

## ВКЛАД Ф. В-Я. НАНСЕНА В ФИЗИЧЕСКУЮ ОКЕАНОГРАФИЮ

С. В. Писарев

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,  
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,  
e-mail: pisarev@ocean.ru*

В статье описываются основные результаты работы **Фритьофа Ведель-Ярлсберга Нансена** в области физической океанографии. Рассказывается о результатах и идеях Нансена в области дрейфующих измерительных платформ, батометра, ареометра, измерителя придонных течений и уникальных саней. Перечисляются заслуги Нансена в области региональной океанографии: развенчание теории «открытого полярного океана», измерение глубин Арктического бассейна, оценка траектории и скорости трансарктического дрейфа, зависимости скорости и направления дрейфа от ветра, факторов, определяющих скорость нарастания льда, открытие и описание поверхностных и теплых (атлантических) промежуточных водных масс Арктики. Речь идет также и о процессах в океане, которые впервые измерил Нансен, а потом, вместе с Экманом, описал их математическими формулами.

**Ключевые слова:** Нансен, физическая океанография, океанографические инструменты, дрейф, течения, внутренние волны

### Введение

В октябре 2021 года исполнилось 160 лет со дня рождения Фритьофа Ведель-Ярлсберга Нансена. Фритьоф Нансен был невероятно разносторонним человеком. Он сочетал в себе выдающиеся качества полярного путешественника, блестящего ученого, зоолога, океанографа, конькобежца, лыжника, государственного и общественного деятеля, заядлого охотника и рыболова, обладавшего литературным и художественным талантами.

Нансен – ученый, являющийся автором фундаментальных работ в нескольких областях знаний. После своей лыжной экспедиции с безлюдного восточного на относительно заселенный западный берег Гренландии в 1888 г. он опубликовал работы в области физической географии, гляциологии и климатологии (часть работ – совместно с выдающимся норвежским метеорологом Г. Моном). После лыжного перехода, вынужденно проведя зиму 1888–1889 гг. в крошечном поселении на западе Гренландии, Нансен собрал материал, по которому позже опубликовал исследование по этнографии и антропологии «Жизнь эскимосов» (Добровольский, 1956; Нансен, 2021). За Гренландскую экспедицию Шведское общество антропологии и географии в 1889 г. наградило Нансена почетной медалью «Веги», а Английское Королевское географическое общество в 1891 г. – медалью Виктории (Визе, 1956).

После того, как Норвегия, при активном участии Нансена, в 1905 г. добилась расторжения унии со Швецией и стала монархией, Нансен в 1906–1908 гг. работал норвежским послом в Лондоне. В этот период он, помимо государственной службы, занялся историей исследования Севера и, в том числе, собрал и систематизировал материалы для изданной в 1910–1911 гг. книги, содержащей сведения от самых первых попыток походов в Арктику и до 1500 года. О гигантском объеме работы, которую проделал Нансен, говорит библиографический список этой книги, насчитывающий 400 наименований (Визе, 1956).

Нансен несколько раз работал в морских экспедициях около архипелага Шпицберген, включая работы на личном боте «Веслеме» в 1912 г. Вскоре после экспедиции 1912 г. Нансен опубликовал исследование по геоморфологии архипелага (Нансен, 2019). В 1920 и 1928 годах Нансен подготовил также две специальные работы о строении земной коры (Визе, 1956).

В 1913 г. Ф. В.-Я. Нансен был приглашен в ознакомительную поездку по маршруту Норвегия – Владивосток. Вначале он на грузовом пароходе, морями, прошел из Норвегии до устья Енисея. Потом поднялся вверх по реке к железной дороге, а далее до Владивостока доехал поездом. По результатам поездки Нансен опубликовал книгу «Через Сибирь», в которой, в том числе, он останавливается на проблемах перевозок на трассе Северного морского пути (Нансен, 2012).

В 1880 г., после окончания реального училища, Нансен поступил в университет г. Осло на специальность «зоология». Он был уверен, что именно эта специальность позволит ему больше находиться, как он любил с детства, на природе. Еще студентом, в 1882 г. Нансену довелось участвовать в 130-м суточном рейсе зверобойного судна «Викинг» среди дрейфующих льдов Гренландского моря. Официальная задача для него в этой экспедиции, после которой он, кстати, и «заболел Арктикой», была вполне биологической – наблюдать за тюленями. В 1883–1888 гг. (в «кабинетный», по мнению Нансена, период его жизни) он был приглашен работать препаратором в Бергенском музее естественной истории. Для молодого человека, которому шел лишь 22-й год, такое приглашение свидетельствовало о том, что его рвение в учебе и научной работе было отмечено старшими коллегами.

