

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 551.46(09)

М.Г.Гришин

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

СТЕПАН ОСИПОВИЧ МАКАРОВ И ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБИН ЧЁРНОГО МОРЯ

Представлена значимость работ С.О.Макарова в Босфоре, после которых прошло 130 лет. В связи с этим раскрыты вопросы: как было сделано открытие нижнего течения в Босфоре, какие обстоятельства благоприятствовали этому, какое значение имело это открытие в развитии океанографической науки. Сделана попытка связать идеи С.О.Макарова и работы последующих поколений учёных, и тем самым показать преемственность в исследованиях Чёрного моря – с 1881 до 2010 гг.

Ключевые слова: *С.О.Макаров, Чёрное море, Босфор, водообмен, океанография, прибосфорский район.*

В 2011 г. научный мир мог бы отметить 130 лет открытия капитаном С.О.Макаровым (1848 – 1904 гг.) нижнего течения в проливе Босфор. Наиболее хорошо тема работ С.О.Макарова в Босфоре раскрыта крупным специалистом-океанографом А.Д.Добровольским [3]. Безусловно, работы С.О.Макарова имеют связь с современным временем. Представляется небезынтересным отметить усилия учёных – последователей С.О.Макарова в изучении водообмена Чёрного и Средиземного морей в XX и XXI вв. Мы выбрали наиболее, по нашему мнению, характерные работы, посвященные этой проблеме [23, 26, 29 – 32]. С.О.Макаровым была заложена идея океанологических исследований Чёрного моря и в последующем она была широко развита.

Целью настоящей работы является попытка показать значимость работ С.О.Макарова в Босфоре. Вторая цель – показать развитие идеи океанологических глубоководных исследований Чёрного моря в XX и XXI вв.

Задачи настоящей работы: обзор развития океанографии во второй половине XIX в., показать условия развития океанологических исследований в то время, когда сделал своё открытие С.О.Макаров; С.О.Макаров как океанограф: его краткая биография до 1881 г.; обнаружение и научное объяснение течений в Босфоре; научные последствия работ С.О.Макарова; исследования Чёрного моря в XX в.; исследования Чёрного моря в XXI в.

Хронологические рамки работы охватывают 1853 – 2010 гг.

Развитие океанографии во 2 половине XIX в. В начале XIX в. начались наблюдения над отдельными океанологическими характеристиками в открытом океане – определялась температура воды, ее удельный вес, прозрачность, исследовались живые организмы, населяющие эту воду и т. д. К началу второй половины XIX в. отдельные экспедиции собрали уже большое количество сведений об океанах, но все эти сведения были разрознен-

ными, и общие представления о распределении океанологических характеристик в океане и о процессах, протекающих в нем, были весьма неопределенными и нередко противоречивыми. Систематический и согласованный сбор данных наблюдения за морем начат благодаря усилиям американского океанографа Мэтью Фонтена Мори. Он одним из первых рассматривал океан как систему циркуляции при взаимодействии ветра с водой. Мори в 1853 г. предложил систему международного обмена информацией. Система предусматривала обмен стандартными сообщениями о результатах наблюдений, заносимых в судовые журналы торговых судов. Это привело к накоплению большого количества данных о температуре, течениях, приливах и метеорологических условиях в районах судоходных путей. Решение проблемы изучения явлений в поверхностных и глубинных слоях удаленных районов океана стало задачей более поздних океанографических экспедиций. С борта судов "Лайтинг" (1868 г.) и "Поркюпайн" (1869 – 1870 гг.) было определено, насколько это было возможно приборами того времени, что температура воды была одинаковой на различных глубинах в различных районах океана. Был сделан вывод, что в океане существует активная циркуляция, а биологическое драгирование показало, что даже на значительных глубинах есть живые организмы. Эти результаты вызвали необходимость коренного пересмотра прежних взглядов, а также необходимость проведения дальнейших исследований и сбора данных.

В 1871 г. в Одессе была организована морская биологическая станция, переведенная позже в Севастополь и положившая начало известному Институту биологии южных морей. Изучение фауны и флоры Чёрного моря с этого момента стало систематическим.

Кругосветная английская экспедиция на судне "Челленджер" (1872 – 1876 гг.) впервые выполнила полный комплекс научных исследований от верхних слоев до дна океана. "Челленджер" – корвет водоизмещением 2305 т со вспомогательным двигателем в 1234 л.с. За три с половиной года судно прошло 69000 миль по Атлантическому, Индийскому и Тихому океанам, спускаясь к югу вплоть до Антарктического ледового барьера. Под руководством Чарльза Уайвилла Томсона и Джона Мёррея экспедиция нанесла на карту около 140 млн. кв. миль океанического дна. Было открыто 4417 новых видов живых организмов и 715 новых родов. Ученые, находившиеся на борту «Челленджера» анализировали большое количество данных прямо на борту. Были выполнены 362 глубоководные станции. Проводилось измерение глубин с помощью лота, брались образцы донных пород, что позволило составить первую карту распределения отложений морского дна. Во время экспедиции было испытано много новых приборов и методов для исследования океана. Новая идея измерения глубины была предложена У.Томсоном во время плавания на "Челленджере". У.Томсон для измерения глубин предложил гидростатический глубомер, основанный на действии гидростатического давления воды [1]. Обработка результатов экспедиции продолжалась несколько лет и составила труд объемом в 50 томов. Поэтому справедливо считается, что плавание "Челленджера" явилось поворотным пунктом в развитии морской науки, с этого плавания начинается целенаправленное исследование Мирового океана [2]. Плавание "Челленджера"

открыло эру исследовательских океанографических плаваний. Вклад "Челленджера" в познание физических, биологических, химических и геологических процессов в океане лег в основу всех океанографических исследований и не утратил значения до наших дней.

