

**ВНЕСОК С.О. МАКАРОВА У РОЗВИТОК
ГІДРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
(остання чверть ХІХ ст.)**

Ім'я вітчизняного флотознавця, теоретика і практика військово-морської справи, вченого і мандрівника Степана Осиповича Макарова (1848-1904) відоме не тільки в Україні, але і за її межами. Своїми дослідженнями Тихого океану С.О. Макаров відродив колишню славу російських мореплавців. Він автор проекту подорожі «К Северному полюсу напролом» і створювач потужного криголаму «Ермак», він героїчний захисник Порт-Артура, загинув на бойовому посту у розквіті своїх творчих сил, своєї популярності і слави. І це тільки найбільш яскраві і широко відомі подвиги його творчої і бойової діяльності. Загалом, С.О. Макаров володів незвичайно різнобічними здібностями. В усій його різнобічній діяльності як ученого-географа є сторони менш відомі – це його діяльність як ученого-океанографа. А про цю сторону його діяльності якраз можна сказати дуже багато. Наприклад, добре відомі його класичні дослідження Тихого океану, які описані в праці «Витязь и Тихий океан» (1894) [1], або його праці в ділянці вивчення криги і криголамні плавання в Північному океані [2] тощо. Ми в даній статті обмежимося розглядом того, що зробив в даному відношенні С.О. Макаров в Середземному морі.

Свою наукову діяльність С.О. Макаров розпочав статтею, присвяченою навігаційному приладові (1867) [3]. Відтак низку статей він присвятив питанню непотоплення корабля і живучості кораблів. Після завершення війни 1877/1878 рр. Росії з Турцією, С.О. Макаров почав активно займатися дослідницькою роботою. Він розумів, що і для флоту необхідно досліджувати океан. Як учений, він дуже цінував науку через її прогресивну роль у розвитку людства. Ось чому він всіляко заохочував розвиток океанографічних робіт і залучав до цього морських офіцерів, постійно стверджуючи, що наукові заняття не тільки не шкодять виконанню

прямих завдань на військово-морських кораблях, але і надають суттєву допомогу розвитку морської справи. С.О. Макаров був гарячим прихильником проведення науковий спостережень на військових кораблях, під час своїх плавань здійснював ці спостереження і навіть залишив спеціальну настанову для їх проведення. Вона стала першою детальною інструкцією з морських спостережень. А власні праці С.О. Макарова в цьому напрямку стали дуже вагомим внеском в науку – океанографію.

Звичайно, захоплення гідрологічними дослідженнями виникло у С.О. Макарова не на порожньому місці. Свої морські подорожі майбутній вчений і адмірал розпочав ще у чотирнадцятирічному віці. Ще кадетом він відправився на кораблі «Богатир» в далеку подорож. Це перше велике плавання дало йому можливість перетнути Тихий океан, побувати в Америці, побачити нові країни. Шлях додому він здійснив на іншому кораблі і іншим шляхом, при цьому, не дивлячись на молодий вік, йому довіряли самотійну вахту. Під час цього плавання він побував у Сітхе, тодішньому центрі так званої Російської Америки, яку відкрили в першій половині XVIII ст. Вітус Берінг, Павло Чириков з іншими російськими мореплавцями. Вже тоді він зумів скласти географічний опис цього порту. У своїх подальших плаваннях він теж складав описи відвіданих ним портів і країн. Так, після війни з турками, його увагу захопили струмені течій в протоці Босфор. С.О. Макаров вважав, що знання швидкостей, з якими рухаються водянні маси в протоці між Чорним і Мармуровим морями може стати в нагоді в будь-яку хвилину для мінної справи. У 1882 р. Степан Осипович в якості корабля пароходу «Тамань» стоїть в протоці під стінами Константинополя і проводить тут гідрологічні дослідження за допомогою приладів, придуманих ним самим. Цей корабель перебував у розпорядженні російського посла в Турції.