В 1885 г. Нансен опубликовал свою первую научную работу и она была по зоологии. Эта первая публикация была отмечена золотой медалью, которая, усилиями Нансена, «трансформировалась» в некоторый бюджет, давший молодому исследователю возможность провести весну и часть лета 1886 г. в двух передовых биологических лабораториях Италии. В 1886 г. последовала следующая публикация Нансена в области биологии, а в 1888 г. он защитил диссертацию, посвященную исследованию центральной нервной системы низших морских животных (Визе, 1956).

В 1897 г., вскоре после своей великой экспедиции через Арктический Бассейн на судне «Фрам», Нансен занял должность профессора зоологии в университете г. Осло. По сути эта должность открывала для него великолепные возможности для обработки научных результатов экспедиции на «Фраме», поскольку он был освобожден от чтения лекций. Все научные результаты экспедиции, занявшие 6 томов, были опубликованы

к 1906 г. Но ранее, в 1902 г., Нансеном уже был опубликован 4-й том, вобравший в себя результаты по океанографии. Нансен так увлекся предметом исследования при написании 4-го тома, что с 1900 г. полностью отошел от зоологии и стал читать в университете лекции по океанографии. В 1908 г. Нансен официально занял должность профессора океанографии (Визе, 1956).

Даже кратко представленные выше некоторые факты жизни Нансена-исследователя свидетельствуют о том, что он был чрезвычайно разносторонним ученым. А если попытаться только перечислить факты, характеризующие, каким он был полярным исследователем, политиком, гуманистом, спортсменом, просто жителем, то для этого понадобится целая книга, а то и не одна (Визе, 1956; Добровольский, 1956; Фоссе, 2019; Бондаренко, 2022). Поэтому в рамках настоящей статьи, учитывая тематику журнала, будет рассказано только об открытиях Нансена в области физической океанографии.

### **Дрейфующие платформы, предложенные Нансеном**

Для исследования океана необходимы платформы для выполнения измерений. В качестве последних чаще всего используют надводные суда, но, вообще говоря, современная океанография использует платформы множества конструкций: от спутников и самолетов до донных станций и подводных аппаратов. Нансен первым в мире предложил две специальные конструкции для применения в океане, покрытом дрейфующим льдом. Первая конструкция – это судно со специальной формой корпуса, а вторая – собственно дрейфующая льдина.

При подготовке экспедиции в Арктический Бассейн (с вспомогательной задачей достижения точки Северного Полюса), Нансен, как и все исследователи морской Арктики до него, собирался использовать судно. Ученые на тот момент предполагали, но не знали точно, что в Арктическом Бассейне существует Трансарктический дрейф с траекторией от сибирских арктических морей к восточным берегам Гренландии. В пользу существования такого дрейфа говорили периодические обнаружения стволов сибирских деревьев в Гренландском море. Еще более весомый вклад в пользу существования дрейфа внесло обнаружение на берегу Гренландии остатков судна экспедиции лейтенанта флота США Де-Лонга «Жанетта», раздавленного в 1881 г. льдами северо-восточнее Новосибирских островов. Нансен и сам, работая на зверобойном судне «Викинг», отмечал в районе к востоку от Гренландии генеральный выносной дрейф из Арктического Бассейна. Опираясь на разрозненные факты, Нансен планировал войти судном в сплоченные льды в районе моря Лаптевых, потом в пассивном дрейфе достичь района Северного Полюса, а затем выйти из льдов, при уменьшении их сплоченности, в районе пролива Фрама (Нансен, 1939, 2010). Перемещение судна в пассивном дрейфе в район Северного Полюса, предложенное Нансеном, сильно отличалось от не менее плодотворной идеи великого русского океанолога, адмирала С. О. Макарова, который,

при строительстве первого в мире ледокола «Ермак» в 1900 г., предлагал достичь точки Северного Полюса «напролом».

