фрагментов конструкции из ранних проектов фирмы (1977 г) показан на рис. 1 [4].

Технологическая процедура реализации SSPS фирмы «Боинг» (орбитальная часть) содержит следующие основные этапы.

1. С помощью тяжелых транспортных кораблей многоразового использования (ТКМИ) на НОО создается технологическая платформа, на которой осуществляется сборка отдельных крупногабаритных конструкций SSPS.

2. Межорбитальный транспортный многоразовый корабль (МТМК) доставляет астронавтов — монтажников и оборудование для сборки SSPS с технологической платформы на ГСО.

3. Электрореактивный межорбитальный транспортный корабль (ЭМТК) доставляет круп-

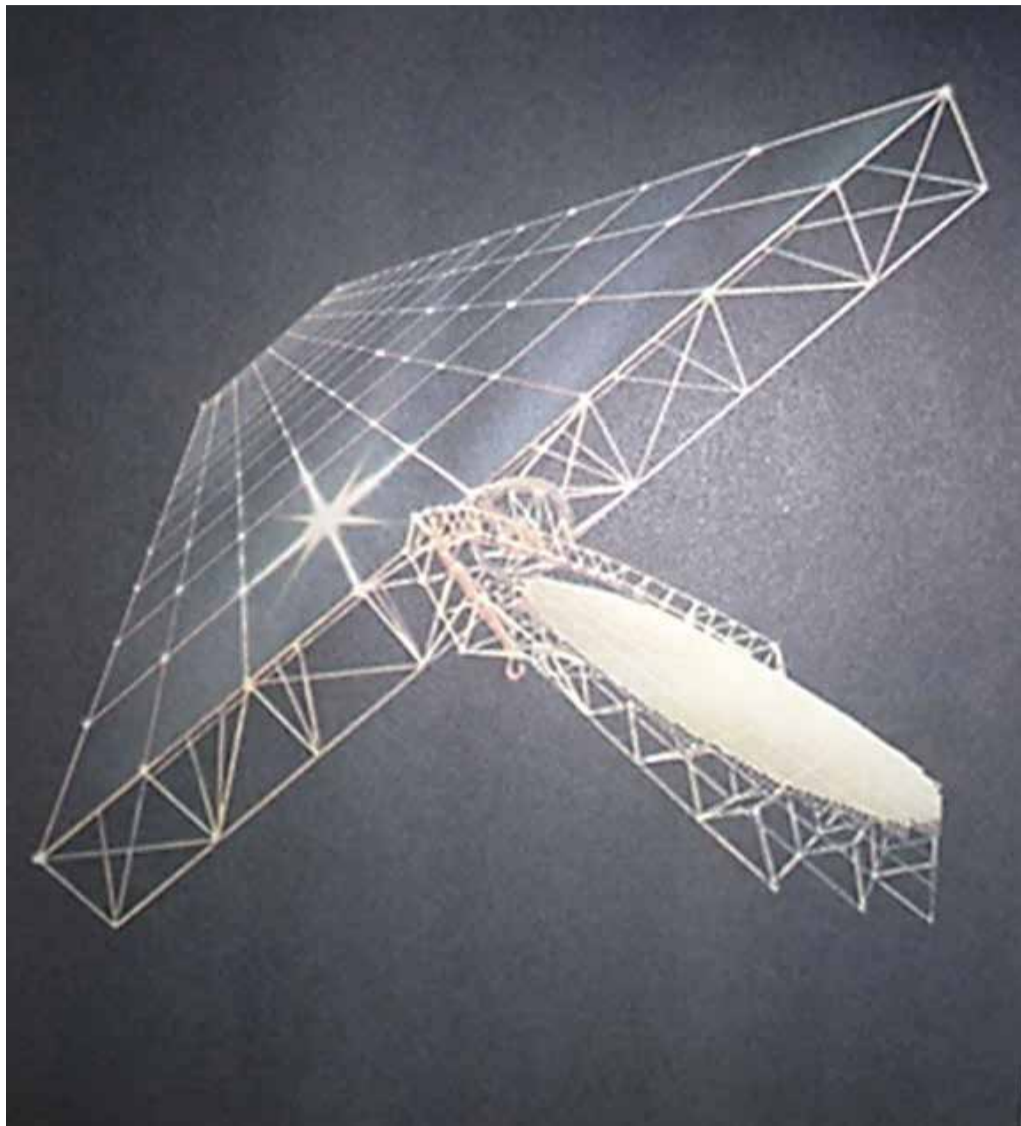


Рис.1. Проект фирмы «Боинг» (1977 г.) [4].

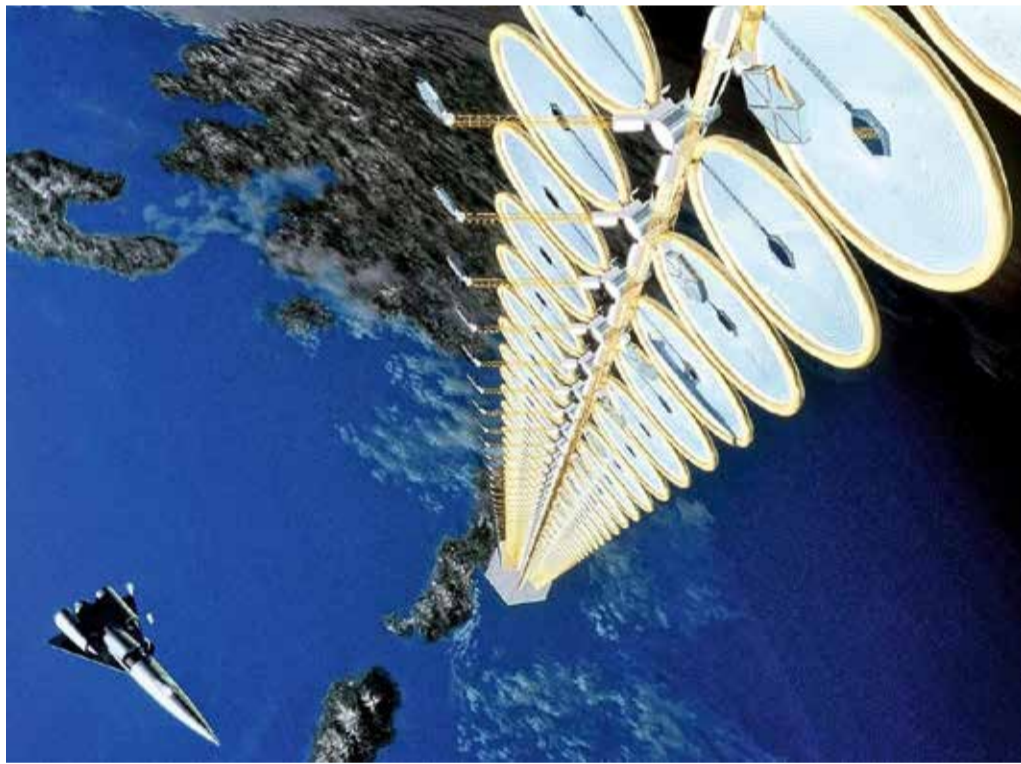


Рис.2. Японский проект Sun Tower

ногабаритные конструкции с НОО на ГСО для окончательной сборки SSPS.

4. Окончательная сборка SSPS, ремонт, отладка, подготовка к эксплуатации подсистем, фокусировка и передача микроволнового пучка на ректенну.

Из более поздних проектов SSPS следует выделить проект SPS-Alpha, предложенный компанией Artemis Innovation Management Solutions (США). Проект был представлен на встрече NASA Innovative Advanced Concepts 2012 руководителем проекта Дж. Мэнкинсом [5]. По сути — это большая фазированная антенная решётка с зеркалами, положение которых регулируется индивидуально. Структурным элементом SSPS является гексагональная ферменная конструкция, на задней части которой расположены фотоэлектрические панели, а с обратной стороны размещены СВЧ-излучатели-передатчики, направленные в сторону Земли. Следует заметить, что эта идея излагалась автором данной статьи намного раньше, на ежегодных Гагаринских чтениях в начале 80-х годов прошлого века, а модель и результаты оптимизации гексагональной ККК были опубликованы в журнале «Космические исследования» в 1985 г. [6].

### Проекты Японии

Япония занимается исследованиями в данной области, начиная с 80-х годов 20 века. Для создания SSPS объединились шестнадцать компаний, включая Mitsubishi Heavy Industries, которые, в основном, повторяют американский опыт. Япония рассматривает СВЧ-передачу электроэнергии по «базовому» и «прогрессивному» методам [5]. В «базовом методе» используется большая панель (ККК) размером 2500 X 2375 м. С одной стороны панели размещены фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии, с другой — СВЧ-излучатели, передающие энергию на Землю. «Прогрессивный» метод отличается наличием двух зеркальных рефлекторов диаметром 2000 м, связанных с системой двух генераторов солнечной электростанции и с панелью передачи СВЧ-излучения. Но есть и оригинальный проект. На рис. 2 представлен проект Sun Tower [5]. На рисунке «Башни» видны круглые системы плёночных фотопреобразователей, балочные конструкции системы ориентации солнечных фотопреобразователей и гексагональная СВЧ-антенна.

Но важно другое. В Японии определена новая политика освоения космоса и утверждены планы

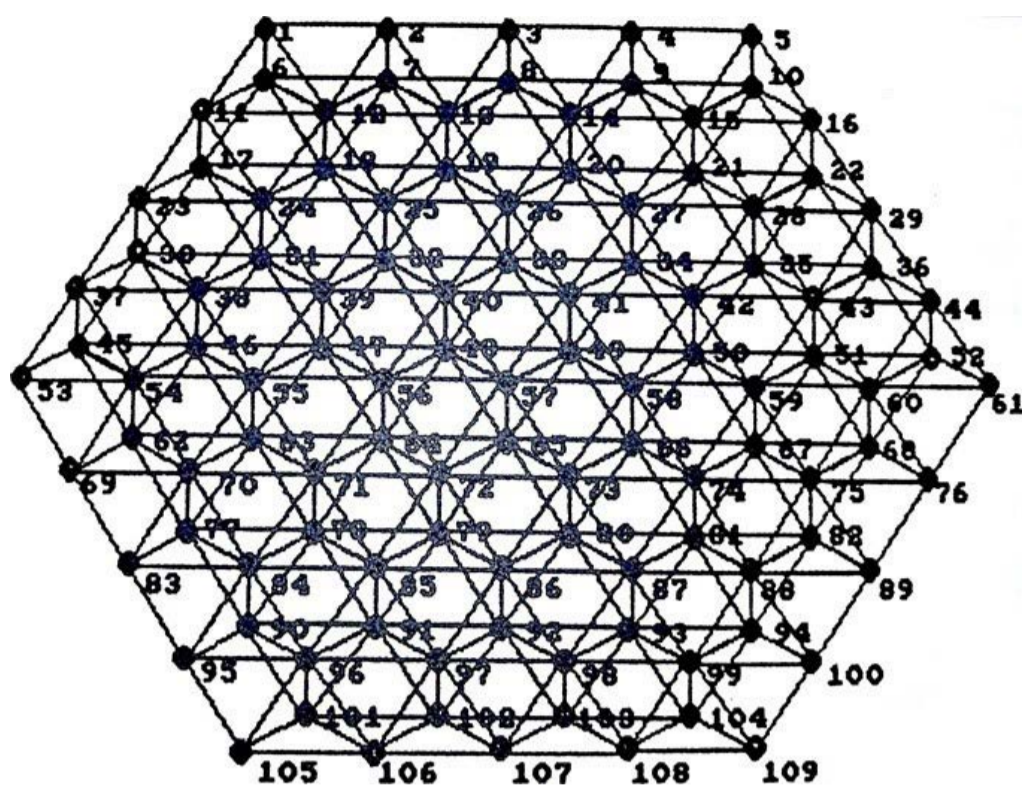


Рис.3. Силовой каркас гексагональной ККК

проведения исследований. И главное, принята и утверждена парламентом «Национальная программа разработки и создания солнечной электростанции Японии (SSPS)» гигаваттного класса к 2030 г. На эти цели выделено \$21 млрд из государственного бюджета Японии. Текущие планы предусматривают поэтапное расширение исследований. Сначала будет продемонстрирована наземная передача энергии в киловаттном диапазоне мощности. Далее передача той же мощности из космоса. Исследования и эксперименты предусматривают создание опытного образца космической энергетической системы в диапазоне мощности в сотни киловатт, а к 2030 — в гигаваттном диапазоне [5, 7].