Развивалось гидрографическое изучение малоисследованных берегов и прибрежных глубин. Издавались всё более подробные и более современные атласы, морские навигационные карты, лоции морей и руководства для плавания.

В течение раннего периода океанографических работ (1873 – 1914 гг.) значительный вклад в общие познания об океане внесли немецкие экспедиции на судах "Газелль" (1874 – 1876 гг.), "Националь" (1889 г.), "Вальдивия" (1898 – 1899 гг.), "Гаусс" (1901 – 1903 гг.), "Планет" (1906 – 1907 гг.), "Дейчланд" (1911 – 1912 гг.). В тот же период работали американские экспедиции на судах "Блэк" (1877 – 1886 гг.) и "Альбатрос" (1887 – 1888 гг.) в Атлантике, Карибском море и северной части Тихого океана с целью изучения течений и проведения важных физических измерений. С 1884 по 1922 гг. принц Альберт I Монакский на специально построенных судах "Принцесса Алиса" и "Принцесса Алиса II" проводил систематические биологические работы в Северной Атлантике и Средиземном море. В Монако был учрежден специальный институт для продолжения таких работ. Экспедиции под началом норвежцев Нансена и Хелланда-Хансена подчеркнули важность измерения океанской температуры и солёности с большой точностью.

Все это подготавливало переход от океанографии как описательной и статистической части географии к океанографии как части современной геофизики.

Как науки, как системы знаний, океанографии во второй половине XIX в. еще не существовало. Океанография только зарождалась и не имела теоретических основ. Очень туманны были представления о законах, управляющих явлениями в океане. Поэтому представляла огромную трудность **постановка** задачи, выяснение вопроса о том, **что** надо наблюдать. Из за того, что океанографический инструментарий был тогда очень бедным, очень сложно было решить **чем и как** надо наблюдать [3 – 4]. Формирование океанографии как науки закончилось только через 36 лет после первых опытов С.О.Макарова в Босфоре – к 1917 г., когда вышел в свет ставший классическим труд известного нашего отечественного учёного Ю.М.Шокальского «Океанография» [5]. В конце XIX и в начале XX вв. шло накопление научных данных и осмысливание их. И в этом процессе рождения океанографии чрезвычайно большая заслуга принадлежит С.О.Макарову, он по праву считается одним из основателей этой науки [6].

С.О.Макаров и его интерес к океанографическим проблемам. С.О.Макаров начал заниматься океанографией как любитель, но благодаря своему пытливому уму и любви к науке стал в этой области ученым с мировым именем. Его труды положили начало целой эпохе в исследовании Мирового океана. С.О.Макаров родился в г.Николаев 27 декабря 1848 г. в семье матроса, выслужившегося в прапорщики – низший офицерский чин. Поступив в возрасте десяти лет в морское училище в Николаевске-на-Амуре, С.О.Макаров с отличием окончил его в 1865 г. Еще в училище С.О.Макаров совершил несколько плаваний по Тихому океану, которые за-

родили в нем любовь и интерес к морю. В 1867 г. отмечена была первая опубликованная научная работа девятнадцатилетнего С.О.Макарова – статья в «Морском сборнике» о приборе для определения девиации компаса [7]. В мае 1869 г. С.О.Макаров был назначен на броненосную лодку "Русалка". Авария "Русалки" дала толчок к созданию Макаровым «теории непотопляемости и живучести судна» – термин, предложенный самим Макаровым. Работы С.О.Макарова были настолько серьезны и значимы, что он был произведен «за отличие» в лейтенанты после полутора лет пребывания мичманом, т. е. значительно раньше установленного срока. С 1870 по 1873 гг. С.О.Макаров снова на одном из кораблей Тихоокеанской эскадры. В русско-турецкую войну 1877 – 1878 гг. С.О.Макаров командует пароходом "Великий князь Константин", переоборудованный в плавучую базу минных катеров. В результате действий С.О.Макарова Чёрное море было очищено от неприятельского флота.

В октябре 1881 г. С.О.Макаров был назначен командиром парохода «Тамань», находившегося в Константинополе в распоряжении русского посольства. Еще во время русско-турецкой войны С.О.Макаров заинтересовался течениями Босфора. К этому его побудило то обстоятельство, что знание скоростей в проливе между Чёрным и Мраморным морями может пригодиться для постановки мин в фарватере [3, 8]. Кроме того, он не мог пройти мимо того факта, что о течениях в Босфоре существовали разноречивые сведения, особенно о нижнем, несущем воды из Мраморного моря в Чёрное. По признанию самого С.О.Макарова, по приходе его в Константинополь в начале ноября 1881 г., **«слыша несколько раз о нижнем течении как о поверье, я решился, так или иначе, убедиться, насколько поверье это основательно»** [9]. Рыбаки утверждали, что нижнее течение существует, а в книгах – даже в лощиях – о нем либо вовсе умалчивалось, либо существование его отрицалось, только встречались единичные, крайне редкие высказывания умозрительного характера о его возможности [3, 6, 9]. С.О.Макаров никогда до этого не занимался океанографическими исследованиями. Он не располагал инструментами, необходимыми для наблюдений, не имел книг по методике производства наблюдений. Ему пришлось самому придумать методику, изобретать и изготавливать приборы, учиться понимать океанографические данные. И сама наука эта только еще начинала развиваться, так что и учиться-то особенно было не у кого [6 – 7].