Для того, чтобы дрейфовать на судне через Арктический бассейн без риска рано или поздно быть раздавленным льдами, Нансеном было принято решение построить судно со специальной формой корпуса. Вместе с лучшим норвежским судостроителем того времени Колином Арчером Нансен определил яйцевидную форму корпуса судна и предложил множество технических решений по его укреплению. Судно, названное «Фрам» (что по-норвежски означает «Вперед»), было спущено на воду 25 октября 1892 г. (Нансен, 2010). Водоизмещение судна (более точно, следуя морской терминологии, гафельной шхуны) составило 800 тонн, длина – 39 м, ширина – 10.4 м, осадка – 4.7 м, площадь парусов – 600 кв. м, силовая установка – паровой двигатель мощностью 220 л. с., скорость – 7 узлов, экипаж (экспедиция) – до 16 человек.

После экспедиции под руководством Нансена в 1893–1896 гг. «Фрам» участвовал, как минимум, еще в двух легендарных экспедициях. В период 1898–1902 гг. судно работало в Канадском Арктическом архипелаге под руководством известного капитана и полярного исследователя Отто Свердруп, а в 1910–1912 гг. оно использовалось экспедицией Руала Амундсена для достижения Антарктиды при покорении Южного Полюса. В 1935 г. «Фрам» прекратил свои плавания, был помещен в специально построенное в г. Осло здание и стал главным экспонатом музея его имени (рисунок 1).



Рис. 1 – Судно «Фрам» в музее города Осло. На переднем плане – статуя Нансена.  
Фото Писарева С. В.

Форма корпуса, подобная «Фраму», выбрана и для двух работающих сегодня научно-исследовательских судов. Оба судна строились для того, чтобы дрейфовать среди сплоченных льдов и успешно противостоять ледовым сжатиям. Первое судно – полярная двухмачтовая шхуна (швербот) «Тара», построена во Франции в 1988 г. (рисунок 2). «Тара» принадлежит французскому частному фонду и практически постоянно предоставляется фондом для реализации научных экспедиций по всему Мировому океану. В период 2006–2008 гг. на «Таре» была осуществлена научная экспедиция в системе Трансарктического дрейфа без каких-либо повреждений корпуса. Второе судно – это российская высокотехнологичная самодвижущаяся дрейфующая платформа (СМП), которая была спущена на воду в г. Санкт-Петербурге в декабре 2020 г. (рисунок 3). К осени 2022 г. планируется достроить СМП и отправиться на ней в первую арктическую экспедицию.



Рис. 2 – Полярный швербот «Тара». Форма корпуса обеспечивает «выжимание» судна вверх при сжатии льдами



Рис. 3 – Российская самодвижущаяся платформа среди льдов (компьютерная графика)

После возвращения из дрейфа на «Фраме», Нансен, оценив на своем личном опыте характеристики льдов Арктического бассейна, стал предлагать осуществить дрейф в системе Трансарктического течения без применения судна, а используя только подходящее ледяное поле в качестве дрейфующей платформы. Сам Нансен не сумел воплотить эту свою идею в жизнь. Однако канадскому полярному исследователю Вильяльмуру Стефансону это удалось в 1917–1918 гг. Первая целенаправленно созданная научная дрейфующая станция проработала на льдах моря Бофорта 238 суток по гидрометеорологической программе и продрейфовала за это время 740 км (Угрюмов, Коровин, 2004).

Свой проект научной дрейфующей ледовой станции Нансен подробно и детально представил в 1924 г. на заседании возглавляемого им Международного общества по изучению Арктики с помощью воздушных средств сообщения – «Аэроарктик». Согласно плану Нансена, пять полярников должны были располагаться на льдине в специальном сборно-разборном доме, дополнительно утепленном сверху слоем снега. Слой снега предполагалось покрыть белой парусиной для уменьшения таяния летом (рисунок 4). Продолжительность дрейфа по плану Нансена составляла 2 года. Вес запасов и оборудования, необходимых для осуществления такого дрейфа, был определен в 30 т. Доставку полярников и груза на ледяное поле планировалось осуществить средствами авиации. Нансен предлагал организовать такую дрейфующую станцию во время 2-го Международного Полярного года в 1932–1933 гг. (Андреев, Дукальская, Фролов, 2007). Однако этому плану не суждено было осуществиться в предложенные Нансеном сроки.