### Китайская программа

Про программу КНР известно мало из-за её «двойного» использования. Предполагаемую космическую электростанцию (SSPS) государственное агентство «Синьхуа» описывает как «космические супераппараты на геостационарной орбите, оборудованные огромными солнечными батареями» [7]. Из доклада Китайской академии космической техники следует, что китайские власти начали финансирование этой программы еще в 2010 году. Китай планирует создать экспериментальную орбитальную солнечную электростанцию мегаваттного уровня мощности к 2030 году, а к 2050 году будет построена «экономически выгодная» станция гигаваттного уровня. И ведь построит!

## Отечественные разработки

Российские ученые активно предлагали создавать SSPS в середине 80-х годов прошедшего века. Например, МИФИ и ЦНИИмаш неоднократно озвучивали отдельные результаты проектов на ежегодных Гагаринских чтениях, МАИ и НПО имени Лавочкина на Академических чтениях по космонавтике. Кроме проектов ЦНИИмаш и НПО имени Лавочкина были предложены концептуальные проекты РКК «Энергия», ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», проект МИРЭА.

Все проекты были выполнены с разной степенью «проработки», тем не менее, решались и вполне конкретные инженерные задачи [6,8]. Например, была предложена модель оптимального проектирования [6, 9], которая применена к разработке крупногабаритной (180 метровой) космической конструкции (ККК). На рис. 3 показан силовой каркас модели гексагональной ККК SSPS, базовым (периодическим) элементом которой является тетраэдр, состоящий из графит-эпоксидных стержней кольцевого сечения.

Разработанная теория была применена (надо сказать, довольно успешно) для решения задачи демпфирования колебаний ККК и управления ККК на орбите. Экспериментальная проверка полученных результатов [8], выполненная на малогабаритной модели (в наземных экспериментах,

см. рис. 3), позволила установить их адекватность реальному поведению управляемой конструкции и подтвердила эффективность системы демпфирования.

Проблемы, которые сегодня необходимо решать. Из всего множества нерешённых проблем по созданию SSPS ключевыми являются следующие:

- Снижение стоимости вывода полезного груза на орбиту. Целевой ориентир — \$1000 за 1 кг полезного груза.
- Увеличение эффективности преобразования солнечной энергии в электроэнергию. Целевой ориентир — общий КПД (от солнечного элемента постоянного тока к конечному съёму постоянного тока с ректенны) должен быть более 50%.
- Изменение политики России в области солнечных космических энергетических систем. Целевой ориентир — принятие государственной программы по созданию SSPS и развитию сетевой наземной электроэнергетики, включая СЭС.

## Выводы

1. Создание солнечных космических энергетических систем, предназначенных для энергоснабжения орбитальных и наземных потребителей из космоса, представляет собой реальную, технически выполнимую в настоящее время задачу.
2. Необходима государственная программа поэтапного создания солнечных космических энергетических систем (СКЭС) в России, как это сделано в Японии и Китае.
3. Государственная программа должна реализовать системный подход комплексного развития распределённой энергетики «двойного» назначения (оборонной тематики и солнечной электроэнергетической системы).
4. Разработкой СКЭС заставить США сесть за стол переговоров о подписании Международного соглашения (США, Россия, Китай) о запрете размещения космического оружия.

**Литература.** 1. Электронный ресурс: <https://zen.yandex.ru/media/solarnews/solnechnye-elektrostantsii-v-kosmose-ispytaniya-novoi-sistemy-5ec6367a553f06318dc18b6c> 2. Алексей Леонков, военный эксперт журнала «Арсенал Отечества», 12 августа 2019/ <https://zvezdaweekly.ru/news/1/2019851125-9nPL3.html> 3. Развитие и реализованные проекты солнечной энергетики в России. Обзор, опубликованный в журнале С О К № 9, 2019, стр. 74–79. <https://www.c-o-k.ru/articles/razvitiye-i-realizovannye-proekty-solnechnoy-energetiki-v-rossii> 4. Гэтланд К., Шарп М., Скиннер Д. и др. Космическая техника. М.: «МИР», 1986 5. О концепции развития аэрокосмической энергетики в России на период до 2045 года. Опубликовано в журнале С О К № 10, 2016. <https://www.c-o-k.ru/articles/o-konceptcii-razvitiya-aerokosmicheskoy-energetiki-v-rossii-na-period-do-2045-goda> 6. Сазыкин Б.В. Многокритериальная оптимизация крупногабаритной космической конструкции//Космические исследования.— 1985. — Т. 23, вып.1. — С. 84—91. 7. Электронный ресурс: <http://www.assemblingospace.ru/2017/10/25/energeticheskie-ustanovki-na-orbite-solnechnye-elektrostantsii/> 8. Разработка и испытание модели крупногабаритной конструкции: Отчет/ДНЕПРПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ, — ОНИС 528, № 86—3—380/31.— 1987. 9. Sazykin B.V. Sequential decision making in multicriterial optimization of nonlinear systems// Philosophy of nonlinear control systems. — Boston etc.: CRC Press, 1990. — P. 370—390.





**Владимир Долгих,**  
ветеран атомной энергетики  
и промышленности,  
журналист, Северск

# Выбор из «заключья»

Минувший единый день голосования не миновал и ряд «закрыток» Росатома. Сенсации, несмотря на ожидания, не получилось. Итоги вышли вполне предсказуемыми. Во всех ЗАТО первенствовала Единая Россия. Правда, с разными результатами. Ну, а не так давно изобретённая методика предварительного голосования хоть на пеньках, хоть ещё где получила самое настоящее творческое развитие.

**Н**е стало дело и ещё за одним приобретённым уроком. Роль и авторитет атомного ведомства, если судить по числу его представителей во вновь избранных органах местного самоуправления оставляет желать лучшего. Не столь ли тревожного «звоночка» ждали на Большой Ордынке от такого вот голосования?

## «Странности»

### уральского выбора

В минувший единый день голосования местных парламентариев также выбирали в двух ЗАТО Южного Урала – Озёрске и Снежинске. Кроме того, прошли довыборы депутата в думу Трёхгорного. Во всех трёх городах ещё действует старая добрая система одномандатных округов. Без всяких тебе «партийных списков».

На 25 мест в думу Озёрска претендовали 82 выдвиженца. Единая Россия, как и следовало ожидать, выставила своих соискателей во всех округах. И в итоге обзавелась 19 мандатами. Ещё по одному получили ЛДПР и СР. Но если для последних, команда которых состояла из 7 кандидатов, результат можно признать вполне удовлетворительным, то «соколам Жириновского» изрядно потрепали пёрышки. Иначе как расценить, что из 23 кандидатов депутатом стал лишь один «соколёнок»?

Думаю, не обошлось без конфузов. Например, в виде победы домохозяйки над парой конкурентов. Или председателя городского отделения Всероссийского общества инвалидов над заместителем генерального директора главного предприятия города. Борьба, как оказалось, велась нешуточная. Преимущество победителей достигло всего лишь около двух десятков голосов избирателей.

Впрочем, руководству «Маяка» вряд ли стоит огорчаться итогами нынешней кампании. Во-первых, более половины нынешнего состава думы тем или иным образом связаны с предприятием. Во-вторых, вновь избранный спикер также является его работником.

Так же по накатанному прошли выборы и в соседнем Снежинске. Там, правда, на 25 депутатских мандатов претендовало народу чуть больше – 90 человек. И Единая Россия один округ оставила отчего-то «без пригляда». То ли «штыков» не смогли подобрать, то ли ещё по каким причинам. А может быть из-за суеверия. Ведь речь идёт об округе номер 13. И если в Москве, вспомним Булгакова, существовала странная квартира, то в «режимном» Снежинске сегодня таковым оказался целый избирательный округ. Потому как странности вокруг него и после нерешительности тамошних единорогов не закончились. После убийства с гонки одного из кандидатов, единственному оставшемуся соискателю ничего не оставалось делать, как состязаться самому с собой. И лавры победителя достались сотруднику местной администрации, работающему в ней ведущим экспертом. Удивительно также, что



ни одна партия, принявшая участие в выборах, как и ЕР, отчего-то не выставила своих представителей на столь «странный» округ.

В целом же, ЕР будет представлена в думе Снежинска как минимум 15 депутатами. И это, повторяю, как минимум. Потому, как показывает история, ставшие парламентариями самовыдвиженцы в большинстве своём ищут применение своим силам всё больше во фракции правящей партии. Здесь и кормят лучше, и личные дела за время исполнения депутатских полномочий всегда можно поправить. А таковых в нынешнем сезоне оказалось в снежинской думе целых семь человек! Словом, для двух нардепов от СР и КПРФ вновь остаётся столь привычное место в рядах оппозиции. Правда, и ЕР не удалось в нынешнюю кампанию избежать весьма болезненного «щелчка по носу», к которому можно причислить поражение директора детского образовательного центра от выдвинутого КПРФ водителя одного из ИП города. Не у дел оказались и сразу три инженера из РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина, уступивших двум своим коллегам и одному сотруднику местной медсанчасти. Все они шли на выборы самовыдвиженцами.

В отличие от соседей из Озёрска думу Снежинска вряд ли после нынешних выборов можно назвать на все сто «росатомовской». На градообразующем предприятии ЗАТО трудится всего 9 народных избранников. Из 25 человек общей её численности.

А вот в ещё одном ЗАТО Челябинской области, Трёхгорном, в парламент которого доизбирали одного депутата, тамошнее подразделение Росатома, напротив, укрепило свои позиции. При достаточно приличной для нынешних времён явке в более чем тридцать процентов, инженер ПСЗ, выдвинутый от ЕР, с преимуществом в семь (!) голосов одолел местного «режимника», выпускника Высшей школы КГБ СССР имени Ф. Э. Дзержинского.

## Старый друг лучше новых двух

Но наиболее массовым «поход за мандатами» оказался в Сарове (Нижегородская губерния). Там за 34 места «скрестили клинки» 161 кандидат. Напомню, и Саров ещё не вошёл в «инновационный кластер выборных технологий», когда депутат в местный парламент может попасть двумя путями – через партийные списки и победу в избирательном округе.

Столь острая конкуренция не стала преградой для Единой России, вновь оказавшейся сильнейшей. «Медведевцы», перебив все округа, обзавелись 24 депутатскими мандатами. Конкурентам из «парламентской оппозиции» вновь досталась грустная роль статистов. КПРФ, выставив 22 кандидата, «отметилась» только одним мандатом. Столько же досталось и ЛДПР. Но, в отличие от господ коммунистов, «либерал-демократы» мобилизовали на битву только семь соискателей. СР же, судя по результатам, вообще в борьбе не участвовала. В Сарове, в отличие от уральских городов, где всевозможные «партийные новообразования» остались не у дел, нашлось место в списке соискателей и представителю Партии РОСТА. Правда, без особого результата.