Современный исследователь Р.В.Кондратенко [10] на основании архивных документов убедительно опровергает сложившийся в исследовательской литературе взгляд о том, что С.О.Макаров занялся изучением течений Босфора исключительно по своей любознательности и инициативе. Р.В.Кондратенко показывает, что С.О.Макаров 22 октября 1881 г. получил секретное предписание управляющего морским министерством контр-адмирала А.А. Пещурова: "Собрать гидрографические, метеорологические и топографические данные о берегах Босфора и выяснить: а) возможен ли десант на эти берега, в каких местах и в каких силах..." Четвертым пунктом предписания значилось: "Изучить условия заграждения Босфора минами в различных местах" [10]. Такие разведывательные сведения собирались ввиду возможной новой войны с Турцией, в ходе которой Россия намеревалась ре-

шить вопрос о свободном проходе Босфора и Дарданелл для своей торговли.

Открытие и научное объяснение течений в Босфоре. В наличии обратного течения на глубине С.О.Макаров удостоверился непосредственным опытом. Этот опыт был столь же остроумен, как и прост. С.О.Макаров вышел на четырехвесельной шлюпке на середину пролива, опустил на глубину анкерок в пять ведер с привязанной к нему балластиной, не достигавшей дна, и обнаружил, что этот плавающий на глубине анкерок буксирует шлюпку против значительного поверхностного течения [9, 11]. Такого эффективного и неопровержимого результата не ожидал даже сам Макаров [3].

Решив исследовать вопрос с научной полнотой и обстоятельностью, С.О.Макаров построил судовыми средствами в машинной мастерской самодельный прибор. Пользуясь разбросанностью по берегам Босфора посольских вилл и коттеджей, С.О.Макаров подходил к ним на «Тамани», производил систематические наблюдения, определяя попутно и глубины Босфора, далеко не полно показанные на картах. Вместе с тем батометром (тоже самодельным) он доставал пробы воды с разных глубин и измерял их плотность, температуру и соленость точными термометрами и ареометрами [11]. Эти наблюдения убедили его, что внизу идет более соленая и плотная вода Средиземного моря, а по поверхности – более легкая вода Чёрного моря.

Изучая литературу предмета, С.О.Макаров нашел совершенно забытое сочинение итальянского ученого Марсилли (изданное в 1681 г.) – описание исследования последним течения Босфора и опыта с цистерной, наглядно воспроизводившего это явление. С.О.Макаров усовершенствовал прибор Марсилли и повторил его опыты [9].

По мере выяснения явления вставали все новые вопросы, для решения которых С.О.Макаров ставил новые наблюдения, а в итоге он получил почти исчерпывающую картину всего явления в целом и сумел поставить его в связь с океанологическими явлениями в Мировом океане.

С ноября 1881 г. по сентябрь 1882 г. в разных районах Босфора С.О.Макаров сделал четыре тысячи определений температуры, столько же определений солёности и тысячу измерений скорости. Столь большое число измерений оказалось возможным только потому, что Макаров сумел заинтересовать исследованиями своих ближайших помощников – лейтенантов Баркарева и Евницкого, штабс-капитана корпуса флотских штурманов Всеволодова и мичмана Волкова [12 – 13].

Обработав наблюдения, С.О.Макаров пришел к выводу, что нижнее течение создается разностью плотностей черноморских, менее соленых, и мраморноморских, более соленых вод, а верхнее течение – избытком на Чёрном море атмосферных осадков и речного стока над испарением. Далее он показал, что граница между верхним и нижним течениями находится у Мраморного моря на глубине 20 м, а у Чёрного моря – на глубине около 50 м. Наконец, оказалось, что объем вод, несомых верхним течением, почти в два раза превышает объем вод, несомых нижним течением, и что уровень Чёрного моря почти на 43 сантиметра выше уровня Мраморного моря [9].

После всех этих работ С.О.Макаров писал А.А.Пешурову 24 декабря 1881 г.: "Нужно ли мне говорить Вашему Превосходительству, какое важное значение все это имеет по отношению к минному заграждению" [10].

Результатом этой работы явился выдающийся труд «Об обмене вод Чёрного и Средиземного морей», напечатанном в 1885 г. в «Записках» Академии наук. Огромное значение этой книги сразу было признано учеными. На основании весьма лестного отзыва академика Шренка Академия наук в 1887 г. присудила «сочинению капитана Макарова неполную премию митрополита Макария» [11]. Результаты его работы были столь значительны, что сразу поставили его в число первых ученых-океанографов того времени. С этих пор С.О.Макаров уже не оставлял занятий океанографией. В 1887 г. С.О.Макаров был избран действительным членом Русского географического общества.

С.О.Макарову удалось провести исследования, которые не только дали полное решение загадки нижнего течения Босфора, но и раскрыли:

- 1) основные закономерности изменений верхнего и нижнего течений;
- 2) их причины и изменчивость во времени;

3) С.О.Макаров сумел поставить ряд крупных океанографических проблем общего характера [6].