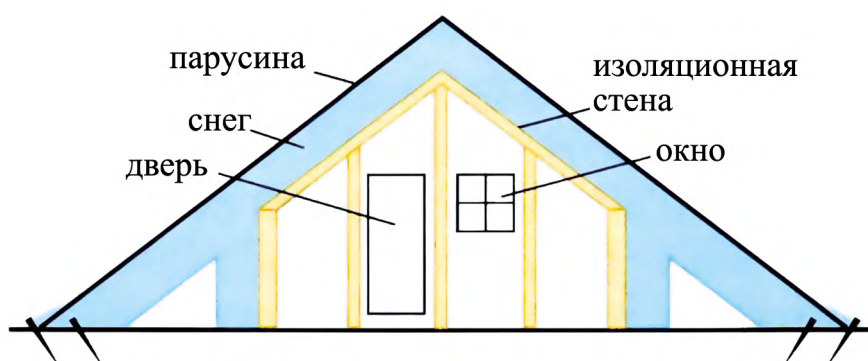


Рис. 4 – Проект Нансена организации исследовательской станции на дрейфующем льду (Андреев, Дукальская, Фролов, 2007)

Идеи Нансена по поводу организации дрейфующей ледовой станции были подробно изучены в СССР уже после его смерти в 1930 г. Только в 1937–1938 гг. в СССР самолетами удалось высадить вблизи Северного Полюса первую дрейфующую станцию Центрального Арктического Бассейна «Северный Полюс-1» с четверкой отважных полярников. Начиная с 1937 г., 40 советских и российских, а также около трех десятков американских и канадских мультисезонных (работающих хотя бы два сезона – 6 месяцев) дрейфующих станций проработали в Арктическом Бассейне (Угрюмов, Коровин, 2004).

### **Региональные океанографические характеристики, впервые описанные Нансеном**

Во время трехлетнего дрейфа «Фрама» периодически определялись координаты судна астрономическим способом (выполнялись обсервации). Расчеты, произведенные по обсервациям, впервые позволили инструментально зафиксировать тот факт, что в Арктическом бассейне существует крупномасштабное течение поверхностных вод и льдов, берущее свое начало в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском, продолжающееся через район южнее Северного Полюса и заканчивающееся у северо-восточного шельфа Гренландии. Нансен впервые в мире оценил скорости этого течения, получившего позднее название «Трансарктический дрейф».

Интересно, что в первые же недели дрейфа гипотеза Нансена о трансарктическом течении, взятая за основу организации экспедиции, стала опровергаться. 7-го ноября судно оказалось в тех же координатах, что и при начале дрейфа 22 сентября. Позже это было объяснено изменением направления ветра. Но в ноябре 1893 г. Нансен повторял своим товарищам по экспедиции: «Сибирский лес, занесенный на гренландский берег, не может лгать, путь, который он проделал, должны пройти и мы» (Нансен, 2010).

Весь трехлетний период дрейфа «Фрам» находился среди сплоченных дрейфующих льдов. Этот факт позволил опровергнуть одну из теорий, существовавших до экспедиции Нансена, о том, что в центре Арктики находятся обширные пространства открытой воды, по которым можно передвигаться на обыкновенных, не ледокольных, судах.

При дрейфе «Фрама» впервые были измерены глубины Центрального Арктического Бассейна. Было обнаружено, что Бассейн гораздо глубже, чем предполагалось до измерений. Предполагалось, что глубины должны быть такими же, как и на северных границах Арктических морей (200–300 м), а оказалось, что глубины Арктического Бассейна составляют 1500–4300 м.

Экспедиция на «Фраме» выполнила несколько измерений вертикального распределения температуры и солености морской воды. В Арктическом бассейне были обнаружены теплые соленые воды на промежуточных глубинах. Нансен определил атлантическое происхождение этих вод; выяснил, что они заходят в Арктический Бассейн вдоль западного шельфа Шпицбергена и затем, постепенно уменьшая свою температуру, распространяются с запада на восток. Нансен также обнаружил, что в Арктическом Бассейне существуют холодные и пресные поверхностные воды, распространяющиеся с востока на запад.

