

Путешествия, открытия

УДК 629.12:551.467

doi:10.15356/2076-6734-2016-1-119-127

Пайкерит – льдокомпозит Второй мировой войны

© 2016 г. О.В. Ковалев, М.Н. Андреев, В.В. Райс*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

*victorrvv@mail.ru

Pykrete is the frozen composite material of the World War II

O.V. Kovalev, M.N. Andreev, V.V. Rice*

National Mineral Resources University (Mining University), St. Petersburg, Russia

*victorrvv@mail.ru

Article accepted for publication on October 14, 2015

Keywords: *frozen composite, pykrete, the ship of ice, use of the reinforced ice.*

Summary

During the war, government of the allies considered the construction of ice structures converted from artificial icebergs into aircraft carriers. The idea to use ice for construction of floating aerodromes, or giant aircraft carriers, was launched by Geoffrey Pyke, and then was developed in a project called «Habbakuk». Aircraft carriers, made of ice, had to work for a long period of time at temperatures of water and air, resulting in rapid destruction of the structure of ordinary ice. The ice in its pure form is unsuitable for any engineering form therefore the experiments on reinforcement of ice were undertaken. New form of ice engineering was based on the type of reinforcement patterns of ice and coating it with an insulating material, which would greatly reduce the influence of melting due to the temperature of the ambient air. After tests with different substances and proportions, it was found that the mixture of ice with wood pulp, amounting to about 14%, gives the best result of reinforcement. Proposed dimensions of «Habbakuk» were 610 m (2000 ft) long, 90 m (300 feet) in width and a height of 60 m (200 ft). In 1943, on the surface of the lake Patricia a reduced model to test the viability of the project was constructed. Development of improved long-range aviation, the airbase in Iceland and other technological advances contributed to the successful elimination of the threat from submarines, so the project had been suspended. The technology of strong ice structures invented during the World War II time can still have practical applications today.

Статья принята к печати 14 октября 2015 г.

Ключевые слова: *использование упрочнённого льда, корабль изо льда, льдокомпозит, пайкерит.*

Приведён исторический опыт по созданию авианосца из композиционного материала – сверхпрочного льда, представляющего собой замороженную смесь хлопковой ваты или целлюлозы с водой. Указаны причины, по которым чистый лёд не пригоден для ледового инжиниринга. Рассмотрены физико-механические свойства льдокомпозитного материала пайкерита, проблемы при его создании и использовании, а также размеры предполагаемого авианосца. Даны выводы относительно идеи осуществления оригинального проекта и возможности современного использования пайкерита в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях.

Введение

В период Второй мировой войны подводные лодки немцев фактически блокировали Великобританию от остального мира. Наиболее значимые поставки в Соединённое Королевство США осуществляли через Атлантический океан. Защищать суда на этом маршруте могла бы авиация, однако тактическая дальность полёта штурмовиков и бомбардировщиков не позволяла им прикрывать караваны во всех уголках Атлантики, поэтому самые тяжёлые потери на море были

в центральных районах, где конвой оставался под охраной лишь ограниченного числа военно-морских судов эскорта. Только в ноябре 1942 г., как свидетельствует информационно-политический журнал «Шпигель» [5], от атак немецких подводников американцы и англичане потеряли 134 судна или 860 тыс. брутто-регистрационных тонн (до 1969 г. – единица объёма полезного груза, что соответствует 2435 тыс. м³). Именно в это время Англия несла самые большие ежегодные потери. Решить данную проблему помогло бы создание авианосцев, однако острая нехватка

ресурсов в стране, особенно стали, необходимой для постройки кораблей, заставила учёных и инженеров искать доступные материалы.