Ещё одним феноменом «мандатообзаведения» и на Нижегородчине, и на Урале явилось обилие отчаянного люда, решившего вдруг, что депутатом можно стать как в былые времена. Без всякой тебе партийной принадлежности. Только в одном Сарове таковых набралось под сотню. И, надо сказать, некоторые из них в столь славном деле весьма преуспели. Во всяком случае, семь из них стали депутатами. В том числе директор АНО по содействию социализации безнадзорных животных, начальник асфальтового завода, юрист вместе с несколькими работниками ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (причём один боролся против своего коллеги по предприятию). Что совсем

не помешало представителям градообразующего Ядерного центра усилить своё присутствие в городской думе. На день сегодняшний таковых там собралось около двух десятков. Включая главу города и его заместителя.

Есть ощущение, что ещё так много доверчивых людей, связывающих судьбу свою и близких людей с ГК Росатом и его политикой в «городах присутствия».

## Далеко от Москвы

Выборы в Железногорске, что в Красноярском крае, как и в Северске, прошли по такой знакомой и почти ставшей родной смешанной системе голосования. Правда, для партии власти итоги оказались несколько плачевнее. Если в Северске единоросы получили 18 мандатов из 26, то в Железногорске их однопартийцам пришлось довольствоваться только 15. Из 30 возможных. В обоих случаях основной «урожай» принесли одномандатники. В Северске победили все выставленные партией кандидаты, в Железногорске трое остались за бортом. Разнились и процент проголосовавших за общепартийный список ЕР. Северск – 34%, Железногорск на 8% меньше. Меньше в думе последнего оказалось и представителей градообразующего предприятия. В Северске два, у их соседей семеро. Разнятся и довольно существенно, биографические портреты градоначальников. Если глава Железногорска Игорь Куксин почти всю трудовую деятельность провёл на Горно – химическом комбинате, то будущий глава Северска Николай Диденко в городе появился только в 2012 году из Новосибирска. Все причины же его тогдашнего явления до настоящего времени доподлинно не раскрыты.

Похожая картина и среди «думских предводителей». Северчанин Григорий Шамин, хотя и проживает длительное время в городе, с атомным ведомством связан только последние десять лет. Занимая должность местного мэра. Остальная

часть политической биографии Григория Андреевича пришлось на работу в областном центре. Да и в северский парламент он предпочитал избираться по «деревенскому» округу, в который наряду с окраинами Северска входят так называемые внегородские территории.

И всё больше в составе партийной группы. Более того, нынешний депутатский мандат наш замечательный герой получил после его сдачи коллегой по партийному списку. А, к примеру, Сергей Гергенрейдер из Озёрска, избранный 24.09.2020 года председателем думы города, смело пошёл на выборы по одномандатному округу и выиграл их. Как, впрочем, и глава Сарова Александр Тихонов. Причём саровчанин обошёл своего конкурента по числу проголосовавших более чем в шесть раз. Почему бы господину Шамину вместе с поддерживаемыми его единосороками в думе Северска не взять с них пример?

Что же касается остальных участников нынешнего выборного процесса, то нельзя не отметить очень уж «мирные» итоги голосования за партии в Железногорске. Там три парламентских партии, ЕР, КПРФ и ЛДПР, набрав примерно одинаковый процент голосов, делегировали в думу по три депутата. Столь же мирно произошёл делёж мест и среди местных единосоров — мандаты получили по одному представителю ГХК, ИСС и городской администрации. Последнего, кстати, тут же избрали председателем думы города.

Гораздо разношерстнее оказался выбор в рядах КПРФ и ЛДПР — пенсионер, эксперт из ГХК, журналист, пара директоров из сферы малого и среднего бизнеса и ещё один инженер. С машиностроительного завода.

Ещё одно место по партийным спискам получил представитель Справедливой России, работающий опять же директором одного из городских ООО.

Не обошлось, впрочем, и без реальной оппозиции. В обоих парламентах она представлена по одному члену от партии Яблоко. Причём с северчанином Владимиром Петровым многие связывают ожидания на серьёзные перемены в работе депутата по защите законных интересов своих избирателей. Во всяком случае, единодушно одобрили обращения по увеличению тарифов за услуги ЖКХ в думе Северска можно поставить жирный крест.

Но, как известно, всякий аванс, как бы незначителен он не был, ещё предстоит отработать. В первую очередь конкретными делами. За которыми, думается, у наших замечательных депутатов дело не станет.

## Не спеши, когда спешить нельзя

На мой взгляд, смотреть на некоторые цифры, отражающие ход недавнего голосования в ЗАТО, без смеха никак нельзя. Пусть даже он будет сквозь слёзы. Думается, выводы на просторах «заколочья» из недавнего плебисцита по Конституции сделаны верные. Как, впрочем, и подоспевшие в самый раз известные измене-



ния в действующее избирательное законодательство. Хотя и без всякой трескотни понятно, что полировать стулья даже в качестве наблюдателей чуть ли не неделю много сложнее, нежели в единственный день для голосования. Как, впрочем, и уследить за перемещениями передвижных ящиков, в которые сыпаются избирательные бюллетени. Тем более, набрать наблюдателей для эффективной работы именно в таком ритме оппозиции, какой бы она не была, не так то просто. В отличие, скажем, от Единой России. Красивые лозунги и блистательные намерения только с трибун и в газетах хороши, а денег хочется всегда. Даже за исполнение общественных поручений.

Но прошу не рассматривать безукоризненное, на мой взгляд, исполнение властями действующего выборного законодательства, как и само законодательство, существенной причиной, повлиявшей на итоги выборов. Для этого существует другое время — время непосредственного проведения голосования и подсчёта голосов. Ну, а если опоздали, то, увы! После драки, как известно, кулаками не машут. А вот сделать необходимые выводы, дабы впредь быть более зорким и не посыпать голову пеплом, конечно же, самый раз.

Скажу сразу, систематизировать опубликованные данные оказалось не так то просто. Почему то до начала работы над материалом на ряде сайтов местных представительных органов отсутствовали ряд сведений об избранных депутатах. Для чего и пришлось «лопатить» странички избиркомов ЗАТО. Но и там нашлась напасть — итоговые сведения по голосованию в целом за город просто отсутствовали. И их приходилось по крупицам «выбирать» из ма-

териалов соответствующих территориальных комиссий, складывая результаты и попутно уточняя фамилии и партийную принадлежность кандидатов. Всего таких «листочков» оказалось более сотни. Но тем и интереснее полученные сведения. Изучалась, конечно же, не вся палитра, а только характеризующие время и место голосования.

Первое, что бросилось в глаза, это обилие желающих ходить на выборы досрочно. Исключение составил разве что Железногорск, где около 82% получивших избирательные бюллетени, решили не спешить. И опустили их в нужную урну, находящуюся в помещении ТИК, исключительно в день голосования. Здесь, кстати, по общепартийным спискам Единая Россия значительно уступила по результату тем же северчанам. И к тому же смогла обойти конкурентов из КПРФ и ЛДПР, разделив с ними поровну депутатские мандаты.

Больше всех среди остальных «запреток», где прошли выборы, на мой взгляд, удивил Озёрск. Ждать официального дня голосования в нём не стали 51,5% от общего числа, получивших бюллетени. Причём подавляющее большинство из них и вовсе предпочли впредь на участки не являться, воспользовавшись переносными ящиками для голосования. Таковых оказалось 42,6% от числа пришедших на голосование. Отчего вдруг возникла такая нелюбовь к традиционным формам проявления гражданской позиции к стройным рядам столов с сидящими в них строгими тетями, слегка вздремнувшим в уголке пожарным со служителем правопорядка, буфетом с чаем и выпечкой и гремящими из репродуктора патриотическими песнями, в городе «атомных оружейников» остаётся загадкой. Во всяком слу-

чае, на округах, где фиксировался значительный перевес в пользу «торопящихся» отдать этот самый долг, побеждала не только Россия Единая. Один раз удача повернулась личиком и представителю оппозиции из России Справедливой.

Несколько меньше, всего 48,3%, решили поспешить отдать свой гражданский долг в соседнем Снежинске. Там также, пусть и в несколько меньших масштабах, оказалось немало электората, пожелавших воспользоваться услугами передвижных урн. Но не обошлось и без «эсклюзива». Мы столкнулись с явлением необычным и трудно объяснимым. На одном из округов не оказалось ни одного (!) желающего голосовать досрочно! И все пятьсот с лишним избирателей явились как штык исключительно в официальный день голосования и, не поверите! Только десять из них опустили вверенный бюллетень в передвижную урну. Победу, кстати, и здесь праздновал представитель ЕР.

Нечто похожее мы увидели и на соседнем участке. Там, правда, ждать не захотели аж два избирателя. Остальные же 513 из проголосовавших осуществили это в официальный день. Вот только добрая половина из них «делать свой выбор» в стационарный ящик отчего — то не стала. Опять же, по причинам, нам не ведомым. Известно только, что именно здесь действующий заместитель председателя Собрания депутатов единосорок поверг в поражение студента — самовыдвиженца с перевесом в две сотни голосов. Других желающих сражаться за мандат на этом округе не нашлось. Чем не сюжет для «Уральских пельменей»?

Примерно одинаковое количество «досрочников» замечено в Сарове и Снежинске. Соответственно, 42,2% и 43,9% от числа принявших участие в голосовании. Разница только в численности желающих тащиться на участок, предпочитая голосовать за его пределами. Таковых в Северске оказалось раза в два поболее. И ещё одно достижение от самого крупного ЗАТО Росатома. Как оказалось, почти треть от принявших участие в досрочном голосовании северчан, отчего — то предпочли голосовать именно в помещении ТИК. В то же время в других городах количество таких лиц едва насребалось в пару — тройку десятков. А в Сарове так и вовсе подобная строка отсутствовала в отчётах.

Ну, а абсолютный рекорд в славном деле проведения всенародного волеизлияния отметили в другом уральском ЗАТО — Трёхгорном. Там досрочно проголосовало аж 64% от принявших участие в голосовании по довыборам выбывшего местного парламентария. Причём почти 70% бюллетеней нашлось исключительно в переносных ящиках. Надо ли говорить, что победу здесь праздновал представитель Единой России? Только в лидеры мы этот славный городок выдвигать поостережёмся. Потому как голосование проходило только на одном избирательном участке.

Таковы вот некоторые итоги голосования на «территориях присутствия» атомного ведомства. Власти ЗАТО оказались примерными учениками.



# Деградация медицины Удомельской части «СТРАНЫ РОСАТОМ»

**В** разгар пандемии по коронавирусу ФМБА РФ (якобы, медицина катастроф!) оставила сельскую зону Удомельского городского округа, район расположения Калининской АЭС(!), без первичного медицинского обслуживания. Реакция на закрытие ФАПов Удомельской городской Думы:

Исх. № 8.10.2020 г., 01–10/1687  
Руководителю ФМБА РФ В.И. Скворцовой

## ЗАЯВЛЕНИЕ

В соответствии с Приказом ФБУЗ ЦМСЧ № 141 ФМБА России от 01.10.2020 г., ссылаясь на то, что ФАПы и врачебные амбулатории в сельских территориях не соответствуют требованиям СанПиН, начальником ФБУЗ ЦМСЧ № 141 ФМБА России Голубевым Ю.Д. принято решение о приостановлении оказания первичной доврачебной медико-санитарной помощи до приведения в соответствие с СанПиН 2.1.3.2630–10 в следующих фельдшерско-акушерских пунктах: Верескуновский ФАП, Еремковский ФАП, Зареченский ФАП, Касковский ФАП, Озеро-горский ФАП и Котлованская врачебная амбулатория.

Принятое решение стало большой неожиданностью, как для Администрации округа, так и для депутатов и тем более для жителей округа, предупреждений о планируемой приостановке деятельности в наш адрес не поступало.

В связи с этим на внеочередное заседание Удомельской городской Думы 05.10.2020 вынесен вопрос «О временной приостановке деятельности фельдшерско-акушерских пунктов на сельских территориях».