Научные последствия открытия С.О.Макарова. В своем исследовании Босфора С.О.Макаров касается глубоких теоретических вопросов, которые в XIX в. не только еще не были разрешены, но и никем еще не были до него поставлены.

По подсчетам С.О.Макарова, верхнебосфорское течение уносит из Чёрного моря 390 км^3 в год, а нижнее течение из Мраморного моря вносит в Чёрное 212 км^3 в год. Разница (178 км^3 в год) представляет собой так называемый положительный пресный баланс, т.е. превышение осадков и пресных речных вод, вносимых в Чёрное море с суши, над испарением. Определение водообмена и подсчет водного баланса Чёрного моря позволяют детализировать водные массы Чёрного моря и их гидрологические свойства. С.О.Макаров понимал, что, решая проблему водообмена Чёрного и Средиземного морей, он отыскивает ключ к пониманию режима Чёрного моря. С.О.Макаров количественно и качественно разрешил проблему водного баланса, чрезвычайно актуальную в современной океанографии [4]. Первое правильное представление о структуре водных масс Чёрного моря было дано С.О.Макаровым. Последующие исследования полностью подтвердили его общие положения и уточнили количественные характеристики.

С.О.Макаров обнаружил постепенное осолонение верхнего течения по мере продвижения к Мраморному морю и постепенное распреснение нижнебосфорского течения по направлению к Чёрному. Это явление он объяснил процессом смешения средиземноморской и черноморской вод, возникающего в форме турбулентного перемешивания. Процессы перемешивания в современной океанографии являются важнейшими динамическими процессами, определяющими формирование водных масс океанов и морей. Этим выводом С.О.Макаров затронул одну из центральных океанографических проблем [4]. Современные наблюдения полностью подтвердили предположения Макарова, и теперь океанографы уделяют большое внимание перемешиванию вод в океане. Своими наблюдениями С.О.Макаров заложил основы учения о перемешивании океанических вод, нашедшего продолжение и развитие в работах советского океанолога Н.Н.Зубова [6].

С.О.Макаров выдвинул проблему плотностных течений – важнейшую

океанологическую проблему в познании общей циркуляции вод океана. Разность плотностей различных по природе вод вызывает на одной и той же глубине разность давления. Основы теории циркуляции, высказанные Макаровым, широко применяются к исследованию морских течений и в настоящее время, представляя собой один из важнейших моментов современной динамической океанографии [4, 6].

Изучая явления в Босфоре, С.О.Макаров пришел к очень важному выводу: "Течение в Босфоре интересно не только как местное явление, но и как средство к разъяснению общих законов движения вод в океанах" [9]. Эти работы оставили яркий след в научной жизни С.О.Макарова и послужили толчком к началу целой серии исследований в Атлантическом, Индийском и, особенно, Тихом океанах [8]. В последующих плаваниях С.О.Макаров повторил подобные исследования в других проливах мира. Он лично побывал во всех наиболее значительных проливах: Датских проливах, Ла-Манше, Гибралтаре, в Дарданеллах, в Баб-эль-Мандебском, Малаккском, Формозском, Лаперуза и других [6].

Вблизи устья реки Ла-Плата во время плавания на "Витязе" С.О.Макаров отметил подсасывание глубинных вод поверхностным течением. Это явление он объяснил тем, что воды Ла-Платы, создавая в океане поверхностное течение и вовлекая в это движение подповерхностные воды, тем самым подсасывают к поверхности более холодные глубинные воды [14].

Внимание С.О.Макарова в Тихом океане привлекло также Межпассатное противотечение. Он наметил программу исследований в этом районе океана с целью выяснения причин и природы Межпассатного противотечения. Эта программа дала толчок многим позднейшим теоретическим исследованиям. Советский ученый В.В.Штокман разработал физическую теорию, объясняющую многие особенности Межпассатного противотечения [6].

Главным достоинством первого океанографического исследования С.О.Макарова является широта и комплексность постановки решения задачи. Решая проблему водообмена между Чёрным и Мраморным морями, он разрешил целую серию вопросов как общеокеанографического, так и частного порядка. Данные, полученные Макаровым о течениях Босфора, пролили свет на многие особенности гидрологического режима и палеогеографии Чёрного моря. Первое исследование Макарова заложило фундамент в разрешении теоретических и практических задач молодой науки – океанографии. Позднее работы русских исследователей И.Б.Шпиндлера, Ф.Ф.Врангеля, Н.И.Андрусова, А.А.Лебединцева, А.А.Остроумова, Ю.М.Шокальского и других участников всестороннего изучения Чёрного моря основывалось именно на этих положениях, выдвинутых в работе С.О.Макарова. Работа С.О.Макарова в Босфоре была отнесена крупнейшими океанографами мира к числу классических исследований по изучению морей.

Исследования Чёрного моря в XX в. Исследования динамики Чёрного моря, его циркуляции, связи с Мировым океаном, климата были продолжены в XX в.

Чёрное море интересно тем, что благодаря большим глубинам, значитель-

ному протяжению, представляет собой естественную "лабораторию" для исследования на месте физических, химических и биологических процессов [15].

В [16] рождение физики моря как научной дисциплины относят к 1921 г. в связи с первыми исследованиями известного учёного В.В.Шулейкина на Чёрном море.