Идея

Согласно архивным источникам [7], правительства союзников ещё во время войны изучали возможность строительства военных кораблей из льда. Лорд Луис Маунтбеттен, глава «Объединённых операций» британской организации, отвечающей за развитие наступательного вооружения, смог добиться рассмотрения данной идеи на межгосударственном уровне. За год до этого британский инженер Джеффри Пайк (фото) предложил возвести авианосец из льда вместо стали, который можно было бы использовать в качестве транспортного средства. Основа идеи была высказана начальнику, лорду Маунтбеттену, и состояла в использовании льда как стратегического материала. Было предложено отбуксировать в Центральную Атлантику какой-нибудь айсберг или большие льдины для использования их в качестве авиабазы. «В конце 1942 года британское адмиралтейство выдало заказ на разработку эскизного проекта авианосца для противовоздушного и противолодочного прикрытия союзнических атлантических конвоев» [3]. После того, как морское ведомство Великобритании выделило финансовые средства, Пайк приступил к воплощению идеи.

Первоначально речь шла о простом «спиливании» вершук айсбергов, оснащении их двигателями, системами связи и направлении в зону боевых действий с группой самолётов на борту. Новая идея проверялась Национальным исследовательским советом (НИС) Канады и британским правительством, которые начали совместный секретный проект.

Первая цель практических исследований — определение прочности плавучих льдин и длительности их нахождения в Атлантике. Установили, что природные айсберги непригодны, так как основная их часть находится под водой, а для устройства взлётно-посадочной полосы необходима значительная открытая поверхность. Известно, что осадка (погружённость) для плавучих «пресных льдов составляет около 9/10, а для морских — до 5/6 их толщины» [1]. Столовые



Джеффри Пайк, предложивший построить авианосец из льда [8]
Geoffrey Pyke who proposed to build an aircraft carrier from ice [8]

ледяные горы подходящей конфигурации — исключительная редкость, к тому же их транспортировка представляет собой довольно трудоёмкий процесс. Льдины из Северного Ледовитого океана, как правило, слишком тонкие, отличаются высокой скоростью таяния и недостаточной прочностью.

Исследования доказали, что «обычный» лёд очень непрочен при растяжении, в нём легко распространяются трещины и — что хуже всего — его прочность очень непостоянна, поэтому разбомбить или торпедировать айсберг не составило бы никакого труда. Чтобы создать на айсберге авиабазу, он должен быть настолько большим, чтобы по длине на нём вместились, по крайней мере, две атлантические волны; во время шторма их бывает примерно 5–6 на милю. В этом случае, как показывали результаты расчётов, он сломается как балка при изгибе [2]. Таким образом, лёд в его естественном виде был абсолютно непригоден для реализации в любой форме инженерии, поэтому от проекта почти отказались, пока не усовершенствовали идею использования упрочнённого льда. По обе стороны Атлантики проводили различные эксперименты с целью увеличения прочности льда, а также уменьшения его хрупкости и улучшения пластических свойств. С инженерной точки зрения научных знаний о свойствах льда было совершенно недостаточно.

Эксперименты

Продолжение дальнейших исследований потребовало объединения учёных и инженеров в консультативную группу, которая установила, что эксперименты невозможно провести в необходимых масштабах в условиях умеренного климата. Помощь в решении этого вопроса оказало правительство Канады, способствовавшее развитию исследований в течение нескольких зимних месяцев на своей территории под руководством д-ра Ч.Дж. Маккензи — президента Национального научно-исследовательского совета Канады.

Первый этап экспериментов по армированию льда был аналогичен изготовлению железобетона. Испытания проводились на оз. Луиза с использованием деревянных балок до 12 м в длину (40 футов), однако удовлетворительных результатов получено не было. Установлено, что данный тип армирования значительно уменьшал склонность льда к образованию трещин под действием напряжений, но, несмотря на это, предел прочности в армирующем материале оставался значительно больше, чем у льда.