В 1900 г. в Норвегии вышло в море новое научно-исследовательское судно «Михаэль Сарс», названное именем выдающегося морского биолога (и одновременно отца первой супруги Нансена и матери его четырех детей). Эта экспедиция примечательна тем, что впервые примененные в ней методы океанографических измерений практически сохраняются до настоящего времени. Гидрологические работы в той экспедиции возглавлял Фритьоф Нансен. Рейсы на «Михаэле Сарсе» с применением единых методов стали ежегодными. К 1909 г. накопилось достаточно натуральных данных, на

основании которых Ф. Нансен и Б. Хелланд-Хансен написали классическую монографию «Норвежское море».

Обработывая и анализируя измерения различных экспедиций, Нансен периодически публиковал описания океанографических характеристик разных районов Мирового океана. Он проанализировал гидрологические наблюдения экспедиции Амундсена в Гренландское и Баренцево моря в 1901 г., экспедиции Исаксена в шпицбергенские воды в 1910 г. и антарктической экспедиции на «Фраме» в 1910–1911 гг. (Визе, 1956).

В 1909 г. Нансен и Хелланд-Хансен сумели создать первую в мире схему поверхностных течений Гренландского, Норвежского и Баренцева морей. Обоснованная ими схема считалась самой удачной несколько десятков лет после опубликования (Добровольский, 1956).

Анализируя океанографические результаты дрейфа на «Фраме», Нансен, шаг за шагом, пришел к выводу о необходимости совершенствования методов натуральных морских измерений. Поскольку судно «Фрам» в начале второго десятилетия XX века использовалось экспедицией Амундсена, в 1912 г. Нансен предпринял экспедицию к Шпицбергену на собственном небольшом боте «Веслеме». Водоизмещение судна было всего 32 регистровых тонны брутто, экипаж состоял из восьми человек, в число которых входили дети Нансена – дочь Лив 19-ти лет и сын Коре 15-ти лет (Добровольский, 1956). Полное трудностей плавание было описано в книге Нансена «Шпицберген», а результаты анализа океанографических данных были в 1915 г. опубликованы в работе «Spitsbergens waters» (Нансен, 2019).

Нансен также занимался исследованиями морского льда. Так, он аргументированно распространил на Центральный Арктический бассейн сделанное примерно в 1880-м году Вайпрехтом умозаключение о зависимости нарастания толщины льда от суммы средних суточных отрицательных температур воздуха. Нансен указал также на возможность образования так называемого «подледного льда» из стекающей под лед через трещины талой (пресной) воды. Нансеном были установлены две фундаментальные зависимости между векторами ветра и дрейфа льда (позже названные «правилами Нансена»). Лед, по Нансену, как правило, движется под действием ветра в направлении  $30^\circ$  вправо от направления ветра. Скорость же дрейфа, как правило, в 50 раз меньше скорости ветра, вызвавшего дрейф (Добровольский, 1956). Правила Нансена пригодны и до сих пор в качестве первого, самого простого, приближения при анализе дрейфа льда.

Нансен составил первую карту подводного рельефа Баренцева моря, которая отразила все основные формы рельефа, подтвержденные последующими исследованиями. Изучая вертикальные распределения температуры воды в Арктическом бассейне и Гренландском море, Нансен сделал смелый (с учетом объема имеющейся у него информации) вывод о том, что существует поднятие дна, разделяющее котловины бассейна и моря. Такой порог с глубиной 1500 м впоследствии был действительно обнаружен.



### **Приборы и устройства для океанографии, предложенные Нансеном**

Собственные экспедиционные океанографические исследования привели Нансена к мысли о необходимости усовершенствований не только методик, но и приборной базы таких работ. Нансен предложил конструкцию батометра, ставшую впоследствии самой распространенной, получившую название «батометр Нансена». Батометры Нансена крепятся на трос лебедки и, при вытравливании троса, погружаются в глубину океана. На одном тросе можно последовательно закреплять несколько батометров. После достижения всеми батометрами нужных глубин, сверху по тросу пускается небольшой, так называемый «посыльный» грузик. Грузик ударяет по кнопке самого верхнего батометра, батометр поворачивается на 180°. Во время переворота вода, ранее находившаяся в открытом с обоих концов корпусе – трубе батометра, герметично закрывается («самоварными» кранами (Добровольский, 1956)) с двух сторон внутри корпуса. Следующий посыльный грузик, заранее закрепленный к верхнему батометру, при перевороте последнего освобождается и, скользя по тросу вниз, ударяет по кнопке следующего батометра. В результате все батометры закрываются на нужных глубинах, и пробы воды поднимаются наверх.