В 1923 – 1935 гг. проводится Черноморская океанографическая экспедиция под руководством Ю.М.Шокальского. Были выполнены наблюдения на большинстве станций до максимальных глубин: 2000 – 2400 м. По результатам работ экспедиции была составлена новая батиметрическая карта Чёрного моря, во многом изменившую представления о рельефе чаши водоема.

В 1929 г. была основана Черноморская гидрофизическая станция. Основное место в проблематике работ станции заняли исследования тепловых явлений [17]. В связи с этим событием следует упомянуть, что С.О.Макаров после богатых результатов морских экспедиций в Тихом океане и Северном ледовитом океане постоянно сетовал на отсутствие научного центра, посвященного целиком исследованию моря [16]. С созданием Черноморской гидрофизической станции этот важный пробел был устранен, и исследования природы моря обрели прочное основание.

В 1931 – 1932 гг. были опубликованы новые лоции Чёрного и Азовского морей.

В 1932 г. была проведена экспедиция на борту гидрографического судна "Гидрограф" в восточную часть Чёрного моря [16, 18]. Впервые было детально исследовано холодное течение, идущее от Синопа к Туапсе, и обнаружены внутренние волны высотой в десятки метров.

Исследования под руководством Ю.М.Шокальского и его преемников в годы перед Великой отечественной войной (1941 – 1945 гг.) заложили основы современного познания Чёрного моря, способствовали созданию современных лоций и карт разных масштабов и различного содержания.

Под руководством В.В.Шулейкина на Чёрном море проводились регулярные гидрофизические исследования: в 1938 – 1941 гг. – на первом судне Черноморской гидрофизической станции "Юлий Шокальский", в 1953 – 1970 гг. – на новом экспедиционном судне, вновь названном "Юлий Шокальский" [18 – 19]. На станции разрабатывалась теория климата и погоды.

В 1948 г. на базе Черноморской гидрофизической станции был организован Морской гидрофизический институт [20]. Одной из задач института должны были стать океанографические исследования Чёрного моря [21].

В 1950 г. В.В.Шулейкин [19] подвёл итоги работы станции: она "позволила найти новые пути в физике моря, в океанографии, охватывающие другие области мирового океана. Она дала возможность разработать новые методы мореведения, новые приборы, которые распространились на всех наших морях и за их пределами".

В Советском Союзе ведущую роль в изучении Чёрного моря играли научные институты и организации, находящиеся в Севастополе и располагавшие многими хорошо оснащенными научно-исследовательскими судами. Это, прежде всего, уже упомянутые выше Морской гидрофизический институт, переведенный в 1961 – 1963 гг. в Севастополь из Москвы (НИС "Михаил Ломоносов", НИС "Академик Вернадский", НИС "Профессор Колесников") и

Институт биологии южных морей (НИС “Академик Ковалевский”, НИС “Профессор Водяницкий”) Академии наук СССР, а ныне – Национальной академии наук Украины [2]. Кроме того, здесь базировались научные суда Севастопольского отделения Государственного океанографического института (СО ГОИН) и гидрографической службы Черноморского флота. К Севастополю были приписаны и научные суда Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (“Академик Петровский”, “Московский университет”), научные рейсы которых в летний период совмещались с учебной практикой студентов. В Геленджике активно действовало Южное отделение Института океанологии Академии наук СССР, где проводились экспедиции на НИС “Академик Вавилов”, НИС “Академик Шишов”, в частности, для изучения шельфа и геологического строения Черноморской впадины в конце 50-х гг. В результате этих исследований были составлены более точные батиметрические, геофизические и геоморфологические карты моря [2]. В Новороссийске базировались более крупные суда Института океанологии АН СССР – НИС “Витязь”, НИС “Профессор Штокман”.

Обширную прибрежную зону вдоль южного Анатолийского побережья моря, а также водообмен в проливе Босфор изучают турецкие океанографы. В их распоряжении есть НИС “Пири Рейс” Центра морских наук и технологий в Измире и другие суда [2].

Наиболее подробные и разносторонние исследования Чёрного моря были выполнены во второй половине XX в. (50-е – 80-е гг.) во многих экспедициях на упомянутых выше, а также других научных судах [2].

В 1960 г. состоялся 9 рейс НИС “Михаил Ломоносов” в Чёрном море [22]. Экспедиция должна была выполнить исследования обмена вод Чёрного моря в связи с решением задачи по разработке методов теплового и динамического режима моря. Особое внимание было уделено изучению обмена вод между Чёрным и Мраморным морями.

Изучалось радиоактивное загрязнение Чёрного моря [23]. Были установлены величины стронция-90 в октябре 1960 г. в открытой части моря и его увеличение в придонном слое прибосфорского района. Было высказано предположение, что такое увеличение характерно для мраморноморских вод, которые после выхода из Босфора быстро опускаются в придонные слои и без значительного разбавления проникают в Чёрное море.

В 1962 – 1963 гг. был проведен 12 рейс НИС “Михаил Ломоносов”, работы проводились в Чёрном и Средиземном морях [22].

В 1972 г. в 6 рейсе НИС “Академик Вернадский” изучались общая схема циркуляции вод в Чёрном море, турбулентная структура течений, водообмен Чёрного и Средиземного морей через пролив Босфор, динамика вод холодного промежуточного слоя в летний сезон и определение интенсивности вертикального переноса, границы зоны кислородной жизни и сероводородного заражения, важнейшие параметры химических, геомагнитных, оптических и акустических полей Чёрного моря [24].