Перебуваючи в Константинополі, С.О. Макаров зіткнувся з питанням про течії в протоці Босфор, про які на той час не було бодай якихось відомостей. В цей час говорилося про існування поверхневої течії, яка йшла з Чорного моря до Мармурового, А від звичайних рибаків С.О. Макаров почув, що існує глибинна течія з Мармурового моря до Чорного. Вчений вирішив розібратися в цьому

питанні і блискуче справився з цим завданням, хоча йому довелося подолати багато труднощів. До цього слід додати, що завдання це виникло для нього зовсім неочікувано і він не був готовий до його вирішення. Крім того сама тодішня наука про море ще тільки створювалася і ще не було теоретичних основ, які дозволили б вирішити це завдання.

С.О. Макарову самому довелося розбиратися у складних дослідженнях, відшукувати і навіть винаходити прилади, здійснювати спостереження, обробляти їх і робити висновки. Для своїх спостережень він скористався приладами російського походження: він завжди віддавав перевагу вітчизняним винаходам. Один прилад – барометр для взяття проб води з різних глибин і для визначення температур на різних глибинах – все було зроблено згідно моделі видатного російського фізика Е. Ленца. Беручи участь в експедиції Коцебу на судні «Предприятие» (1821-1824 рр.), Е. Ленц вперше застосував цей прилад, який з тих пір продовжував залишатися кращим. Для спостереження над течіями С.О. Макаров використав дуже цікавий прилад власної конструкції, який він назвав флюктометром. Цей прилад представляв собою пропелер з насадженим на вісь дзвоном, який через кожне обертання давав дзвінок, а в трюмі корабля слухали і рахувати оберти за цими дзвінками. Так як завчасно було встановлено відповідальність між кількістю обертів і швидкістю течії, то завдання визначення швидкості було успішно вирішене.

Крім цього, С.О. Макаров вимірював питому вагу води на різних глибинах за допомогою ареометрів. Цей спосіб, який хоча і відрізнявся високою точністю, в даному випадку був повністю виправданий, тому що густина вод Чорного і Мармурового морів дуже різнилися. За допомогою таких звичайних приладів С.О. Макаров довів, що у Босфорі існують дві течії: поверхнева – з Чорного моря, яка несе опріснені води (адже в Чорне море впадає багато річок, внаслідок чого його солоність приблизно у два рази менше солоності відкритого океану), і інша – глибинна, яка несе солоні води з Мармурового моря до Чорного. Він визначив положення межі між цими двома течіями, знайшов, що вона нахилена від Мармурового моря до Чорного, відкрив найважливіші причини, що викликають ці

зміни, визначаючи також кількість води, яка переноситься тією, чи іншою течією, і зробив багато інших цінних відкриттів. Ця робота зроблена ґрунтовно, науково обґрунтовано. У ній були абсолютно нові для того часу, надзвичайно цікаві для науки результати, які дали право С.О. Макарову отримати за неї премію від Петербурзької Академії наук.

С.О. Макаров висловив гіпотезу про походження обох течій: нижня течія підтримується різницею тисків, що виникають за рахунок перевищення густини води Мармурового моря над густиною води Чорного; верхня течія обумовлена різницею рівнів Чорного і Мармурового морів, що сягають в середньому біля 40 см і піддаються різким коливанням, в залежності від метеорологічних умов.

Крім цього С.О. Макаровим були зроблені наступні висновки:

1. Як верхня, так і нижня течії піддаються коливанням в залежності від зміни умов погоди.

2. Межа між двома течіями йде довжиною протоки не горизонтально, а з ухилом, понижуючись в міру віддалення від Мармурового моря до Чорного. Ця межа витримує періодичні вертикальні коливання (внутрішні хвилі).

3. Верхня течія утворює в бухтах оборотні верхні течії. Те ж відбувається і з нижньою течією, яка створює в бухтах круговерті оберненого крутіння.

4. Кількість води, яка виливається до Мармурового моря нижньою течією, відноситься до кількості води, яку вносить у нього верхня течія з Чорного моря, у відношенні 1 до 1,85.