Закрывание батометра Нансена с переворотом, кроме «захвата» пробы воды, еще и обеспечивает переворот рамы с двумя глубоководными термометрами, закрепленными на корпусе батометра. Конструкция капиллярных трубок глубоководных термометров позволяет восстановить температуру воды на глубине переворота даже с учетом того обстоятельства, что термометр после переворота поднимался в толще воды с иной температурой. Такие термометры были изобретены в последней четверти 19-го века. Нансен использовал такие термометры, проводя измерения при дрейфе «Фрама» (рисунок 5). Конструкция батометра Нансена, в отличие от батометра Кнутсена, который при захвате воды не переворачивается, как раз была «приспособлена» для работы с глубоководными термометрами. Батометры Нансена продолжали активно использоваться вплоть до конца прошлого века.

Нансен предложил конструкцию прибора для определения солености в пробах морской воды. Это был ареометр полного погружения, с помощью которого определялся удельный вес морской воды, затем пересчитываемый в соленость. Хотя плотность определялась этим ареометром с точностью до 6-го знака, он не получил широкого распространения. С ним было утомительно работать, и для использования требовался набор платиновых колечек в качестве гирек (Добровольский, 1956).

Нансену же принадлежит конструкция для измерения скорости и направления течения. В ней использовалась фиксация угла отклонения пластины от вертикали под действием набегающего потока. Пластина и «угломер» крепились на треноге, а последняя ставилась на дно. Из-за трудностей при проведении измерений и из-за возможности измерений только вблизи дна, прибор не получил широкого распространения (Добровольский, 1956).



Рис. 5 – Нансен считывает показания глубоководного термометра, 12 июля 1894 года.  
Вьюшка с тросом привезена в место измерений на санях Нансена (Нансен, 2010)

Кому-то может показаться, что сани не являются устройством, имеющим отношение к физической океанографии. Но полярные океанологи хорошо знают, что на льду очень важно иметь легкую и надежную конструкцию для перемещения научного оборудования и через глубокий рыхлый снег, и через гряды торосов. Нансену принадлежит идея, подсмотренная им у коренных народов Севера. Она состоит в том, чтобы не делать сани жесткими, а соединить все элементы их конструкции эластичными веревками (во времена Нансена – кожаными, а в настоящее время – синтетическими) (рисунки 6, 7). До сих пор это устройство называется «Сани Нансена».



Рис. 6 – Процесс измерения глубины места экспедицией на «Фраме» тяжелым лотом весной 1894 г. (глубина около 3500 м). Один человек укладывает вытягиваемый трос, который был привезен в место измерений на вьюшке, установленной на санях Нансена. Шесть человек тянут лот вверх. Три человека готовы остановить движение лота вниз на то время, пока шесть человек, дойдя до саней, будут возвращаться к этим трем, чтобы взяться за новый отрезок троса (Нансен, 2010)



Рис. 7 – Фрагмент работы во льдах международной экспедиции на научном ледоколе «Полярштерн» вблизи Северного Полюса в сентябре 2015 г. На переднем плане сани Нансена, которые использовались для доставки в точку измерений тяжелого океанографического оборудования. Фото Писарева С. В.

### **Описания Нансеном некоторых океанских процессов**

Со времен Плиния Старшего, описавшего это явление для акватории Красного моря в I веке нашей эры в своем многотомном труде «Естественная история», было известно, что в какие-то редкие моменты судно, гребное или парусное, может прекратить свое движение, несмотря на то, что гребцы продолжают работу и ветер дует. Плиний Старший предполагал, что щупальца гигантских морских животных удерживают судно несколько часов, но потом, впрочем, отпускают его. Такое же явление, получившее название «мертвая вода», было известно и викингам, когда они плавали в северных фиордах. Это явление не имело научных объяснений многие столетия. Нансен на «Фраме» тоже попал в «мертвую воду» у берегов Сибири. В отличие от древних, экспедиция Нансена выполнила измерения вертикального распределения плотности морской воды во время вынужденной остановки.