В 1973 г. в 7 рейсе НИС “Академик Вернадский” изучались общая схема циркуляции в Чёрном море, турбулентная структура течений, водообмен Чёрного и Средиземного морей, динамика вод холодного промежуточного слоя в период его формирования, определение интенсивности вертикально-

го переноса, границ зоны кислородной жизни и сероводородного заражения, а также важнейших параметров химических, геомагнитных и оптических полей Чёрного моря [24]. В этом рейсе прямые измерения течений, гидрологические и гидрохимические данные не дали указаний на вынос высокосоленых мраморноморских вод в Чёрное море через пролив Босфор. Гидрохимические наблюдения подтвердили трехслойную вертикальную структуру вод Чёрного моря. Было показано, что поверхностный 200-метровый слой занят водами, насыщенными кислородом, что количество кислорода меняется по акватории моря. Было обнаружено, что ниже 300 – 350 м водная толща до самого дна заражена сероводородом.

В 1975 г. расчеты течений прибосфорского района Чёрного моря по данным 9 рейса НИС "Академик Вернадский" и 23 – 25 рейсов НИС "Михаил Ломоносов" подтвердили мнение о постоянном поступлении средиземноморских вод в Чёрное и черноморских вод в Мраморное моря, независимо от направления господствующего в данном районе ветра в тот или иной сезон [25].

В 1976 – 1978 гг. выполнялась программа комплексных исследований Чёрного моря Совместные комплексные океанологические исследования Чёрного моря (СКОИЧ), с участием основных черноморских организаций (Морской гидрофизический институт, Институт биологии южных морей, СО ГОИН, Гидрографическая служба Черноморского флота). В задачи этих работ входила оценка изменений в гидрологии Чёрного моря, с учетом антропогенных воздействий [2].

В 1976 – 1977 гг. в 14 рейсе НИС "Академик Вернадский" работы проводились по проекту "Чёрное море" и программе СКОИЧ [24].

Проводились исследования турбулентного перемешивания. В работе [26] был сделан вывод о том, что значительная турбулизация глубинных слоев опровергает некоторые гипотезы о застойности глубинных вод Чёрного моря. Было показано [26], что солёность глубинных вод в слое от 400 м до дна определяется доминирующим влиянием вод средиземноморского происхождения, которые поступают в виде нижнебосфорского течения в северо-западную часть моря.

В июле – августе 1978 г. Морской гидрофизический институт провел комплексные исследования всей глубоководной части моря на НИС "Михаил Ломоносов" [15]. Основной задачей рейса было изучение полей температуры, солёности, плотности глубоководной части моря с целью выяснения механизма формирования глубинных вод моря. При этом впервые в истории изучения Чёрного моря на всех станциях батометры подвешивались от глубины 300 м до дна через каждые 100 м.

Выполненные в 1960 – 1970 гг. разными организациями многочисленные океанографические съемки прибосфорского района показали, что подводный порог в проливе не препятствует прохождению мраморноморских вод. Эти воды в Чёрном море обнаружены на расстоянии 25 – 50 км от пролива во все сезоны даже при самых неблагоприятных ветровых ситуациях и максимальных перепадах уровня в Босфоре. Другой результат заключался в том, что при выходе в Чёрное море струя нижнего течения имеет северо-западное направление, а не северо-восточное, как следовало бы ожидать вследствие эффекта вращения Земли. Только за пределами материковой от-

мели в области действия Основного черноморского течения поток мраморноморских вод движется на восток [27].

В 1979 – 1995 гг. проводились в Атлантическом океане и его морях исследования на НИС "Профессор Колесников" [28]. В основном он использовался для исследований Чёрного моря. Оборудование судна позволяло проводить широкий комплекс самых разнообразных исследований: отбирать пробы воды большого объёма, осуществлять буксировку различных устройств, отбирать пробы донных отложений трубками и драгами, проводить зондирование различными приборами. На этом судне был выполнен ряд исследований на полигонах, покрывающих большую часть моря. Проведенные исследования позволили установить ряд особенностей в структуре и динамике вод, оптических характеристиках, содержании радионуклидов, составе донных отложений. Полученные материалы существенно дополнили банк океанографических данных.

В 1980 г. в 23 рейсе НИС "Академик Вернадский" изучалась пространственно-временная изменчивость гидрофизических характеристик Чёрного моря [24].

В ноябре 1983 г. в 28 рейсе НИС "Академик Вернадский" было обнаружено, что в районе у пролива Босфор существует вертикальная структура полей температуры и солёности, максимумы температуры и солёности обусловлены распространением вод средиземноморского происхождения [24].

В 1985 г. в 31 рейсе НИС "Академик Вернадский" было сделано следующее открытие: в осенний период выявлена резкая переслоенность вод прибосфорского шельфа, связанная с меандрированием Основного черноморского течения и пульсациями нижнего течения пролива Босфор; трансформация мраморноморских вод наиболее интенсивно происходила в шельфовой зоне и узкой области материкового склона [24]. От пролива до границ шельфа босфорские воды распространяются вдоль дна, постепенно смешиваясь с черноморской водой [29].

В 1996 г. выходит монография [30], в которой была показана важная роль потоков пресных речных и солёных мраморноморских вод, поступающих через Босфор, в образовании циркуляции вод Чёрного моря.