Затем последовали испытания, известные как «микроармирование», представляющие собой замораживание воды с каким-нибудь твёрдым наполнителем [6]. Прорыв наступил после того, как в начале 1943 г. два американских учёных Герман Фрэнсис Марк (Herman Francis Mark) (его ученик, также участвовавший в проекте, биохимик М.Ф. Перуц, стал в 1962 г. Нобелевским лауреатом по химии) и его помощник Вальтер Хоэнштайн (Walter P. Hohenstein) изобрели сверхпрочный лёд. Они обнаружили, что самый лучший результат даёт смесь пресной воды с хлопковой ватой или целлюлозой (т.е. сырьё для изготовления газетной бумаги), составляющей около 14%. Полученную массу замораживали в единый блок. Этот льдокомпозиционный материал получил название пайкерит (рукrete) (в России известен также как пайкрит, пикрит). Лёд, упрочнённый такими волокнами, был похож на бетон, усиленный стальной проволокой, и соответствовал необходимым требованиям по твёрдости для осуществления проекта под названием «Habbakuk» (вместо «Habakkuk» — неправильное написание библейского имени, что на русском языке соответствовало бы «Аваккум», вместо правильного «Аввакум»).

Открытие ингредиентов строительной смеси стало основой разработки надёжной конструкции, способной противостоять волне длиной 300 м и высотой 15 м. Предложенные параметры волн — редкие в естественных условиях океана. Также на основании опытов были рассмотрены возможности запаса прочности и высоты надводной части льда, позволяющие совершать полёты в любую погоду. Выполненные эксперименты и расчёты показали, что требования могут быть удовлетворены только в случае строительства корабля-айсберга по принципу полой балки со стороны палубы и киля толщиной 15 м, способного выдержать повреждения от бомб и торпед. Ещё одно условие — разделение полой балки с помощью поперечных перегородок. Внутренняя конструкция представляла собой определённое пространство, отведённое под самолётные ангары, склады, мастерские, машинные, производственные и жилые помещения.

Одной из первых проблем при создании проекта «Аваккум» стал поиск территории, способной разместить огромную конструкцию. При этом местность должна была удовлетворять климатическим (наличию сильного холода), геологическим (глубина вблизи берега — 46 м), а также экономическим (легкодоступные поставки пульпы и энергии) условиям. С учётом всех перечисленных требований были выбраны следующие объекты: Корнер-Брук (Corner Brook) на о. Ньюфаундленд (Newfoundland) и порт Сеуен-Айлендс (Seven Islands Bay) в провинции Квебек, находящиеся вблизи крупных целлюлозных заводов субарктической области. Строительство планировали вести на больших деревянных плотках, заполненных 12 м твёрдого пайкерита, а затем объединённых для создания киля судна. Такую работу можно было вести на мелководье, в закрытой акватории. Для продвижения в более глубокие воды требовалось сконструировать борт и палубу, позволяющие держаться на поверхности воды [6].

На втором этапе планировалось создать модели для оценки дальнейшей работы над проектом. Проектируемая модель была построена на оз. Патриция (Patricia Lake) в провинции Альберта, Канада. Плиты льда и пайкерита расположили в деревянном каркасе (рис. 1). Конструкция предусматривала подачу холодного воздуха из морозильных аппаратов, проведённых вокруг плит



Рис. 1. Строительство опытной модели на оз. Патриция (Канада), 1943 г. Фотография предоставлена Jasper Yellowhead Museum & Archives for the photograph
Fig. 1. Construction of the experimental model at Patricia Lake (Canada), 1943. Photograph courtesy of Jasper Yellowhead Museum & Archives for the photograph

по трубам, что позволило успешно сохранить её замороженной в течение лета 1943 г. Корабль с остовом из деревянных балок, наполненный ледяными блоками пайкерита (стабилизированных небольшой холодильной установкой мощностью в одну лошадиную силу и сетью трубок, игравших роль несущего каркаса) «насчитывал 18,3 метра в длину, 9 с лишним метров в ширину и весил 1,1 тыс. тонн» [3]. Его создание заняло два месяца, участвовали 15 человек. Макет прошёл все испытания, и идея строительства подобных кораблей была признана состоятельной.

Конференция в г. Квебек

В августе 1943 г. высшие начальники генштабов собрались на свою первую встречу в канадском г. Квебек. На этой конференции Лорд Маунтбеттен продемонстрировал пайкерит и заявил, что данный материал позволит выиграть войну. В качестве доказательства в зал заседаний доставили два больших бруска, один был кристально прозрачным, другой – мутным. После этого он произвёл два выстрела из пистолета по каждому из них. «Обычный ледяной куб разлетелся на мел-

кие кусочки, а от пайкерита пуля ricochetировала (куб остался цел), ранив одного из присутствующих. После такой наглядной демонстрации американцы согласились участвовать в проекте» [3].