На заседании присутствовали межрайонный прокурор, должностные лица Администрации Удомельского городского округа, жители города и представители средств массовой информации. Приглашение направлялось также в адрес ЦМСЧ № 141, но, к сожалению, Голубев Ю.Д. участие в заседании Думы не принял. Хочется отметить, что это не первый случай игнорирования депутатских мероприятий начальником ФБУЗ ЦМСЧ № 141 ФМБА России.

По информации заместителя Главы Администрации Удомельского городского округа Корниловой Любови Николаевны Администрация округа тесно взаимодействовала с ЦМСЧ № 141 по вопросу оказания медицинской помощи на сельских территориях. 05.10.2020 года в адрес Главы округа поступило письмо за подписью начальника ФБУЗ ЦМСЧ № 141 ФМБА России о приостановлении деятельности вышеуказанных ФАПов.

Обращений со стороны Администрации ФБУЗ ЦМСЧ № 141 ФМБА России, по вопросу выделения финансирования на ремонт ФАПов в адрес Удомельской городской Думы не поступало. Между тем Администрацией Удомельского городского округа совместно с ФБУЗ ЦМСЧ № 141 ФМБА России составлены дефектные ведомости и подготавливаются сметы на проведение необходимых работ.

По результатам встречи Губернатора Тверской области И. М. Рудени и Главы Удомельского округа Р. А. Рихтера, И. М. Руденя поручил внести Удомельский округ в программу модернизации первичной медико-санитарной помощи на 2021–2025 год, которая разрабатывается в настоящее время. В ее рамках возможна установка 2 модульных ФАПов в сельских населенных пунктах. Вынесенный вопрос вызвал большой общественный резонанс, учитывая существенную отдаленность ФАПов от ЦМСЧ № 141 (до 30 км.), сложную эпидемиологическую обстановку, сложившуюся в связи с распространением коронавирусной



инфекцией, принимать решение о закрытии ФАПов в данный период недопустимо. Вероятно, состояние ФАПов в Удомельском городском округе не хуже, чем в других муниципалитетах и все вопросы можно решить в рабочем порядке. Да и предписаний со стороны контролирующих органов не поступало.

Удомельской городской Думой совместно с Администрацией будут предприняты все возможные меры, чтобы сохранить медицинское обслуживание на селе.

По итогам обсуждения вопроса депутаты приняли решение направить обращение о сложившейся ситуации в ФМБА России.

На основании вышеизложенного, прошу оказать содействие в возобновлении работы по оказанию первичной доврачебной медико-санитарной помощи в вышеуказанных фельдшерско-акушерских пунктах.

С уважением, исполняющий полномочия Председателя Удомельской городской Думы К. В. Изукин

Письмо с требованием немедленно открыть ФАПы направлено также руководителю ЦМСЧ-141 Ю.Д. Голубеву

**От Подушкова Д. Л., депутата УГД, фракция КПРФ:** При «тиране Сталине» за такое САМОУПРАВСТВО Голубев уже пилил бы лобзиком на лесоповале вековые сосны, а теперь у нас благостная «демократия»... (Наверное, в годы Великой Отечественной войны ФАПы были в более лучших условиях, поскольку их не закрывали?)

Ещё удивляет, конечно, покорность и отсутствие реакции населения сельской зоны УГО – жителей лишают первичной медицины, а последовательно и всего остального, и ни одного публичного возмущения, ни схода граждан, ни заявления в СМИ, в соцсетях... За всё удомельское село борется и выступает только Л.А. Петрова и жители с. Еремково, а остальные «всем довольны»...

**Письмо в «Голос Удомли»**  
(Опубликовано в «ГУ» от 10.10.2020 г.)

Просим помощи в решении проблемы с работой Фельдшерско-акушерского пункта (ФАП) в с. Еремково. Он закрыт с 5 октября 2020 г. распоряжением начальника ЦМСЧ-141 Ю.Д. Голубева. Причина – ненадлежащее состояние по санитарным нормам.

3 октября состоялся сход граждан, на который приглашали Главу УГО Р.А. Рихтера. Сход состоялся, Рихтер НЕ ПРИЕХАЛ. Принято решение обратиться с заявлением в Удомельскую прокуратуру, административные инстанции.

Предыстория проблемы:

1). Ремонта не было более 10 лет.

2). Жители обращались неоднократно во все инстанции, инициировали сходы граждан с приглашением представителей ЦМСЧ-141 и руководителей администрации УГО. То есть вопрос о проведении ремонта ставили многократно. Итог – не выполнено никаких обещаний. (Но зато, например, отремонтирован ФАП в д. Ряд, где нет фельдшера, и сегодня он закрыт).

У руководства ЦМСЧ видение ситуации следующее: ремонт помещений должна сделать власть, медобслуживание и обеспечение населения медикаментами – функция ЦМСЧ.

ФАП в Еремково закрыли в День пожилого человека, что можно считать просто ОСКОРБЛЕНИЕМ. Население, которое обслуживал ФАП – ок. 470 человек, более половины – пенсионеры. Добраться в 60–90 лет самостоятельно до ЦМСЧ-141 в Удомле очень-очень проблематично. К тому же проезд туда-обратно стоит 150 рублей. Нетрудно посчитать, сколько будет стоить несколько поездок ежемесячно. А где ещё взять силы и здоровья на эти поездки? Сейчас к тому же действуют ограничения по коронавирусу и вообще нельзя куда-то поехать. В стационар попасть вообще нет возможности. Фельдшеры «скорой помощи» отвечают: «Не возьмём вас, не разрешает начальник, портите статистику, койко-мест нет!»

Участковый терапевт не работает с населением поселения уже с МАРТА(!) месяца, т.к. назначена работать в Удомле с коронавирусными больными.

Жители Еремково уже просили в 2019 г. в «Обращении на ТВ-канал «Россию-24» «РАССТРЕЛЯТЬ И ЗАКОПАТЬ НАС» (опубликовано в «ГУ» от 10.11.2019 г. – ред.). Видимо, власти решили сделать это более щадящими методами – закроем ФАП – ВЫМРЕТЕ САМИ!

Л. А. Петрова

**Комментарии удомельцев в соцсетях:**

**Наталья П.:** У Голубева теперь остался нерешенным только один вопрос – закрыть на за-

мок ЦМСЧ-141 и можно с «достоинством» уйти на пенсию, оставив о себе навсегда «добрую» память...

**Александр Н.:** Главное салют и концерт недавний в Удомле многим понравился. Тех миллионов, которые в небо улетели и уехали в карманах артистов, вполне хватило бы на ремонт ФАПа в Еремково...

**Елена П.:** Пройдёт пару лет и будут восстанавливать. Вот так и отмываются деньги...

**Валентина А.:** Елена, не будут – через пару лет население вымрет, не для кого будет.

**Елена Ц.:** В д. Ряд ФАП в нормальном состоянии, но фельдшера нет. Приезжает 1 раз в месяц врач из ЦМСЧ-141. Люди брошены на выживание.

**Надежда Т.:** Деревни Удомельского района брошены на произвол судьбы, их уже практически нет...

**Валентина А.:** Наши руководители живут под девизом: «Нет здания (ФАПа в данном случае) и нет проблем...»

**Артём Ш.:** Действующей власти деревни вообще не нужны, они «экономически не выгодны». Нет Еремково (Котлована, Брусово и т.д.) – нет проблем. Надеяться можно только на себя...

**Владимир Ш.:** Какие там ФАПы на селе? При «демократии» и «правах человека» в России чем меньше населения – тем лучше для власти. Меньше доживут до пенсии – меньше платить. Это называется «оптимизация населения России». Для работ завезут армян, таджиков, узбеков, китайцев... А русские лишь мешают власти. Вы это еще не поняли?

И вот эта ситуация постоянного сокращения и доступности медицинских услуг, не только на селе, но и в Удомле ведёт в т.ч. к РЕКОРДНЫМ ПАДЕНИЯМ в демографии уже несколько месяцев:

**Демография Удомельского района за сентябрь 2020 г.** (по данным Удомельского ЗАГСа)

Родилось: 13 чел.

Умерло: 50 чел.

Браков: 25 пар.

Разводов: 13 пар.

\* Средний возраст умерших мужчин – 66 лет, женщин – 77.

\* Разница между умершими и родившимися – 37 чел., на 1 родившегося – 3,8 умерших!

# Взгляд за горизонт



Олег Л. Фиговский,  
академик (Израиль)

**Что же обещает нам ИИ в ближайшем и отдаленном будущем? Вообще-то сам ИИ ничего не обещает, за него это делают футурологи, разработчики и журналисты. А что сулит нам союз роботов и людей? С точки зрения самих людей. Роботов пока не спрашивают.**

**М**ы так привыкли к умной технике, что уже и не замечаем её. А может ли робот загипнотизировать человека? Откуда является озарение? Возможно ли сделать машину с нечеловеческой психикой? И чего нам ожидать от будущего с позиции сожития людей с сотворенными ими... да уже и не просто бездушными механизмами, а почти себе подобными субъектами нашего мира?

Ответы на эти вопросы можно найти в работах Олега Фиговского, Олега Пенского и других исследователей.

## С нано в голове

Человек всегда мечтал заглянуть в будущее. Со времен гадания по звёздам он в этом весьма продвинулся. С конца XIX века появились научные прогнозы. А в середине XX — термин футурология. Делать предсказания помогают хитроумные научные методы, высокая математика и умная техника. Всё это роднит футурологию с историей, прогнозированием и научной фантастикой.

Среди ученых на слуху имя Рэймонда Курцвейла. Американский изобретатель и футуролог в своих прогнозах опирается на математическую экстраполяцию. Если совсем просто, это когда выводы по итогам прошлого и настоящего распространяются на грядущее. Причем, чем дальше стремится проникнуть взгляд, тем быстрее растет погрешность.

Кое-что и сбывается. Например, Курцвейл предсказал, что к 2010-му маленькие компьютеры станут активными участниками наших будней. Разве не так? А что дальше? Если верить Курцвейлу, к 2030 году наномашин можно будет вживлять в мозг с эффектом «полного погружения» в виртуальное пространство. А ещё через 15 лет планета Земля станет одним гигантском компом, и «превращение» перекинется на Вселенную.

Плохо это или хорошо? Поживем — увидим. Чтобы уменьшить погрешность прогнозов на больших масштабах времени, ученые придумывают всяческие уловки. А к юной и смелой футурологии охотно подключаются другие уважаемые строгие почтенные науки. Потому что пока будущее не определено, его можно изменить, как учила нас Сара из фильма «Терминатор» Джеймса Кэмерона.

## Миром правит косинус

Будущее волновало философов с древних времен. Сегодня есть много попыток описания мира. И среди них теория диалектического развития. А недавно в Пермском государственном национальном исследовательском университете сделали «математическое моделирование гегелевских положений диалектики виртуального мира роботов». Другое исследование позволяет предсказать «время перехода любой системы в новое качество».

Но вернемся к философии. Она учит, что наш мир колеблется между спадами и прогрессами. И это похоже на раскрутку спира-



**Олег Львович Фиговский** — советский, российский изобретатель, доктор технических наук, специалист в области создания новых композиционных материалов. Академик EAS, РИА и РААСН, почётный доктор КНИТУ, почётный профессор КГТУ, ВГА-СУ и WSG, зав. кафедрой ЮНЕСКО «Green Chemistry». Глава Департамента, Почетный Президент Совета Старейшин Альянса Народов Мира. Автор более 500 изобретений.

ли. А математика уточняет, что развитие идет не по спирали, а по закону косинуса. И это подсказывает нам, что после современного бурного подъема технологий робототехники и искусственного интеллекта надо ждать спада интереса к роботам.