Исследования Чёрного моря в XXI в. Для современного этапа исследований Чёрного моря характерно использование современной аппаратуры, автономных приборов, дистанционных (спутниковых) методов получения информации, в сочетании с наблюдениями в море (*in situ*). Спутниковые данные, такие как инфракрасные радиометрические, альтиметрические и слежения за дрейфтерами, используются, в основном, сотрудниками Института океанологии РАН и Морского гидрофизического института НАН Украины [2].

В монографии [31] 2006 г. выпуска раскрывается понятие "оперативная океанография Чёрного моря", как быстро развивающейся области океанологии, целью которой является создание систем непрерывного мониторинга, как всего Мирового океана, так и его внутренних, окраинных и шельфовых морей; обсуждаются общие принципы и методы оперативной океанографии и конкретные результаты ее развития применительно к Чёрному морю.

В [32], опубликованной в 2007 г., исследуется явление придонного пограничного слоя в Чёрном море: вычислены коэффициенты турбулентной

диффузии и потоки температуры и солёности придонного пограничного слоя. Показано разнообразие профилей придонных течений.

Большие возможности для исследований в Чёрном море и координации международного сотрудничества стран Причерноморья в XXI в. предоставила установленная в 1980 г. в Экспериментальном отделении Морского гидрофизического института (бывшая Черноморская гидрофизическая станция) морская гидрографическая платформа для проведения регулярных гидрологических и метеорологических измерений [33]. Платформа расположена на южной оконечности полуострова Крым близ поселка Качивели, Украина и находится на удалении от берега около 600 м; глубина моря около 30 м. Платформа представляет большой интерес как полигон для отработки новых методов дистанционного зондирования морской поверхности с помощью искусственных спутников Земли.

Издан Океанографический атлас Чёрного и Азовского морей (2009 г.) [34]. Атлас содержит комплексную научную информацию о состоянии среды и основных особенностях Чёрного и Азовского морей. В нем представлены карты, с высокой степенью детализации отражающие океанологические, климатические, гидрографические и другие характеристики этих морей, и созданные с использованием наиболее полных массивов данных.

Результаты многолетних океанографических наблюдений на Чёрном море сконцентрированы в нескольких базах данных, включающих, с некоторыми отличиями, порядка 100 тыс. гидрологических станций. Основные базы океанографической информации по Чёрному морю находятся во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации (Обнинск), в Морском гидрофизическом институте (Севастополь), Государственном океанографическом институте (Москва) и на кафедре океанологии Московского государственного университета [2].

В 2010 г. было сделано сообщение группой учёных из университета английского города Лидс [35] о том, что на дне Чёрного моря обнаружена подводная река. Исследования этого природного объекта были проведены непосредственно на месте его расположения. Было выяснено, что длина реки составляет 37 морских миль, ширина – более полумили, скорость движения воды – 4 мили в час. Эта река отличается объемом перемещаемой воды 22000 м³/с. Водный поток образован проникновением через пролив Босфор более солёных вод Мраморного моря в менее солёную среду Чёрного моря. По этой причине вода в реке отличается высокой концентрацией соли. С помощью автоматизированного подводного аппарата английскими учёными было определено, что желоб, образованный течением этой подводной реки, местами имеет глубину до 35 м.

Выводы. Общее развитие океанографии во второй половине XIX в. делало благоприятным и возможным открытие С.О.Макаровым нижнего течения в Босфоре. К этому также подтолкнула разведывательная деятельность русского правительства в связи с планами минирования Босфора. В ходе открытия были детально исследованы верхнее и нижнее течения Босфора, их плотность, температура, солёность, направление тока воды, скорость, объем, дано обоснование причин их возникновения. Явление в Босфоре было поставлено в связь с океанологическими явлениями в Мировом океане.