5. Від'ємний прісний баланс (випадок, коли сума опадів на площу моря і річкового стоку менша від кількості води, що випаровується) Середземного моря і позитивний – Чорного моря створюють різницю рівнів між Чорним і Мармуровим морями в 43 см.

6. В середньому обсяг вод, які привносяться нижньою течією, складав 179 км кубічних за рік, те ж для верхньої течії – 220 км кубічних, тобто надлишок вод Чорного моря дорівнював 151 км кубічний.

7. Середня швидкість верхньої течії 2,3 вузли і найбільша – 3,4 вузли. Швидкість нижньої течії більш постійна, складала біля 1,9 вузла.

С.О. Макаров стверджував, що якщо б не було різниці щільностей між Чорним і Мармуровим морями, то верхня течія, обумовлена лише надлишком прісних вод Чорного моря, була б значно слабкішою, складаючи всього 0,5 вузла. С.О. Макаров віддавав усвідомлював те, що у випадку додаткового підвищення рівня Чорного моря у порівняти і з Мармуровим верхня течія настільки підсилиться, що може абсолютно зупинити нижню течію. Він вирахував, що для цього необхідна різниця рівнів між Чорним і Мармуровим морями не менше, ніж на 80 см. Таку різницю рівнів можуть створити сильні північні вітри, які наганяють воду до південного берега Чорного моря і відганяють її від північного берега Мармурового моря [4, С.74,113, 116]. Звідсіль зрозуміло, що С.О. Макаров не уявляв собі поступання більш солоної води нижньою течією як безперервний потік води, який виливається з глибини Чорного моря – уявлення, яке чомусь тримається ще до цих пір у деяких дослідників. С.О. Макаров чудово розумів і ту обставину, що вода верхньої течії в міру пересування на південь енергійно змішується із зустрічними нижніми водами, захоплюючи частину останньої назад у Мармурове море. Розглядаючи взаємодію атмосферного тиску і течій, С.О. Макаров правильно оцінює тут роль вторинного фактора, а саме вітру, обумовленого різницею тиску. Наведені вище положення що ніким не похитнулися, є основою уявлень про водообмін через Босфор.

С.О. Макаров допускав, що під впливом місцевих (вітрових) умов відбувається тимчасове припинення двошаровості течій з одночасним виникненням суцільного потоку або в сторону Середземного або в сторону Чорного моря. Зрозуміло, що при цих умовах важко говорити про «чистий» обмін, тим паче, що конфігурація і розміри протоки сприяють турбулентному перемішуванню.

Після С.О. Макарова у Босфорі побувала німецька експедиція під керівництвом Мерца (1917-1918 рр.) [5]. Ця спеціальна експедиція, яка працювала майже через 40 років після С.О. Макарова, без сумніву була краще оснащена з технічного боку. Тим більш показово, що цифри водообміну, отримані Мерцем, близькі до цифр Макарова. Аналізуючи причини обмінної циркуляції вод через

Босфор, Мерц здійснив велику помилку, переоцінюючи безпосередній вплив на обмінні течії різницю атмосферного тиску. Якщо уявити собі найбільш можливу різницю тисків між Егейським і Чорним морями в 6 мм, то це буде відповідати різниці у рівнях між цими морями всього у 7,5 см. Як тепер добре відомо, значно більші амплітуди у коливаннях рівня можуть бути викликані сезонними змінами прісної складової балансу, вітровими згонами і нагонами води. Так само невірно доведення Мерцем те, що нижня течія обумовлена падінням (ухилом) дна протоки в напрямку до Чорного моря. Більш Правильним є пояснення С.О. Макарова, який відводить визначальну роль в обміні вод різниці густин і співвідношення прісних балансів Чорного і Середземного морів: позитивного в першому і негативного у другому.