Свойства пайкерита

«В то время как сама идея возникла в Англии, канадцы отвечали за проверку осуществимости и целесообразности использования льда в качестве кораблестроительного материала. Западная Канада была выбрана для испытаний по причине погодных условий и достаточного запаса холодного строительного материала. Амбициозное сотрудничество включало британское правительство и учёных; национальные парки Джаспер и Банф; университеты Альберты и Саскачевана; и персонал НИС на западе и в Оттаве» [9].

Была разработана концепция, которая заключалась в использовании армированного льда для постройки «кораблей-айсбергов»: дешёвых, практически непотопляемых и устойчивых к атакам. Добавление обычной сырой бумажной массы к воде перед замораживанием резко улучшало свойства льда и делало его более стабильным.

Лёд, полученный из этого «коктейля», оказался намного прочнее обычного. Замёрзшая вода представляла собой дешёвый и неограниченный ресурс. Смесь воды и целлюлозы замерзала быстрее, чем обычный лёд, медленнее таяла и имела большую плавучесть. Пайкерит можно было легко производить и обрабатывать, он был невероятно дешёв в производстве. В результате образовывалось жёсткое, слегка пластичное твёрдое тело, которое можно было обрабатывать как дерево, но при этом была возможность плавить его, подобно металлу, «отливая» любую необходимую форму. При погружении в воду опилки разбухали и образовывали изолирующую оболочку, которая защищала конструкцию от дальнейшего таяния.

При атаке противника авианосец можно было легко отремонтировать прямо в море при помощи заморозки забортной воды. Ремонт и заправка авианосца должны были проходить в металлических многоэтажных ангарах, замороженных в ледовый массив. Создание армированной структуры льда и покрытие его изолирующим слоем способствовали значительному уменьшению эффекта плавления от длительного нахождения при положительных температурах атмосферного воздуха и воды. Кроме того, с помощью средств армирования достигались уменьшение хрупкости льда (особенно при внезапном ударе) и улучшение пластических свойств при длительных устойчивых напряжениях.

Тестовые испытания многослойного пайкерита показали, что он весьма устойчив к поражениям, которые можно ожидать от воздействия современных вооружений. Предполагали, что такой авианосец станет практически непотопляемым, так как целый град бомб и торпед не сможет разбить крупный айсберг на куски, а лишь оставит на нём выбоины. Многочисленные опыты доказали, что свойство бомбоустойчивости в 2,5 раза меньше, чем у самого прочного железобетона, в то время как торпеда, могла бы, вероятно, сделать в конструкции кратер диаметром 6 м, но глубиной не более 1 м. На стадии проектирования стало очевидно, что такие повреждения можно легко исправить путём повторного замораживания, если включить в проект достаточное количество холодильного оборудования. Таяние такого «корпуса» не стало бы проблемой в операции, которая могла занять считанные дни или недели, к тому же — замед-

Характеристики различных материалов

Механические свойства	Бетон	Лёд	Пайкерит*
		при –15 °С	
Предел прочности на сжатие, МПа	17,240	3,447	7,584
Предел прочности на разрыв, МПа	1,724	1,103	4,826
Плотность, кг/м ³	2500	910	980

* 14% сухой древесной пульпы и 86% пресной воды (соотношение 6/1 по массе).

лить его можно было с помощью мощных холодильных установок.

Требования проекта предусматривали способность работать значительное время не только в зонах с умеренным климатом, но и в тёплом морском течении Гольфстрима. Слой древесной пульпы выступал в качестве внешней оболочки ледяного блока, который мешал тёплой воде достигать поверхности льда; кроме того, в структуре пайкерита были установлены холодильные трубы большой ёмкости. В сентябре 1943 г. существовала следующая таблица характеристик для изготовления небольших судов из пайкерита (таблица) [7]. «Хотя пайкерит обладает общеизвестными свойствами для ледового инжиниринга, его нелегко производить даже в арктических условиях. Древесную массу и воду смешивают до однородной консистенции, прокатывая на твёрдой поверхности до получения слоя толщиной 0,95 см, затем полученный состав замораживают холодным воздухом» [6].