При анализе материалов экспедиции на «Фраме», для объяснения загадочного явления «мертвой воды» Ф. Нансен обратился к выдающемуся представителю так называемой «Бергенской школы физической океанологии» В. Экману. В лаборатории Экмана был изготовлен герметичный прозрачный ящик, в котором с помощью соленой и пресной воды было воспроизведено двухслойное вертикальное распределение плотности, измеренное экспедицией Нансена. В ящике с разной скоростью перемещали точную уменьшенную копию корпуса судна «Фрам». Оказалось, что при определенной скорости движения судна и при определенном соотношении между осадкой судна и толщиной верхнего слоя легкой пресной воды, на границе между

двумя слоями возникают волны, тормозящие судно вплоть до полной остановки. Чтобы продолжать движение после остановки необходимо начинать двигаться или заметно быстрее, или медленнее первоначальной скорости судна. Таким образом, Нансен был первым, кто наблюдал в натуральных условиях важнейший океанский процесс – внутренние инерционно-гравитационные волны, и (вместе с Экманом) сумел объяснить один из частных случаев проявления этого процесса – «мертвую воду» (Morison, 1986). В дальнейшем внутренние волны были описаны математическими формулами, а их измерения в разных районах Мирового Океана перестали быть чем-то уникальным.

При дрейфе «Фрама» Нансен обнаружил, что дрейфующий лед не следует точно направлению ветра, а, как правило, отклоняется от этого направления вправо на 30°. По результатам натуральных измерений выяснилось, что и вектора подледного течения также отклоняются с увеличением глубины моря все правее и правее, при этом уменьшаясь по модулю. А на определенной глубине вектор течения направлен в противоположную сторону относительно вектора ветра. И снова Экман, по просьбе Нансена, сумел объяснить это явление в океане с помощью математических формул. Таким образом, было начато создание теории дрейфовых течений. Уменьшение же величины и поворот векторов течений с глубиной под действием силы Кориолиса получили название «Спираль Экмана».

### Заключение

Вклад Фритьофа Нансена в физическую океанографию значителен и важен. Ф. В.-Я. Нансен является первооткрывателем множества региональных характеристик Арктического и Северо-Европейского Бассейнов, Северной Атлантики и морей российской Арктики. Он – автор конструкций дрейфующих измерительных платформ, полезных устройств и приборов. Он же первым измерил в натуральных условиях характеристики двух важных океанических процессов и сумел воодушевить коллег на описание этих процессов в форме математических уравнений. На собственном опыте, уже при обработке океанографических материалов, полученных во время дрейфа «Фрама» 1893–1896 гг., Нансен убедился в необходимости совершенствования и стандартизации методов океанографических измерений на основе, в том числе, международной кооперации. Именно поэтому Нансен стал инициатором создания в 1902 г. Международного Совета по Изучению Морей, в который на тот момент вошли 14 стран. В том же году Нансену удалось создать и возглавить в г. Осло Центральную океанографическую лабораторию. В задачи лаборатории входили разработки новых методов исследования Мирового Океана и создание новых приборов для того, чтобы физическая океанография становилась все более точной наукой. Без преувеличения можно утверждать, что Нансен, стоя у истоков формирования физической океанографии, был и одним из ее Творцов.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства высшего образования и науки РФ № FMWE-2021-0002.

## Список литературы

1. Андреев А. О., Дукальская М. В., Фролов С. В. Международный полярный год. История и перспективы / Под редакцией профессора И. Е. Фролова и канд. физ.-мат. наук В. И. Боярского. ААНИИ. Санкт-Петербург, 2007. 118 с.
2. Бондаренко Т. Ю. Фритъоф Нансен: миссия в России. Москва: Изд-во «Paulsen», 2022. 232 с.
3. Визе В. Ю. Вступительная статья к книге Ф. Нансена “«Фрам» в полярном море”. Т. 1. Москва: Географгиз, 1956. 355 с.
4. Добровольский А. Д. Фритъоф Нансен – выдающийся полярный исследователь. Москва: Знание, 1956. 30 с.
5. Нансен Ф. На лыжах через Гренландию. Жизнь эскимосов. Москва: Изд-во «Paulsen», 2021. 304 с.
6. Нансен Ф. Собрание сочинений. Т. 5: Среди тюленей и белых медведей. На вольном воздухе. Ленинград: Изд-во Главсевморпути, 1939. 664 с.
7. Нансен Ф. Через Сибирь. Москва: Изд-во «Игра слов», 2012. 320 с.
8. Нансен Ф. Шпицберген. Москва: Изд-во «Paulsen», 2019. 352 с.
9. Нансен Ф. «Фрам» в полярном море. Москва: ЭКСМО, 2010. 511 с.
10. Угрюмов А. И., Коровин В. П. На льдине к Северному Полюсу. История полярных дрейфующих станций. СПб: Гидрометиздат, 2004. 125 с.
11. Фоссе М. Фритъоф Нансен. Великий гуманист. Москва: Изд-во «Paulsen», 2019. 160 с.
12. Morison J. Internal Waves in the Arctic Ocean: A Review. In: Untersteiner, N. (eds) The Geophysics of Sea Ice. NATO ASI Series. Springer, Boston, MA., 1986. P. 1163–1183. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5352-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5352-0_20).