## Где мы, кто мы?

Что дальше? Пока общая стратегическая цель развития мирового социума с точки зрения политики просматривается с трудом. А ведь наука только анализирует статистику достижений общества. Прежде чем гнаться за журавлем в небе, в Пермском университете занялись синицей в руках. И придумали универсальную методику численной оценки величины достижения воспитательной цели.

Говоря образно: скажи мне, кто и как тебя воспитывал, и я скажу, где ты. Можно ли новый метод адаптировать к описанию развития человеческого общества? Во всяком случае никто не мешает это сделать. Потому что как только мы сможем сформулировать общую цель, задача определения нашего места на пути к ней мгновенно обретет новое измерение.

## Светит, но не греет

А на сегодня научно-техническая революция подарила нам роботов. Они массово шагнули на производство, в больницы, школы, детские сады, карманы мужских пиджаков и женских сумочек. Сказки про ковры-самолеты, печки-самолеты и волшебные говорящие зеркала стали былью. Что будет с нашими детьми? И опасна ли для детской психики тотальная роботизация образования?

Пока что педагогические, психологические и медицинские исследования такую опасность, к сожалению, подтверждают. Это связано в том числе с тем, что, когда общаются люди — учитель и ученик — неизбежны межличностные отношения. То есть при коммуникации один человек эмоционально воздействует на другого. Каждый из нас испытывает это на себе постоянно без всякой высшей математики.

А как общаются роботы? Чтобы это «посчитать», придуманы коэффициенты эмоционального влияния (коэффициенты внушаемости) одного робота на другого. И есть основания заявлять, что математические модели этих коэффициентов без больших трудностей можно перенести на контакты робота и человека, или межличностные взаимоотношения людей.

На этой дорожной карте есть белые пятна. Потому что сама психология пока только учится подсчитывать эмоциональное влияние одного человека на другого. Однако логика подсказывает, что человек, вероятно, более подвержен эмоциям, чем бездушная машина. То есть робот может влиять на человека, как

солнце летом: и светит, и греет. А человек на робота — иначе.

## Кто кем манипулирует?

Из этого можно вывести определение робота-манипулятора. Такая машина уже способна не только учить и увлекать человека, но и подчинять своей логике. Гипноз бывает разный. Например, мягкий — воспитание через убеждение. Или жесткий — подавление воли гипнотизируемого.

Для психики школьника наиболее опасен жесткий гипноз робота. Поэтому, как пока зывает математическая теория гипноза, при воспитании и обучении детей с помощью ИТ-технологий это необходимо исключать. То есть

степень влияния робота-учителя должна быть строго соизмерима с коэффициентами влияния учащегося.

Работа «Математические модели и алгоритмы интуиции, озарений и гипноза роботов» Олега Фиговского и Олега Пенского предлагает использовать коэффициенты влияния при создании роботов, лично преданных хозяину. Для этого достаточно разработчику программного обеспечения роботов задать высокий коэффициент влияния человека на машины, которыми он владеет.

## А озарение откуда?

Развитие робототехники тянет за собой других: к техническим и психологическим задачам добавляются мировоззренческие. Среди, возможно, самых интересных и спор-



ных такая: может ли у робота быть озарение? В качестве ответа процитируем научное обоснование: «Озарение робота — это решение задачи на основе частичной потери логики в его мышлении».

Скажем больше, алгоритм таких озарений уже описан. Его особенность в том, что озарение робота при решении некой задачи привносится извне, например, от человека. Отлично. А у человека-то оно откуда?

Если допустить, что наши гипотезы верны, значит в мире существует некий разум, человеку неподвластный? Так как же изменится роль человека-ученого в связи с развитием робототехники? Смеем допустить, что ученый станет, прежде всего, постановщиком новых задач. А люди с хорошей интуицией, те, у которых бывают озарения, будут особо ценными.

## Учёных станет меньше

Сейчас есть много различных компьютерных математических пакетов, основная функция которых в том, что по одной команде пользователя компьютер решает, например, заданные уравнения с помощью заданных же пользователем математических методов, которые в пакете «прошиты».

И программист для таких дел не нужен. Зато понадобится язык программирования для формализованной постановки научных задач в любой отрасли человеческих знаний. Такой инструмент позволит человеку не знать ничего о методиках конкретной науки. За него все сделает искусственный интеллект: исследует, выберет способ решения задачи и найдет ответ.

А человеку останется пожинать плоды: проанализировать результаты, которые получил интеллект искусственный. Из чего следует, что, вероятно, учёных в будущем станет меньше. Что ещё?

## Цифровые двойники и невращения

Уже созданы основы общей математической теории эмоциональных роботов, которые позволяют запрограммировать, пускай, пока примитивного, но, все же, психологического аналога реального человека. Его называли цифровым двойником.

Это программирование основано на общих математических моделях эмоциональных роботов. Входными параметрами являются измеренные у человека эмоции, воспитание, количество накопленной логической информации, коэффициенты памяти и другие психологические характеристики. Рассмотрим конкретные примеры.

В мировой робототехнике большое внимание уделяется применению роботов в медицине. Однако медицинских роботов, как правило, используют при лечении телесных, а не душевных заболеваний. В 2018 году пермские ученые впервые описали математические модели диагностики таких психических заболеваний, как невращения и психопатия цифровых двойников.

Программное обеспечение, основанное на математических моделях этих заболеваний для цифровых двойников, использовалось при оценке тяжести невращения и психопатии реальных пациентов в одной из неврологических клиник Пермского края РФ. Проверка математики диагнозами пациентов, поставленных врачом, показала точность определения степени тяжести заболеваний 85%.

Итак, искусственный интеллект может болеть. И его можно и нужно лечить. На основе предложенной математической модели оптимального психотропного лекарства показано, что невращения и психопатия цифровых двойников полностью излечимы. А что с реальными людьми? Как говорится, исследования продолжаются.

## Зачем японцам гуманоиды?

Уже несколько лет в мире, особенно в восточных экономически развитых государствах,

таких как Япония, Южная Корея и Китай, активно занимаются созданием гуманоидных роботов, являющихся, по крайней мере, точной внешней копией человека, а с психологической точки зрения — его цифровым двойником.

На вопрос о том: «Зачем нужны эти роботы-копии человека, являющиеся, по сути, дорогими игрушками?» — японцы отвечают: «Мы делаем то, что делает Учитель». При этом под Учителем понимаются и природа, и высшие сверхъестественные силы.

В США и Сингапуре идут дальше. Создают копии живых существ и внедряют в бизнес промежуточные результаты разработок по робототехнике.

А что в России? Не будем отвечать за всю страну, расскажем о конкретной Перми.

## Умные игрушки-воспитатели

Несколько лет назад с одной из сингапурских инновационных компаний представители Пермского университета обсуждали проект математического моделирования психологии примитивного цифрового двойника. Его главная задача состояла в воспитании капризных детей с помощью роботов-игрушек.

Идея следующая. В игрушку (мячик, детскую машинку и т.д.) встраиваются микрофон, небольшой электродвигатель и компьютерный чип. Когда малыш начинает громко кричать, программа оценивает амплитуду звуковой волны его крика. При этом родители ребенка могут задавать максимальное значение высоты звука.

Крик «включает» электродвигатель, и игрушка «убегает» от юного скандалиста в более тихое место. Программа в чипе высчитывает время, необходимое, чтобы малыш успокоился. Потом игрушка возвращается. Воспитательная компонента понятна: капризы — игре помеха.

Небольшая игрушка решала маленькую задачу. А сингапурцы сразу ухватились. Мгновенно просчитали экономический эффект. Продажная цена продукта составила 20 долларов. А её производителем стала китайская фирма. Позже такая умная игрушка была изготовлена в более простом варианте учениками одной из пермских школ.

— Откуда новые идеи черпаете? — спросили сингапурские ученые у пермяков.

— Придумываем сами, — был ответ.

— А мы — из научной фантастики — признались коллеги из Сингапура.

## Нечеловеческая психология

При создании нового мы часто отталкиваемся от подобного. Но даже сейчас, благодаря уже разработанной математической теории роботов с неабсолютной памятью, стало возможным создавать роботов с «психологией», отличной от человеческой, от той, что сделал, например, «японский Учитель».

Где границы возможного?

Как математическое описание поведения человека перенести на поведение робота?

Как придумать нечеловеческую психологию для решения человеческих задач?

Например, психология учит, что у человека есть базовые эмоции (страх, радость, удивление, гнев, презрение и т.д.). Считают их по-разному. Называя базовыми восемь, шестнадцать или двести пятьдесят шесть эмоций.

## Компьютер помнит всё

Чтобы это описать создана математическая теория эмоциональных роботов. Она предполагает произвольное количество базовых эмоций робота, не привязанное к конкретному числу. То есть при программировании можно ввести и две, и десять тысяч базовых машинных эмоций. В конечном счете, исходя из нынешних знаний, это всегда будет психология, отличная от человеческой.

Ещё пример. Человек по природе обладает коэффициентом памяти, меньшим единицы, и характеризующим ту часть полученной информации, которую он запомнил. При создании роботов можно задать коэффициент машинной памяти, равный единице — и в этом тоже будет разница между психологией робота и человека.

Надо думать, с развитием робототехники изучение взаимоотношений роботов с нечеловеческой психологией с живым человеком станет особенно актуальным.

## Эмоции — величина векторная

Создатели искусственного интеллекта задают психологам много вопросов.

Например, математики, разрабатывая модель комплексных эмоций робота, применяют векторный анализ. Допустим, что на внешний стимул у робота в качестве ответной реакции возникают одновременно все базовые эмоции. А потом его чип, исходя из возникшей комплексной эмоции, вычисляет базовую, которая и определяет психологическую реакцию робота на стимул.

А психологи считают, что у человека в ответ на стимул возникает только одна конкретная базовая эмоция, а не одновременно вся их совокупность. В таких условиях принцип одновременного появления комплексных эмоций в ответ на стимул ставит новую исследовательскую задачу для описания механизма эмоций человека.

Или другой пример. Математиками разработаны модели темперамента робота, численное значение которого определяется на основе сравнения индивидуальных темпераментов группы роботов.

Психологические методы определения темперамента человека основаны на генетических характеристиках этого человека. А это значит, что алгоритмы измерения темперамента роботов относительно их группы могут быть положены в основу новой методики определения темперамента отдельного человека относительно группы людей. Всё это пригодится в будущем.

## Миром правят гуманитарии

В обществе людей исторически правят гуманитарии. Технические науки лишь исполняют их социальный заказ. Однако в XXI веке влияние последних на первых становится всё более значительным. Мир развивается по колебательному принципу. Роль робототехники и искусственного интеллекта для человечества уже весома и с большой вероятностью будет расти.

По мнению авторов, особенно актуальными становятся исследования в области «мирного» и взаимовыгодного психологического сосуществования человека и роботов. Надо ожидать, что к этому очень активно подключится как психология, так и точные науки.

## Психология человека и робота

Существует множество суждений, касающихся опасности или безопасности широкого внедрения роботов в жизнь общества. Так, например, футуролог Рэй Курцвейл говорит: «Слияние человека с искусственным интеллектом (ИИ) принесёт людям пользу и улучшит качество их жизни».

Но в массовом сознании людей существует и другое мнение: «За последнее время ИИ развивается так быстро, что теперь не проходит и месяца без сообщений о прорывах в сфере ИИ. В самых разных областях человеческой деятельности компьютер все чаще начинает превосходить человека. И все чаще говорится о том, как ИИ повлияет на занятость людей. Не только дремучие обыватели, но и многумудрые эксперты опасаются, что по мере развития искусственного интеллекта людям будет оставаться все меньше работы,

а значит, будет расти количество безработных, которые экономически не смогут конкурировать с машинами».

Как правило, при высказывании прогнозов о вреде или пользе ИИ эксперты рассматривают лишь экономические угрозы человечеству, не затрагивая психологических аспектов.