Проблемы и трудности проекта

Противники проекта утверждали, что для удерживания такого огромного судна на курсе необходимы рулевое устройство огромных размеров и судовые машины невиданной мощности. Не ясно было, как ко льду будут крепиться турбины и руль. Специалисты посчитали, что трудовые и денежные затраты делали такие корабли нерентабельными, несмотря на кажущуюся бесплатность льда. К тому же, для целлюлозного наполнения блоков пайкерита, в случае строительства целого флота подобных авианосцев, о чём военные так увлечённо говорили вначале, требовалось срубить очень много канадского леса.

Как и любая конструкция изо льда, пайкерит выглядел твёрдым, но фактически по-

степенно терял прочность. Характеризуясь определённой текучестью, он начинал медленно прогибаться под действием собственной массы, если не выдерживалась температура -16°C (3°F), необходимая для прекращения этого процесса. Говоря о долговечности материала, отметим, что «пайкерит имел скорость ползучести при статической нагрузке $0,69$ МПа (100 фунтов на квадратный дюйм (psi)) 2% в год при температуре -15°C (5°F) и 7% в год при $-2,8^{\circ}\text{C}$ (27°F)» [6]. Помимо того, что корабль должен был иметь собственную холодильную установку со сложной системой каналов, для компенсации пластических свойств и текучести требовались стальная арматура и увеличение изолирующей оболочки вокруг поверхности ледового судна, «его корпус надо было намораживать на мощный стальной каркас, пронизанный тысячами километров трубок холодильных машин. Работы такого масштаба требовали тщательной многолетней подготовки» [4].

После решения данных проблем масса, размер и стоимость корабля также выросли. И хотя учёные НИС спешили завершить свои исследования до конца зимы 1943 г., выполнив крупномасштабные испытания, канадские инженеры-судостроители и руководство проекта сделали заключение, что ни одно судно проекта «Аваккум» не будет готово в 1944 г.

Окончательные размеры

Согласно инженерным расчётам Д. Пайка, авианосец проекта «Аваккум» должен быть примерно 610 м длиной (2000 футов), 90 м шириной (300 футов) и 60 м высотой (200 футов) с водоизмещением приблизительно 2 млн т (рис. 2), что почти в 40 раз превышало массу знаменитого «Титаника». Самолеты планировали разместить в металлических ангарах по типу этажерки во внутренних помещениях. В случае необходимости они поднимались на взлётно-посадочную полосу с помощью специальных лифтов. Для создания «Аваккума» требовалось более 280 тыс. блоков пайкерита толщиной $12,2$ м (40 футов) и общей массой 1 млн 700 тыс. т. В эту конструкцию входили ангара для мастерских, самолётов и машинных отделений, а также взлётно-посадочная полоса необходимой длины, обеспе-

чивающая работу разных видов морской авиации и средних бомбардировщиков, которые предназначены для работы с береговых баз. Это судно изо льда было разработано, чтобы на нём действовало 200 истребителей «Спитфайр» («Spitfire») или 100 бомбардировщиков «Москит» («Mosquito»). Предположительно штатный состав – 374 офицера и более 3200 унтер-офицеров и рядовых.

Движение винтовых установок обеспечивали приводы электродвигателя. 26 отдельных внешних моторных гондол, вмороженных в борта «Аваккума», должны были давать скорость семь узлов всему этому сооружению. Обычная силовая установка могла выделить слишком много тепла, поэтому от неё отказались. В десяти водонепроницаемых отсеках могли разместиться самолёты, топливо, силовые установки, боеприпасы и экипаж. По бортам уникального авианосца-айсберга планировалось разместить тридцать два 114 -миллиметровых универсальных орудия в двухорудийных башнях и двенадцать 40 -миллиметровых многоствольных зенитных автоматов «Бофорс» [3].