Тільки одна деталь вислизнула від спостереження С.О. Макарова: він вважав, що у роздільному шарі між течіями майже немає руху, тоді як такого шару не існує (згідно спостережень сучасників, які використовували більш чутливі прилади). В часи Макарова про гельмгольцовські хвильові поверхні розділу двох середин, що рухаються, взагалі не думали. А поміж цим такі хвилі існують на межі між поверхневим і глибинним течіями у Босфорі. А Мерц їх знайшов, але не завдяки своїм спостереженням, а власне з тривалих спостережень С.О. Макарова на одному і тому ж місці на фарватері біля Константинополя, які і опрацював заново.

Все сказане ще більше підтверджує стару істину, що при дослідженні якогось явища головна справа у спостерігачі, а не в приладах. С.О. Макаров недосконалими інструментами зумів за 37 років до робіт Мерца, озброєного усім удосконаленням сучасності, відкрити все, що дає повну картину подвійних течій у Босфорі. А нові дослідження тільки підтвердили вірність його висновків.

Перейдем тепер до розгляду ролі С.О. Макарова в дослідженні власне Середземного моря. У 1889 р., командуючи корветом «Витязь», С.О. Макаров зробив на шляху від Порт-Саїда до Гібралтару 15 глибоководних гідрологічних станцій, серед них частина в Гібралтарській затоці. Вимірювалася температура води і питома вага. Цього виявилось достатнім для чудових і дивовижно вірних висновків щодо гідрологічного режиму Середземного моря, які і були опубліковані

у працях С.О. Макарова «Витязь» і Тихий океан» (1894) [1, С.11]. Через 19 років, в результаті дворічних досліджень датського судна «Тор» (1908-1910), коли було зроблено в загальній кількості 185 станцій із застосуванням приладів, ідеї С.О. Макарова були повністю підтверджені. Залишилася лише деталізація його принципових положень. І не дарма гідролог «Тора» Нільсен у своїй праці з гідрології Середземного моря пише: «В усякому разі, власне Макарову ми зобов'язані правдоподібним теоретичним поясненням причин утворення і відновлення придонного шару води».

Як відомо, в Середземному морі до Макарова працювало багато дослідників: Соссюр, Дюмон Дюрвіль, Карпентер і ін. Однак, відомості, добуті різними експедиціями і окремими вченими, залишилися незв'язаними одне з одним. Не було зроблено географічного узагальнення відомих даних з гідрології Середземного моря. Таке узагальнення передбачає, перш за все, вироблення уявлення про вертикальну і горизонтальну циркуляцію вод, що охоплює все море в цілому. А це абсолютно необхідно, наприклад, для судження про походження тієї, чи іншої водної маси, про її подальші перетворення і т.д. Воно рівнозначне створенню теорії, що оживляє факти, які органічно зв'язують їх у єдине ціле, що дає можливість орієнтуватися у пошуках матеріалу, якого не вистачає і передбачити явища, які можуть виникнути у майбутньому.

Перший крок у цьому напрямку і було зроблено С.О. Макаровим, якому ми зобов'язані першим теоретичним поясненням причин утворення і відновлення глибинних вод Середземного моря. Після нього стало зрозуміло, в якому плані слід вести подальші дослідження і на що звернути особливу увагу. Думки С.О. Макарова, підкріплені особистими спостереженнями, ми знаходимо в його вже цитованій праці. Тільки одна завершальна фраза сторінок, присвячених ним Середземному морю, дає ключ до розуміння основних специфічних особливостей гідрології цієї водойми. Ось вона, ця чудова фраза: «На підставі всього викладеного я вважаю, що температура нижньої води Середземного і Червоного морів перебуває в залежності від метеорологічних умов тих місць, звідкіль вона приходить» [1, С.200].

Розглянемо коротко хід роздумів С.О. Макарова. Більш легка вода Атлантичного океану входить верхньою течією у Гібралтарську затоку.