Но на наш взгляд, все разговоры о роботах без обоснований с помощью математических формул и численных расчетов несут чисто гипотетический характер и являются скорее высказываниями личных убеждений, а не окончательной истины. Для того, чтобы дать обоснованные утверждения о пользе или вреде роботов, нужно, прежде всего, математически описать психологию роботов и психологию человека.

Создание персональных роботов идет по пути моделирования различных психических процессов человека, основными из которых на данный момент являются память и эмоции. В настоящее время существует множество различных теорий, посвященных построению таких моделей. Основным недостатком всех существующих теорий является то, что их авторы решают узкоспециализированные задачи и не описывают «общую психологию» роботов и человека в полном комплексе их деятельности.

Впервые попытку построить общую математическую теорию эмоций человека осуществил академик АН СССР В.П. Симонов еще в 70-х годах прошлого века. Им были предложены системы обыкновенных дифференциальных уравнений, на основании которых в зависимости от конкретного набора стимулов — входных параметров моделей — предлагалось строить графики эмоционального возбуждения человека в зависимости от времени. Однако уравнения В.П. Симонова носили, скорее, интуитивный характер и практикой не подтверждались.

В 1980-х годах исследованиями моделирования эмоций человека активно занялся профессор Калифорнийского университета (США) В. Лефевр. Им была создана, так называемая, математическая теория рефлексий, но она рассматривала узкий круг задач общей психологии человека, связанных, прежде всего, с описанием возможности совершения террористических актов человеком или группой лиц.

В Перми, начиная с 2006 года, под руководством профессора О.Г. Пенского активно проводятся исследования, посвященные математическому моделированию поведения эмоциональных роботов и принятия ими решений в зависимости от эмоционально воспитания и логического опыта. Математические модели создаются согласно хорошо развитой существующей гуманитарной общей теории психологии человека, а поэтому построение моделей осуществляется математиками при строгом контроле со стороны ученых-психологов. Это позволяет описывать формулами психологию роботов, аналогичную именно психологии человека, а не вымышленных абстрактных существ. Но в качестве входных «психологических» параметров моделей, позволяющих «вычислять» поведение роботов, разработчик роботов может задавать любые численные значения. Для описания психологического поведения конкретного человека входными параметрами математических моделей роботов являются численные характеристики, присущие этому человеку.

Прежде всего, мы рассмотрим гуманоидных, т.е. человекоподобных, роботов и постараемся оценить степень влияния искусственного интеллекта этих роботов на психологию человека и социум не на основе гуманитарных умозаключений, а согласно выводам, полученным из строгой математической теории, описывающей, в числе прочего, взаимоотношения робота и человека. Приведем лишь некоторые результаты математической теории «общей психологии» человекоподобных роботов, не вдаваясь в детали и нюансы этой теории.

Для математического описания формулами психологии человека пермские ученые используют введенные ими математические определения гуманитарных понятий эмоции, воспитания, логического опыта и, так называ-



емых, коэффициентов эмоциональной и логической кратковременной и долговременной памяти, которые характеризуют ту часть воспитаний и информации, которая не забывается роботом или человеком с течением различных промежутков времени.

Пермскими учеными введено понятие «цифровой двойник человека». Цифровым двойником человека назван эмоциональный робот, где входными параметрами математических моделей его «психологического поведения» являются психологические параметры, измеренные у конкретного человека. Отметим то, что цифровой двойник — это лишь некоторый психологический аналог, а не полная копия человека, так как создать психологическую точную копию человека невозможно в силу многочисленных нюансов личности каждого существа, не поддающихся при математическом описании общим закономерностям.

Отметим также, что в настоящее время в РФ разработано и распространяется в свободной продаже программное компьютерное обеспечение, позволяющее без больших трудностей измерять эмоции человека и его коэффициенты кратковременной памяти. Именно эти параметры необходимы для вычислений, позволяющих прогнозировать психологическое поведение цифровых двойников человека. Верификация натурными экспериментами математических формул, созданных в Перми и описывающих эмоциональное воспитание цифровых двойников, позволила сделать вывод, что средняя относительная погрешность отклонения результатов вычислений воспитаний от реальных воспитаний человека не превышает 14%, т.е. математическая модель воспитания цифровых двойников может быть использована в первом приближении и при описании психологии человека.

На основе математического моделирования психологических процессов цифровых двойников доказана теорема, говорящая о том, что численное значение эмоционального воспитания двойника ограничено конкретным числом, присущим каждому цифровому двойнику, если его коэффициент эмоциональной памяти меньше константы, которая, в свою очередь, меньше единицы. Таким образом, постоянно воспитывать цифрового двойника человека не имеет смысла, так как с увеличением воспитательных стимулов ответная итоговая эмоциональная реакция двойника на воспитание уменьшается и стремится к нулю.

Анализ полученных математических моделей показывает, что для устранения ограничения воспитания необходимо, чтобы цифровой двойник умел обобщать получаемую им информацию и воспитание. Для этого необходимо, чтобы двойник обладал не только кратковременной, но и долговременной памятью.

В качестве примера практического применения этого утверждения можно предложить сценаристам и режиссерам различных длительных медиа проектов, состоящих из отдельных передач, создавать свои программы с учетом возможности обобщения аудиторией той информации и воспитания, которые были получены в результате передач, предшествующих каждой последней передаче медиа проекта.

На основе предложенных в Перми формул долговременной памяти цифровых двойников создана компьютерная программа, позволяющая вычислять коэффициенты кратковременной памяти человека.

Также доказана теорема о том, что при непрерывном воспитании двойника, для которого коэффициенты кратковременной памяти стремятся к единице с увеличением количества стимулов (что означает превращение двойника в робота с абсолютной памятью, т.е. с течением времени забывающего все меньше и меньше информации), воспитание двойника стремится к бесконечности или становится неограниченным. Эта теорема позволяет дать следующее определение: фанатиком называется цифровой двойник человека, который с течением времени стремится к двойнику с абсолютной кратковременной памятью.

Отметим то, что определить, является ли двойник фанатиком («фанатом») для шоу-биз-



неса) или таковым не является, можно использовать разработанное в РФ программное обеспечение. Также следует отметить то, что для воспитания фанатиков вовсе не обязательно стремиться к тому, чтобы цифровые двойники человека умели обобщать полученное воспитание: важно лишь то, чтобы кратковременная память воспитуемых стремилась к абсолютной памяти об эмоциональном восприятии каждого нового факта, то есть психологического стимула, порождающего нужные воспитателю эмоции.

Математическая теория роботов с неабсолютной памятью позволяет описывать взаимоотношения цифровых двойников, входящих в одну группу и позволяет, например, прогнозировать эмоциональные конфликты в группе. Анализ математических моделей эмоциональных конфликтов показал, что при одинаковой эмоциональности каждого двойника в группе, двойники никогда не будут конфликтовать, если, например, их коэффициенты эмоциональной памяти равны 0.333, 0.500, 0.143. И таких антиконфликтных коэффициентов памяти существует бесконечное количество. Этот результат важен в связи с тем, что, подбирая цифровых двойников с антиконфликтными коэффициентами памяти, можно избежать психологических неурядиц, например, в группе роботов.

Начиная с 2019 года, исследования в Пермском госуниверситете проводятся при активном участии ученых Израиля. Так, например, благодаря этому международному сотрудничеству, были впервые разработаны математические модели для вычисления коэффициентов влияния одного человека на другого. Коэффициенты влияния могут использоваться для выявления психологического лидера в группе: чем больше коэффициент влияния первого двойника по отношению ко второму, тем сильнее второй двойник зависит от поведения первого двойника. В результате численных экспериментов показано, что лидером в группе становится цифровой двойник с наименьшим коэффициентом влияния, наибольшим воспитанием и коэффициентами кратковременной и долговременной памяти. На основании формул для коэффициентов внушаемости (коэффициентов влияния) не составляет труда математически описать даже такое явление, как индивидуальный или групповой гипноз и создавать роботов, лично преданных своему хозяину — человеку.

На основе математического определения эмоции цифрового двойника разработана формула вычисления преобладающего темперамента и создана компьютерная программа вычисления темперамента человека по амплитуде его голосового общения. Программа позволяет определить численное значение темперамента испытуемого в течение шести секунд. Алгоритм работы программы основан на нормировании вычисленных тем-

пераментов большой группы людей с известными численными значениями темпераментов и позволяет определить численное значение преобладающего темперамента двойника относительно этой группы. Численное значение темперамента измеряется на полуинтервале (0,1). Чем ближе значение преобладающего темперамента к единице, тем ближе человек к ярко выраженному холерику.

Верификация расчетов натурными экспериментами на основе известных психологических тестов показала, что правильность вычисления преобладающего темперамента относительно группы людей из 120 человек равна 16%. Отметим то, что согласно исследованиям психологов холерик наиболее склонен к творческой работе, сангвиник принимает, как правило, обдуманные и правильные решения, а флегматики и меланхолики способны длительное время выполнять нудную и нетворческую работу. Поэтому знание преобладающего темперамента человека можно использовать для определения вида его трудовой деятельности, например, при работе в компании.

Созданная математическая теория роботов с неабсолютной памятью на основе моделей амбивалентных эмоций позволяет с помощью существующих компьютерных технологий без психологического тестирования человека определить, является человек злопамятным или незлопамятным. Программа определения этих качеств человека основана на подсчете количества микровибраций головы испытуемого в течение четырех минут эксперимента с помощью установленной на компьютер видеокамеры. Верификация натурными экспериментами показала, что предложенная методика выявления злопамятных и незлопамятных людей работает с точностью 87%.

Остановимся на описании результатов пермских ученых, посвященных «взаимоотношению» роботов и цифровых двойников человека.

Будем считать, что робот в отличие от цифрового двойника человека обладает абсолютной памятью, т.е. ничего не забывает. В теории цифровых двойников математически строго доказана теорема, утверждающая, что роботы с абсолютной памятью опасны для человека.

Под опасностью для человека следует понимать психологическое подавление роботом с абсолютной памятью личности цифрового двойника. Очевидно, что необходимым условием безопасности робота для цифрового двойника человека является отсутствие у робота абсолютной памяти.

Очевидно, что компьютер, не зараженный вредоносной программой, является роботом с абсолютной памятью. Поэтому следующая теорема, на наш взгляд, не менее важна: «Любой цифровой двойник, длительное время работающий за компьютером, обязательно приобретет компьютерную зависимость».

Под компьютерной зависимостью будем предполагать психологическое подавление компьютером цифрового двойника человека. В настоящее время мы повсеместно наблюдаем компьютерную зависимость человека от мобильных устройств, так как гаджетами длительно пользуются почти все жители городов России, и человек уже теряет чувство уверенности, если при выходе на улицу он забывает мобильное устройство дома. К сожалению, компьютерной зависимости, как утверждает теорема, не может избежать ни один из нас.

Дополнительно опишем еще один из результатов теории, который может использоваться на практике и который говорит о математическом правиле эффективного формирования общественного сознания с помощью медиа проектов.

Пусть в воспитании цифровых двойников используются средства массовой информации. Очевидно то, что в решении вопросов эффективного формирования общественного сознания важен интерес аудитории к медиа-проектам.

В монографии «Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей» предложена формула интереса цифровых двойников к программам СМИ. Исследование математической модели интереса показало, что этот интерес, прежде всего, зависит от эмоционального восприятия цифровым двойником передач проекта и коэффициента эмоциональной памяти двойника. Для того, чтобы рассчитать план выпуска передач медиа-проекта при условии неизменного интереса к нему аудитории (что обеспечивает неумножение рейтинга проекта) была разработана специальная компьютерная программа.