Статья поступила в редакцию 17.03.2022, одобрена к печати 18.04.2022.

Для цитирования: Писарев С. В. Вклад Ф. В-Я. Нансена в физическую океанографию // Океанологические исследования. 2022. № 50 (1). С. 108–121. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50\(1\).10](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(1).10).

## NANSEN'S CONTRIBUTION TO PHYSICAL OCEANOGRAPHY

S. V. Pisarev

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,  
e-mail: [pisarev@ocean.ru](mailto:pisarev@ocean.ru)*

The article lists the main results of Nansen's work in the field of physical oceanography. It tells about the results and ideas of **Nansen** in the field of arctic drifting measuring platforms, a bathometer, a hydrometer, a bottom current meter and unique sleds. The merits of Nansen in the field of regional oceanography are described: debunking the theory of the “open polar ocean”, measuring the depths of the Arctic Basin, estimating the trajectory and velocity of the transarctic drift, the dependence of the drift velocity and direction on the wind, factors determining the speed ice accretion, discovery and description of surface and warm (Atlantic) intermediate water masses in the Arctic. We are also talking about the processes in the ocean, which Nansen first measured, and then, together with Ekman, described them with mathematical formulas.

**Keywords:** Nansen, physical oceanography, oceanographic instruments, drift, currents, internal waves

**Acknowledgment:** The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation No. FMWE-2021-0002.

## References

1. Andreev, A. O., M. V. Dukalskaya, and S. V. Frolov, 2007: *International Polar Year. History and prospects*. Under the editorship of Professor I. E. Frolova and Cand. phys.-math. sciences V. I. Boyarsky. St. Petersburg, AARI publishing house, 118 p.
2. Bondarenko, T. Yu., 2022: *Fridtjof Nansen: mission in Russia*. Moscow, Publishing house “Paulsen”, 232 p.
3. Dobrovolsky, A. D., 1956: *Fridtjof Nansen is an outstanding polar explorer*. Moscow, Znanie Publishing House, 30 p.
4. Fosse, M., 2019: *Fridtjof Nansen. Great humanist*. Moscow, Publishing house “Paulsen”, 160 p.
5. Morison, J., 1986: Internal Waves in the Arctic Ocean: A Review. In: Untersteiner, N. (eds) *The Geophysics of Sea Ice*. NATO ASI Series. Springer, Boston, MA., 1163–1183, [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5352-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5352-0_20).
6. Nansen, F., 2021: *Skiing through Greenland. Eskimo life*. Moscow, Publishing house “Paulsen”, 304 p.
7. Nansen, F., 1939: *Collected Works. 5: Among seals and polar bears. Out in the open air*. Leningrad, Glavsevmorput Publishing House, 664 p.
8. Nansen, F., 2012: *Through Siberia*. Moscow, Publishing house “Game of words”, 320 p.
9. Nansen, F., 2019: *Svalbard*. Moscow, Publishing house “Paulsen”, 352 p.
10. Nansen, F., 2010: *“Fram” in the polar sea*. Moscow, EKSMO Publishing House, 511 p.
11. Ugryumov, A. I. and V. P. Korovin, 2004: *On an ice floe to the North Pole. History of polar drifting stations*. St. Petersburg, Gidrometizdat Publishing House, 125 p.
12. Vize, V. Yu., 1956: *Introductory article to F. Nansen’s book “Fram in the Polar Sea”*. **1**, Moscow, Geografiz Publishing House, 355 p.

Submitted 17.03.2022, accepted 18.04.2022.

**For citation:** Pisarev, S. V., 2022: Nansen’s contribution to physical oceanography. *Journal of Oceanological Research*, 2022, **50** (1), 108–121, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50\(1\).10](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(1).10).