В начале лета 1943 г. требования к судну повысились: оно должно было иметь возможность плыть больше 10 тыс. км и выдерживать самые большие океанские волны. Адмиралтейство потребовало, чтобы корабль имел противоторпедную защиту, т.е. толщина корпуса должна быть не менее 12 м. Флотские авиаторы считали, что корабль должен принимать тяжёлые бомбардировщики, для которых требовалось создание палубы длиной 610 м. Первоначально предполагали, что судно будет управляться путём изменения скорости электродвигателей, расположенных с обеих сторон, но Королевский флот решил, что необходим именно руль. Однако проблема установки и управления рулём высотой более 30 м так и не была решена. Морские инженеры предложили три альтернативных версии оригинальной концепции. Проекты обсуждались на встрече с начальниками штабов в августе 1943 г.

Окончательный вариант авианосца проекта «Аваккум» предлагал его массу в $2,2$ млн т. Бортовая система охлаждения должна была поддерживать корпус замороженным за счёт ряда охлаждающих каналов в ледяных глыбах (рис. 3). Корабль проекта «Аваккум» мог быть гораздо

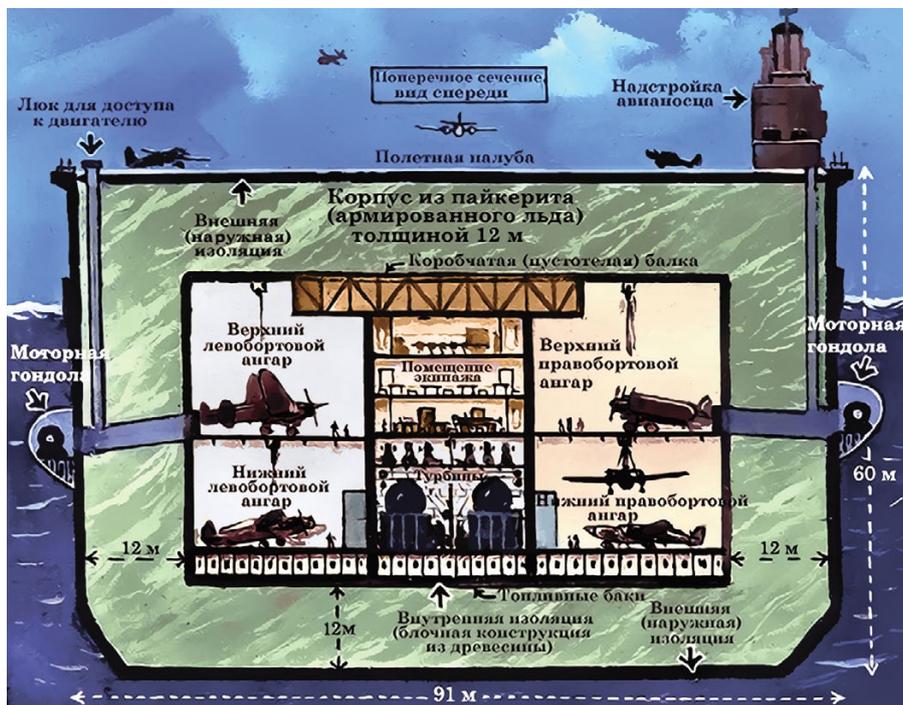


Рис. 2. Поперечное сечение корабля проекта «Аваккум».
Изображение создано авторами на основе чертежа, представленного в [8]
Fig. 2. The cross section of the ship project «Habbakuk».
The image created by the authors based on the drawing presented in [8]