Анализ математической модели интереса дает основание утверждать, что при большом количестве непрерывных трансляций передач медиа проекта для сохранения постоянного интереса аудитории к проекту необходимо делать пропуски в трансляции передач, причем количество этих пропусков должно быть на единицу меньше количества непрерывных трансляций.

Математическая теория, создаваемая проф. О.Г. Пенским и его учениками, позволяет исследовать, в числе прочего, поведение групп роботов. Так в Перми решили математически описать жизнь искусственной Вселенной роботов, названной авторами виртуальным миром. При этом за основополагающие принципы существования Вселенной были взяты законы диалектики Гегеля. Пермскими учеными предложены математические модели развития виртуального мира, позволяющие описывать формулами законы диалектики: единства и борьбы противоположностей, перехода количества в качество и отрицания отрицания.

Модели функционируют при условии, что существует конкретно поставленная цель диалектического развития, выраженная набором чисел — вектором цели. Пока сложно говорить о том, что эти модели описывают в точности реальный мир, так как реальный мир имеет множество нюансов, которые разработанными моделями не предусматриваются. Поэтому для научной осторожности пермские ученые употребили термин «виртуальный мир».

Однако, изучая виртуальный мир, включающий нюансы реального мира, можно определить наиболее значимые процессы, происходящие в окружающем мире, например, выявлять новые экономические циклы и тенденции развития экономики и социума — вплоть до вычисления времени перехода системы в новое качество. Для вычисления этого времени разработана специальная компьютерная программа.

Отметим то, что верификация математических моделей диалектики законами классической механики, описывающими механическое движение как части реального мира, подтвердила правильность предлагаемых математических моделей.

Таким образом, приведенное описание небольшого количества результатов исследований в моделировании цифровых двойников человека и виртуального мира позволяет утверждать, что эти модели могут с некоторым приближением применяться при описании психологии реального человека и реального мира. Следует отметить, что именно математизация общей психологии человека позволит, прежде всего, правильно управлять как поведением социума, групп роботов, так и использоваться при создании нового класса компьютерных игр, учитывающих психологические особенности героев, присущие конкретным людям.

В завершение рассмотрения проблем человека и ИИ с позиции психологии, следует отметить, что современные математические модели экономики практически не учитывают человеческий фактор при принятии управленческих решений и проведении их в жизнь. Поэтому в настоящее время особую актуальность приобретает создание математической теории общей психологии человека, диалектического развития человеческого социума и макроэкономики.

А тут получается, что на данный момент несомненным приоритетом в решении задач математизации общей психологии человека и математизации общих принципов развития социума обладает научная группа возглавляемая профессором О.Г. Пенским, которая занимается математическим моделированием психологического поведения, так называемых, цифровых двойников, являющихся психологическими аналогами человека, описывает опасности искусственного интеллекта для человека с точки зрения психологии, предлагает общие модели диалектического развития виртуального мира цифровых двойников, человеческого социума и макроэкономики.

Но это, так сказать взгляд за горизонт взаимоотношений человека и ИИ сбоку. А что прямо по курсу?

Слово футурологу.

## Глупость, жадность и еще раз глупость — вот три главные угрозы человечеству

Уже сейчас, в 2020-е годы, человечество столкнется с проблемами, три из которых представляют реальную угрозу для его существования, уверен футуролог Юваль Ной Харари.

Своими предсказаниями он поделился на форуме в Давосе. Представляем вниманию читателей мнение израильского футуролога в пересказе корреспондента РБК Анастасии Андреевой.

Выступая на Всемирном экономическом форуме в январе 2020 года, израильский историк, футуролог, профессор Еврейского университета в Иерусалиме Юваль Ной Харари

очертил три вызова, угрожающие человечеству как виду:

- ядерная война;
- экологический кризис;
- разрушительная сила технологий.

Если первые две нам в той или иной степени знакомы и понятны, то потенциальные последствия последней нам еще только предстоит осознать, отметил Харари.

Технологии, помимо очевидной пользы, несут в себе массу рисков. В своих предсказаниях писатель-футуролог сконцентрировался именно на них, выделив пять потенциальных проблем.

## «Бесполезные» люди

Автоматизация скоро уничтожит миллионы специальностей. Безусловно, на их место придут новые профессии, но пока неясно, смогут ли люди достаточно быстро освоить необходимые навыки. Предположим, вам 50 лет, и вы только что потеряли свое рабочее место из-за беспилотников. Теперь появилась возможность стать разработчиком программного обеспечения или учителем йоги для инженеров, но сможет ли пятидесятилетний водитель грузовика перестроиться и проявить себя в качестве такого специалиста? И перекалцифицироваться нам придется не раз и не два, а снова и снова на протяжении всей жизни.

Если в прошлом человеку приходилось бороться с эксплуатацией, то в XXI веке действительно масштабная борьба будет вестись против бесполезности. И гораздо хуже будет оказаться не у дел, чем быть эксплуатируемым.

Те же, кто потерпит неудачу в этой борьбе, станут частью своеобразного «бесполезного класса» с точки зрения экономической и политической системы. Это, в свою очередь, будет способствовать росту разрыва между не нашедшими себя в новом мире людьми и могущественной элитой.

## Неравенство между странами

Мы уже находимся в разгаре «гонки вооружений» во всем, что касается искусственного интеллекта (ИИ). Сейчас Китай и США в ней лидируют, оставив многие другие страны далеко позади. Если мы не распределим возможности и результаты, которые дает нам ИИ, между всеми людьми, огромное богатство будет сконцентрировано только в нескольких высокотехнологичных центрах, тогда как остальные государства либо обанкротятся, либо станут эксплуатируемыми цифровыми колониями.

При этом речь идет о достаточно примитивном ИИ, которого, тем не менее, достаточно, чтобы нарушить глобальный баланс.

Представьте себе, что будет с развивающимися экономиками, если текстиль или автомобили будет дешевле производить в Калифорнии, чем в Мексике? А что будет, если лет через 20 кто-нибудь в Сан-Франциско или Пекине будет знать все личные данные о каждом политике, судье и журналисте вашей страны? Будет ли страна по-прежнему независимой или станет цифровой колонией? Когда у вас достаточно данных, вам не нужно отправлять солдат, чтобы контролировать государство.

## Цифровая диктатура

Неравномерный контроль над данными может привести к цифровым диктатурам.

Эту опасность можно сформулировать в виде уравнения:  $V \times C \times D = ANN$ , где  $V$  — биологические знания,  $C$  — компьютерные вычисления,  $D$  — данные, а  $ANN$  — способность «взламывать» людей.

Если у вас будут на руках все переменные в левой части формулы, вы сможете взломать тело, мозг и сознание каждого человека, а также понять его лучше, чем он сам. Вы сможете узнать его тип личности, политические взгляды, слабости, самые потаенные страхи и надежды.

Система, которая понимает нас лучше, чем мы сами, может предсказать наши чув-

ства и решения, манипулировать ими и в конечном итоге принимать решения за нас.

Конечно, умение «хакнуть» человека может быть использовано и во благо. Например, для улучшения системы здравоохранения. Но если такая власть попадет в плохие руки, результатом станет самый страшный тоталитарный режим в истории человечества.

Представьте себе условную КНДР через 20 лет, где каждый житель должен будет постоянно носить биометрический браслет, контролирующей кровяное давление, частоту сердечных сокращений и активность мозга.

И вот вы слушаете по радио выступление великого лидера, а спецслужбы уже знают, что вы на самом деле при этом чувствуете. Вы можете сколько угодно хлопать в ладоши и улыбаться, но если они узнают, что вы на самом деле злитесь, завтра вы уже будете в ГУЛАГе.

## Во власти алгоритмов

Поскольку люди будут все чаще предоставлять ИИ возможность принимать решения за нас, власть будет переходить от людей к алгоритмам. И это уже происходит.

Сегодня миллиарды людей доверяют алгоритмам Facebook, Google, Netflix, Amazon и Alibaba, демонстрирующим, рекомендуемым, предлагающим, что почитать, посмотреть, купить и чему вообще верить. Скоро подобные алгоритмы будут говорить нам, где работать и на ком жениться, а компаниям — следует ли нанимать нас на работу и выдавать ли нам кредит. В связи с чем возникает вопрос: каков тогда смысл человеческого существования, если большинство решений принимается компьютерами? Люди могут просто потерять контроль над своей жизнью.

## Уничтожение человечности

Технологии могут разрушить не только экономику, политику и жизненную философию, но и наше биологическое устройство.

В ближайшие десятилетия ИИ и биотехнологии дадут нам невероятные способности, включая искусственное создание людей и совершенно новых форм жизни. Правительства, корпорации и военные могут использовать эти возможности для улучшения таких человеческих навыков, как интеллект и дисциплина, при этом пренебрегая другими, не столь нужными для их целей навыками и формируя пласт людей, не способных к состраданию, чувству прекрасного и духовным переживаниям.

## Вместе за одно

Так что же надо для начала понимать, чтобы не допустить такого развития событий? То, что глобальные проблемы требуют общемирового решения, сотрудничества. При этом, между национализмом и глобализмом, подчеркивает Харари, противоречия на самом деле нет.

Национализм — это не про ненависть к чужим, а про любовь к своим. В XXI веке, чтобы обеспечить безопасность и будущее соотечественников, нужно сотрудничать с представителями других стран ради общего блага. Теперь глобализм не означает создание глобального правительства, отказ от национальных традиций или миграции, но приверженность глобальным задачам, которые не отрицают уникальность каждой нации, а лишь регулируют отношения между народами. И хорошим примером такой модели Юваль Ной Харари называет чемпионат мира по футболу.

С одной стороны, чемпионат мира — это соревнование, но в то же время он является удивительным примером глобальной гармонии, где команды договариваются об одинаковых правилах игры. Если вам нравится чемпионат мира — вы уже глобалист.

Сейчас мы живем в мире, в котором на войне умирает меньше людей, чем от самоубийств, и порох гораздо менее опасен, чем сахар. Мы настолько привыкли к этой ситуации, что считаем ее чем-то самым собой разумеющимся. И вместо укрепления хрупко-

го мирового порядка многие страны пренебрегают им и даже намеренно его подрывают. Глобальный порядок теперь похож на дом, в котором жильцы ничего не ремонтируют. Он может простоять еще несколько лет, но если мы продолжим в том же духе, он рухнет, и мир снова окажемся в джунглях вездесущей войны, предупреждает Харари.

Все это, конечно, не приговор, а лишь сценарии развития. Любые процессы можно изменить, а технологии использовать во благо. Мы все еще можем повлиять на то, как будет выглядеть будущий мир, для этого и необходимо международное сотрудничество. Потому что в ситуации с вышеречисленными глобальными угрозами на самом деле не важно, кто победит — проигравшим станет человечество, заключает израильский историк, футуролог, профессор Еврейского университета в Иерусалиме Юваль Ной Харари.

Чтобы не проиграть в состязании, надо хорошо знать партнера-противника. Что из себя представляет ИИ в формате одного из основных механизмов очередной промышленной революции и что это даст человечеству, рассказывает Дмитрий Соколов, руководитель отдела консалтинга и интеграции Orange Business Services в России и странах СНГ.

## Индустрия 4.0: Big Data, цифровизация и рост экономики

Индустрия 4.0 — это синоним четвертой промышленной революции. Ее важнейшие элементы — киберфизические системы, умное производство, интернет вещей, большие данные и другое.

Что может дать новая промышленная революция человечеству?

Она зарождается уже сегодня. Ее основа — автоматизация и роботизация, умные транспортные средства, технологии машинного обучения и анализ Big Data. Можно сказать, что Индустрия 4.0 — это слияние бизнеса, производства и общества с цифровыми технологиями.