Интерес новых поколений исследователей в XX и XXI вв. к проблеме водообмена Чёрного и Средиземного морей подтверждает, что выводы С.О.Макарова не только остаются актуальными, но и будут обогащаться. С.О.Макаров своими работами заложил идею глубоководных океанографических исследований Чёрного моря и усилиями новых поколений учёных она была реализована и требует своего продолжения в наши дни. Исследования были всесторонне развиты и распространены на всю акваторию Чёрного моря. Над проблемами Чёрного моря объединены силы коллективов больших научно-исследовательских институтов. Пополнялись наши представления о выносе мраморноморских вод в Чёрное море и их вкладе в динамику моря. Получены новые научные результаты, значительно расширившие наши знания о природе вод Чёрного моря. Создается преемственность научного знания, исследователей и их школ. С.О.Макаров останется в памяти людей как один из примеров беззаветного служения науке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белобров А.П. Гидрография моря. – М., 1964. – 515 с.
2. Иванов В.А., Показеев К.В., Шрейдер А.А. Основы океанологии: учебное пособие. – С.-Пб., 2008. – 576 с.
3. Добровольский А.Д. С.О.Макаров – океанограф // С.О.Макаров. Океанографические работы / Под ред. Н.Н.Зубова. – М., 1950. – С.3-28.
4. Дмитриева А.А. Основоположники отечественной океанографии (С.О.Макаров, Ю.М.Шокальский, К.М.Дерюгин). – Л., 1950. – 43 с.
5. Шокальский Ю.М. Океанография. Изд. 2-е. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 538 с.
6. Добровольский А.Д. Степан Осипович Макаров // Русские мореплаватели. – М., 1953. – С.299-316.
7. Зубов Н.Н. Степан Осипович Макаров // Отечественные физико-географы и путешественники / Под ред. Н.Н.Баранского и др. – М., 1959. – С.419-426.
8. Шулейкин В.В. Степан Осипович Макаров // Люди русской науки. Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. И.В.Кузнецова. – т. II. – М.-Л., 1948. – С.1003-1012.
9. Макаров С.О. Об обмене вод Чёрного и Средиземного морей // С.О.Макаров. Океанографические работы / Под ред. Н.Н.Зубова. – М., 1950. – С.29-94.
10. Кондратенко Р.В. Адмирал С.О.Макаров и планы Босфорской операции // Цитадель. – 2002. – № 10. (<http://www.cruiserx.narod.ru/bosfor.htm>)
11. Крылов А.Н. Вице-адмирал С.О.Макаров // Собрание трудов академика А.Н.Крылова. – т. I, ч.2. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – С.126-146.
12. Зубов Н.Н. Отечественные мореплаватели – исследователи морей и океанов. – М., 1954. – 474 с.
13. Добровольский А.Д. Адмирал С.О.Макаров – путешественник и океанограф. – М.: Географгиз, 1948. – 110 с.
14. Зубов Н.Н. Водообмен в проливах Мирового океана // Н.Н. Зубов. Избранные труды по океанологии. – М., 1955. – С.403-442.
15. Нелепо Б.А., Митин Л.И. Совместные комплексные океанографические исследования Чёрного моря (СКОИЧ) // Комплексные исследования Чёрного моря. – Севастополь, 1979. – С.5-8.
16. Бозулавский С.Г., Михайлов Н.П. Черноморская гидрофизическая станция. История создания и развития. – ч.1. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 124 с.

17. Шулейкин В.В. Пути развития советской геофизики // Изв. АН СССР. Серия географическая и геофизическая. – 1948. – т.12, № 4. – С.289-305.
18. Ковешников Л.А., Корнева Л.А., Тимофеева В.А. Научная, педагогическая и общественная деятельность академика Василия Владимировича Шулейкина // Слово об учителе: к 100-летию со дня рождения академика В.В. Шулейкина. – М., 1994. – С.5-19.
19. Шулейкин В.В. Черноморское отделение Морского гидрофизического института // Вестн. АН СССР. – 1950. – № 3. – С.64-71.
20. Шулейкин В.В. К истории Морского гидрофизического института АН УССР // Морские гидрофизические исследования. – 1973. – № 1. – С.5-16.
21. Еремеев В.Н., Суворов А.М. Морской гидрофизический институт // Человек и стихия '88. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С.116-118.
22. Батраков Г.Ф. Экспедиционные исследования на НИС "Михаил Ломоносов". – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – 421 с.
23. Арбузова А.П., Батраков Г.Ф., Еремеев В.Н., Земляной А.Д., Иванова Т.М. О пространственной и временной изменчивости поля радиоактивности Чёрного моря // Комплексные исследования Чёрного моря. – Севастополь, 1979. – С.110-121.
24. Батраков Г.Ф. Экспедиционные исследования на НИС "Академик Вернадский". – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 424 с.
25. Неуймин Г.Г., Васильев А.С. Экспедиционные исследования в девятом рейсе научно - исследовательского судна "Академик Вернадский" // Морские гидрофизические исследования. – 1975. – № 2. – С.178-186.
26. Зац В.И., Розман Л.Д. Структура турбулентного перемешивания в центральных частях Чёрного моря // Комплексные исследования Чёрного моря. – Севастополь, 1979. – С.71-76.
27. Булгаков С.Н. Модель водообмена через пролив Босфор (гидродинамическая оценка условий запираания нижнебосфорского течения) // Морской гидрофизический журнал. – 1990. – № 3. – С.10-15.
28. Батраков Г.Ф. Экспедиционные исследования на НИС "Профессор Колесников". – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 220 с.
29. Беляев В.И., Богуславский С.Г., Еремеев В.Н. Проблемы Чёрного моря // Человек и стихия '88. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С.124.
30. Булгаков С.Н. Формирование крупномасштабной циркуляции и стратификации вод Чёрного моря. Роль потоков плавучести. – Севастополь, 1996. – 243 с.
31. Коротаев Г.К., Еремеев В.Н. Введение в оперативную океанографию Чёрного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 382 с.
32. Кушнир В.М. Придонный пограничный слой в Чёрном море // Океанология. – 2007. – т.47, № 1. – С.39-48.
33. Кузьмин А.В., Горячкин Ю.А., Ермаков Д.М., Ермаков С.А., Комарова Н.Ю., Кузнецов А.С., Репина И.А., Садовский И.Н., Смирнов М.Т., Шарков Е.А., Чухарев А.М. Морская гидрографическая платформа "Кацивели" как подспутниковый полигон на Чёрном море // Исследование Земли из космоса. – 2009. – № 1. – С.31-44.
34. Океанографічний атлас Чорного та Азовського морів / Гол. ред. В.М.Єремеев. – К.: ДУ "Держгідрографія", 2009. – 356 с.
35. На дне Чёрного моря обнаружена... река! // Слава Севастополя. – 2010. – № 142. – 3 августа. – С.1.

Материал поступил в редакцию 24.11.2010 г.