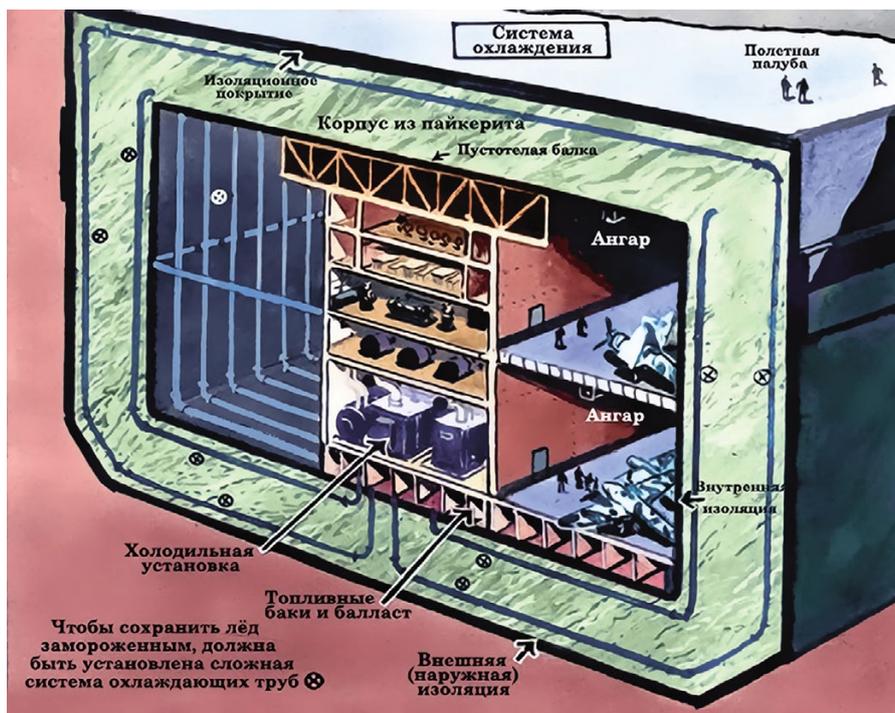


Рис. 3. Поперечное сечение корабля проекта «Аваккум» с указанием системы охлаждения.
Изображение создано авторами на основе чертежа, представленного в [8]
Fig. 3. The cross section of the ship project «Habbakuk» with indication system of refrigeration.
The image created by the authors based on the drawing presented in [8]



Рис. 4. Примерно так мог бы выглядеть авианосец изо льда [8]
Fig. 4. Ice Aircraft carrier may have looked something like this [8]

больше, чем любой другой военный корабль Второй мировой войны, и даже больше, чем авианосцы типа «Нимиц» – крупнейшие военные корабли из существующих на сегодняшний день. Приведём основные характеристики авианосца проекта «Аваккум».

Размеры (длина × ширина × высота), м	610 × 90 × 60
Водоизмещение (количество воды, Вытесненной подводной частью корпуса корабля)	1,8÷2 млн т
Мощность	33 тыс. л.с. (25 тыс. кВт)
Скорость хода	7 узлов (13 км/ч)
Экипаж	3590 человек
Двигатели	26 электродвигателей (по 13 с каждой стороны)
Расход топлива	120 т/сутки
Запас хода	11 тыс. км (7000 миль)

Прекращение проекта

К сожалению, огромный корабль-айсберг проекта «Аваккум» (рис. 4) так и не был построен. К тому времени, когда все тестовые проекты были проведены и усовершенствованы с учётом всех имеющихся знаний, произошёл исторический поворот событий. Подводные лодки по-

терпели поражение, от которого они никогда не смогли бы полностью восстановиться. После успешного вторжения в Северную Африку было решено, что окончательное наступление на европейские крепости следует вести через Английский Канал (Ла-Манш) с Соединенного Королевства, выступающего в качестве «гигантского авианосца ВВС», который в течение уже нескольких месяцев использовали для поддержания возрастающего перевеса над Люфтваффе.