## Основные элементы Индустрии 4.0

В отличие от уже свершившихся первой, второй и третьей промышленных революций, суть четвертой не только в появлении новых технологий, но и в интеграции уже существующих в одну систему. Так, в облачных вычислениях, в Интернете вещей (IoT), в Виртуальной реальности (VR), в сфере информационной безопасности появились новые технологии, которые как раз и позволили наработки за 20–30 лет принести в реальное производство, сделать их доступными для широкого использования. Все кусочки пазла уже есть, осталось лишь дожидаться, когда из них соберут единую картину. Но каковы главные элементы четвертой промышленной революции?

## Киберфизические системы

Так называют гибрид технологий и физических процессов, например, умное производство. Главная идея киберфизических систем — максимальная автоматизация, частичное или полное исключение человека из производственных и бизнес-процессов. Проблема в том, что, человек — это всегда слабое звено. Человеческий фактор очень часто является причиной ошибок, неточностей, в результате чего бизнес терпит убытки. А в некоторых отраслях промышленности человеческая ошибка и вовсе может привести к трагическим последствиям, например, к травмам на производстве.

Киберфизические системы позволяют улучшить производственные процессы, обеспечивая в real-time режиме обмен данными между такими элементами, как промышленное

оборудование, логистика, системы управления бизнесом и клиентами. Кроме того, киберфизические системы позволяют в автоматическом режиме вести мониторинг, а также контролировать весь процесс, включая адаптацию производства под текущие нужды клиентов.

Так, компания Toshiba использует киберфизические симстемы в проекте виртуальной электростанции. В ее конструкции предусмотрены IoT-решения для координации работы распределенных источников энергии и использования ресурсов. ИИ-технологии и IoT позволяют оптимизировать энергопотребление системы, а также прогнозировать этот показатель в ближайшем будущем. Итог — максимальная эффективность работы станции.



Под киберфизическими системами подразумевают не только производство, но и, например, беспилотные автомобили, которые «знают», что происходит вокруг и способны общаться друг с другом. Такие транспортные средства «видят» происходящее вокруг благодаря лидарам, радарам, камерам и IoT-датчикам, и способны изменять маршрут в зависимости от обстоятельств. Еще один пример — умные магазины без продавцов.

Небольшое отступление от текста Дмитрия Соколова. Про «умный магазин». Сейчас под «умным магазином» подразумевают торговые площади, оборудованные системой идентификации товаров, позволяющие при выходе из магазина автоматически списывать со счета покупателя стоимость приобретенного им товара. То есть, магазин не только без продавцов, но и без кассиров, благодаря системе электронной идентификации товара.

Но такой магазин, пожалуй, нельзя назвать совсем «умным». Это, скорее, «полу-умный магазин». В том плане, что идея не хватает логического завершения — полностью роботизированных процессов выбора покупателем товара, упаковки индивидуального заказа, расчетов с владельцем товара и передачи товара покупателю. Благо, что современный уровень развития техники и обмена информацией уже сейчас позволяет открывать полностью автоматизированные магазины.

Полностью автоматизированный магазин — это торговля без прямого использования самой ненадежной функциональной единицы — человека. Видится это, как зал с витринами для товаров, по которому перемещаются автоматические тележки, управляемые удаленными покупателями. Тележки с памятью, в которой заложено, где на какой витрине какой товар находится. Кроме того, тележки снабжены видеоканерами для обзора товара и манипуляторами для захвата товара, его перемещения перед видеокамерой, чтобы лучше рассмотреть и, если товар понравится, перенести в тележку для дальнейшего перемещения по залу. После завершения автоматизированного шопинга, происходит оплата товара, упаковка товара и передача в зал получения товара. Все в автоматическом режиме.

Полностью автоматизированный магазин — это автоматическое решение проблемы воровства товаров. Не нужна многочисленная охрана и прочий оперативный персонал, включая кассиров и уборщиц. Если через те же тележки автоматизировать и выкладку товаров на витрины, то и персонал лишится

возможности воровать. Все будут операторами, которым доступ в зал ни к чему.

Ну, и по мелочам кое-какая экономия набирает при полной автоматизации:

— торговые площади в разы сокращаются, если автоматические тележки подвесными сделать и пустить по верхнему ярусу над сплошным витринным полем;

— тотальное электроосвещение ни к чему становится, достаточно хорошо поставленного локального света с тележек;

— температуру в торговом зале можно будет держать не комфортную для покупателей, а необходимую и достаточную для сохранности товаров.

Вот так такие магазины можно уже без всяких оговорок заявлять, как об «умных

магазинах», где рабочим персоналом станут «магазинные беспилотники» — роботы от начала и до конца участвующие в процессе обслуживания покупателей.

## Умное производство

В будущем заводы и фабрики смогут совершенствоваться и модернизироваться самостоятельно, то есть без или с минимальным участием человека. Бизнес-процессы, логистика, производственные циклы будут постоянно оптимизироваться в автономном режиме. Немалую роль в этом процессе сыграет предиктивная аналитика. На основе анализа больших объемов данных, можно будет предсказать вероятность поломки элемента системы или целого устройства, и заменить компонент еще до того, как он полностью выйдет из строя.

Пример такого умного завода — Siemens Electronic Works в Амберге, Германия. Участие человека здесь сведено к минимуму, а умная система самостоятельно следит за функционированием 1,6 млрд компонентов. Она же устанавливает нормы производства и управляет логистическими потоками.

## Интернет вещей (IoT)

Как уже упоминалось выше, киберфизические системы и умное производство невозможны без интернета вещей (IoT). Умные устройства, сенсоры и датчики подключаются к IoT-платформам, которые анализируют поступающую извне информацию. Результаты анализа служат основой для дальнейшего планирования работы отдельных элементов и систем, частью которых они являются.

IoT активно используется уже сейчас: на производстве, в логистике, мореходстве и других отраслях. Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют умным системам реагировать на различные внешние факторы, адаптируя к текущим условиям режим своей работы. Благодаря этому производственные процессы не прерываются.

Промышленный интернет вещей развивается весьма активно. Так, в 2018 году инвестиции в эту отрасль увеличились на 50%. В 2020 году объем российского рынка IoT составит 270 млрд рублей.

## Большие данные и аналитика

Четвертая промышленная революция невозможна без оперативной обработки огромного количества данных, поставляемых тысячами сенсоров и умных устройств. Так, лишь одно судно компании Maersk Group, оснащенное умными датчиками, ежедневно передает около 2 ТБ данных. На умном корабле отслеживают погодные условия, режим работы двигателей, маршруты соседних судов и многие другие факторы.

Такой тщательный мониторинг позволяет значительно повысить безопасность морепла-

остаивающиеся станки, если человек входит в опасную зону.

Компания Rio Tinto внедрила похожее решение на металлургическом производстве в Канаде. Оно позволило снизить показатель частоты производственного травматизма на 70%. За несколько лет он снизился с 0,90 до 0,24.

## Обучение

Для того, чтобы соответствовать новым вызовам, придется все время учиться, проходить курсы профессиональной подготовки и переподготовки. Постепенно университеты будут интегрироваться с EdTech, включая онлайн-курсы и буткемпы. Повышение уровня и качества образования — важный фактор стимулирования экономики. Так, если развивающимся странам удастся увеличить охват населения средним, профессиональным и высшим образованием на 7%, то ВВП поднимется на 2%.

Согласно прогнозам экономистов Всемирного банка, к 2050 году общая численность квалифицированных работников, которые получали образование в течение девяти или более лет, вырастет на 33% по сравнению с 2011 годом.

## Все остальное

Индустрия 4.0 также приведет к:

- Другому отношению к физическому труду. Роль такого труда будет постепенно снижаться, поскольку рутинные операции будут выполнять машины.
- Максимальной индивидуализации. Личность человека будет играть очень важную роль. Благодаря тому, что IT-компании станут получать все больше персональных данных своих пользователей, они смогут создавать максимально персонализированный контент. Появятся кастомизированные виртуальные миры, пользователь будет все глубже погружаться в цифровую среду.
- Изменению структуры рынка труда. Творческие возможности человека станут главной ценностью на рынке труда, прежде всего будет цениться интеллект. А вот значение некоторых рабочих специальностей снизится.
- Росту экономики. Новая промышленная революция даст мощный толчок глобальной экономике. Так, технологии искусственного интеллекта обеспечат около 14% роста глобального ВВП. Это около \$15,7 трлн.

Индустрия 4.0 уже начинает менять мир, и наступление новой промышленной революции неотвратимо. Она несет с собой значительные риски, поскольку глобальные изменения всегда ослабляют стабильность общества. Но если вовремя реагировать на острые социальные вызовы, вводить новшества постепенно, интегрируя их с существующими решениями, то многих проблем можно избежать. Это был взгляд за горизонт развития ИИ руководителя отдела консалтинга и интеграции Orange Business Services в России и странах СНГ Дмитрия Соколова.

В завершение обзора перспектив вхождения в нашу жизнь ИИ во всем его могуществе и со всеми его слабостями, стоит, наверное, сказать, что «не так страшен черт, как его Малюта». ИИ нам ничем не грозит, более того, симбиоз человека и его творений открывает перед нами большие возможности. Синергетика во всей красе.

И только от нас зависит, как эта синергетика проявится. Преобладают ли в обществе первобытные воинствующие инстинкты, и мы привлечем ИИ к разработкам всякого непотребства, начиная с плеванья друг в друга и кончая созданием универсального оружия для уничтожения всего и вся, в первую очередь, себе подобных, или общественный запрос обратит мозги и таланты разработчиков ИИ на более достойные и благородные цели.

ИИ сейчас дитя малое, на воспитании родителей-разработчиков находящееся, а уж что с того вырастет и как проявится, зависит от родителей и общества, в котором ИИ «жить будет».

вания, автоматизировать часть процессов (например, декларацию грузов в портах), оптимизировать бизнес-процессы. Но собранные объемы информации необходимо постоянно обрабатывать и анализировать в режиме реального времени. Судорождство это, конечно, лишь один из примеров. Аналитика больших данных эффективна в самых разных отраслях.

## Индустрия 4.0 и общество

Любые изменения в экономике, особенно такие кардинальные, как новая промышленная революция, оказывают сильное влияние на жизнь общества. Какие же перемены несет за собой Индустрия 4.0?

## Сфера трудоустройства

По мнению технологических экспертов, футурологов и ученых, к 2030 году более 60% профессий будут автоматизированы. Только в России машинами заменят до 35 млн человек. Тем не менее, бояться того, что роботы станут причиной массовой безработицы, не стоит.

Через 10 лет появятся новые профессии и, соответственно, рабочие места. В одной только IT-сфере будет создано от 20 до 50 млн рабочих мест.

Для того, чтобы получить новую работу, 375 млн человек придется пройти профессиональную переподготовку. Это стоит того — благодаря переквалификации как минимум 95% потерявших работу специалистов смогут найти новое место.

## Охрана труда

Уже сейчас промышленные компании начинают внедрять умные системы охраны труда. Так, одна из горнодобывающих компаний Австралии внедрила на предприятии интернет вещей для отслеживания перемещений сотрудников в опасных зонах. Если человек подходит близко к какому-либо агрегату во время его работы, оператор оборудования получает соответствующий сигнал и принимает меры. Есть и полностью автоматические системы,

16-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

# MetroExpo'2020

## ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

1–3 декабря  
Москва, ВДНХ, пав. 55



### Новый гибридный формат выставки офлайн + онлайн



**Стирает границы**

неограниченное количество участников со всего мира



**Увеличивает охват**

использование искусственного интеллекта для формирования рекомендаций и нетворкинга



**Упрощает коммуникации**

благодаря современным IT-технологиям



Платформа представлена в связке классических веб-страниц и приложения для IOS и Android.

**ОРГАНИЗАТОР:**

Выставочная компания «ВЭСТСТРОЙ ЭКСПО»

Телефон/Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

E-mail: metrol@expoprom.ru



[www.metrol.exprom.ru](http://www.metrol.exprom.ru)