Далі на схід товщина шару цієї води зменшується, а її питома вага, від змішування з більш соленою середземноморською водою, а також в результаті більш сильного випаровування збільшується. Ось чому вода найбільшої питомої ваги зустрічається біля берегів Кіпру (Сирійське узбережжя). Тут С.О. Макаров виявив, що вода має однакову питому вагу по усій вертикалі від поверхні до глибини 800 м. Зрозуміло, робить висновок С.О. Макаров, що при цих умовах зимового охолодження поверхової води буде достатньо, щоб зробити її більш густою і змусити опуститися вниз. Опустившись донизу, пише С.О. Макаров, вода починає свій зворотній рух на захід, причому на високому порозі між Сицилією і Тунісом (глибина 400 м) нижня вода змішується з верхньою менш щільною водою, а тому в західній половині моря питома вага води на більших глибинах значно менша, ніж на тих же глибинах у східній половині моря. Далше С.О. Макаров переходить до питання про походження температури глибинних шарів води. Він вказує, що у деяких місцях, де температура води сягає порівняно низьких значень, «зимою опускання води відбувається енергично, причому у сурову зиму більш охолоджена вода опуститься до більших глибин. Таким чином, слід думати, що температура нижньої води морів Середземного і Червоного відповідає середній зимовій температурі поверхневої води того місця, в якому відбувається опускання». Значить, існують райони, де зимою створюються умови опускання охолоджень, більш щільної поверхневої води до дна. Дана холодна придонна вода, слідує по дну в більш теплі райони, де такого опускання не відбувається, сприяє вирівнюванню придонних температур. Однак там, де таке вогнище опускання відділене від решти моря високим порогом, розтікання холодної придонної води не має місця, внаслідок чого можна спостерігати досить великі горизонтальні градієнти придонної температури. Такі умови спостерігаються в Егейському морі, і перший, хто роз'яснив їх, знову ж таки був знову С.О. Макаров.

Пониження температури глибинних шарів в міру слідування на захід, від Кіпру до Гібралтару, С.О. Макаров пояснює тим, що зимові температури води на

поверхні сягають в західній частині моря більш низьких значень, ніж у східній. Пізніші дослідження різних експедицій блискуче підтвердили викладені думки С.О. Макарова.

На завершення слід згадати, що С.О. Макаров першим виявив велике розмаїття глибинних температур Егейського моря, які мінялися досить сильно на порівняно невеликих відстанях, і пояснив причини цього розмаїття. Велика кількість островів і високих підводних кряжів, які з'єднують ці острови, ділить Егейське море на ряд більш або менш ізольованих басейнів, що і визначає індивідуальний характер глибинних вод. Тут є повна аналогія із Середземним морем, західна і східна частина якого, розділена Сицилійським порогом і така, що перебуває в різних кліматичних умовах, мають як ми бачили раніше, такі різні властивості глибинних вод. Це пояснення С.О. Макарова отримало повну підтримку в більш пізніх дослідженнях, які стосуються Егейського моря.

Нарешті, С.О. Макаров на основі спостережень, зроблених ним у Гібралтарській протоці, вперше визначив стан пограничної поверхні, яка відділяє атлантичні води від середземноморських. Створена ним раніше теорія водообміну через протоку Босфор була з успіхом застосована і до пояснення обмінних течій в Гібралтарській затоці. Нільсен і пізніше Шотт, розглядаючи водообмін через Гібралтарську затоку з кількісного боку, повністю скористалися розрахунковим методом С.О. Макарова, застосованим ним для тієї ж цілі до Босфору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Макаров С.О. «Витязь» и Тихий океан, – Спб., 1894. – 2 тома.
2. Макаров С.О. «Ермак» во льдах. – Спб., 1901. – 2 части.
3. Макаров С.О. Инструмент Адкинса для определения девиации в море // Морской сборник. – 1867. – №10.
4. Добровольский А. Степан Осипович Макаров – выдающийся русский путешественник и океаногеограф. – Москва, 1949. – 24 с.
5. Макаров С.О. Об обмене вод Черного и Средиземного морей. – Спб., 1885.

6. Merz A. Hydrographische Untersuchungen Bosporus und Dardanellen. – Berlin, 1928.