В том же 1943 г. проект «Аваккум» начал терять приоритет, и причин этому было несколько. Во-первых, существовал дефицит стали, которая требовалась, как минимум, для труб холодильных установок. Во-вторых, 24 марта 1943 г. американскими войсками была построена и открыта авиабаза Микс Филд (Meeks Field) в Исландии, а в октябре 1943 г. Португалия разрешила западным державам развернуть морскую и воздушную базы на Азорских островах, что позволило решить вопрос о безопасности передвижения в Атлантике. В-третьих, промышленность союзников освоила выпуск недорогих эскортных авианосцев, которые также отправляли в воды Атлантики (до марта 1943 г. союзники ещё не имели ни одного эскортного авианосца для действий в центре Атлантики). В-четвёртых, над Атлантикой начала патрулировать британ-

ская палубная авиация, которая получила на вооружение топливные баки с большей ёмкостью, позволяющей значительно увеличить радиус и время действия противолодочной авиации. В это же время стали успешно проводить проекты перехвата и декодирования связи между подводными лодками. Необходимость в использовании ледовых судов отпала. Есть сведения, что построенный в Канаде прототип авианосца растаял в течение трёх лет. Деревянные и металлические останки «Аваккума» опустились на дно оз. Патриция, где в 1970-х годах их нашли и изучили аквалангисты.

В декабре 1943 – январе 1944 г. в связи с историческими событиями, экономическими и техническими сложностями, а также из-за большой трудоёмкости от проекта «Аваккум» окончательно отказались.

Выводы

Сегодня многие специалисты полагают, что эта затея была безумием, но есть и немало тех, кто считает её не только оригинальной, но и вполне разумной технической идеей. Ледяной авианосец не был построен, выполненным работам и исследованиям не нашлось места во время войны, а после неё о чудо-материале, как и о многих других альтернативных разработках военного времени, забыли, отдав предпочтение традиционным технологиям. Изобретение Джеффри Пайка и весь проект «Аваккум» подтвердили свою пригодность и боеспособность во множестве испытаний, но всё же не нашли применения. Итог – выполнены важные исследования (свойств льда и разработки пайкерита), которые полезны и сегодня. Возможно, когда-нибудь в акваториях, расположенных южнее Полярного круга, будут плыть корабли, построенные из льда и опилок.

Никто не пытался построить корабль из льда со времён «Аваккума», так как в мирное время построение таких кораблей не может быть конкурентноспособной идеей, в частности из-за

технических возможностей современных самолётов. Однако это не означает, что у ледового инжиниринга нет будущего в тех частях мира, где природа сама служит средством, обеспечивающим замораживание несколько месяцев в год. Дальнейшее изучение и использование известных технологий может привести к революции в инженерной практике в арктических и субарктических регионах. Иногда идеи, которые ранее оканчивались ничем, воплощаются позже с большим успехом, и примером здесь может быть проект «Дом из пайкерита» [10].

Лёд представляет собой прочный, дешёвый и весьма распространённый в природе материал. Можно полагать, что при дальнейшем освоении ресурсов Севера нашей страны этот материал найдёт широкое применение в строительстве, горном деле и нефтегазовой отрасли, ведь всего лишь заморозив опилки или бумагу с водой, можно получить материал с прочностью бетона, который не тонет в воде и при этом очень медленно тает.

Литература

1. *Безруков Ю.Ф.* Океанология: Ч. I. Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 2006. 136 с.
2. *Гордон Дж.* Почему мы не проваливаемся сквозь пол. М.: Мир, 1971. 174 с.
3. *Кириленко О.* «Аваккум» британский авианосец из льда и опилок // Волонтер. 2005. № 4 (36). С. 50–51.
4. *Санников В.* Айсберг для Черчилля // Дискавери. 2014. № 4 (63). С. 114–117.
5. Falscher Prophet // Der Spiegel. 1989. № 19. P. 240.
6. Icebergs as Ships // The Engineer. 1946. June 7. P. 517–518.
7. Inventions and Suggestions (59): Proposals and inventions of Mr Geoffrey Pyke; gravity propelled ball bomb, pykrete and power driven rivers; ADM 1/15677, The National Archives (United Kingdom), Kew.
8. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2725467/Mad-genius-tried-beat-Hitler-warships-ice.html>
9. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/achievements/highlights/2005/alberta.html> (информация с сайта Национального исследовательского совета Канады)
10. <http://www.pykretedome.com/#!information-ru/>