



EXPERIMENTAL DATA ON THE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE OCEAN WATERS IN THE WATER AREA OF THE BULGARIAN ANTARCTIC BASE ON LIVINGSTON ISLAND

Abstract: The article presents the first real data on the hydrological characteristics of ocean waters in the waters of the Bulgarian Antarctic base "St. Kliment Ohridski" on Livingston Island, Antarctica. During the 28th Bulgarian Antarctic Expedition in November-December 2019, the first monitoring measurements of some of the most important vertical gradients in the study of ocean systems such as temperature, salinity and electrical conductivity were carried out. The monitoring was carried out in a pre-selected key section of the littoral zone, according to a peculiar profile - on the shore, with appropriate exposure to the wave and at a distance from the shore - up to several nautical miles inland. The first data for the vertical hydrochemical structure of the ocean water body in the area of BAB are obtained through the measured values of the indicated physicochemical parameters for different water horizons, both for the surface layer and for separate water layers up to a depth of 8 meters, with step of one meter. For the operational oceanographic measurements a specialized salinity logger, the necessary software for it, as well as an optical USB base station are used.

Author information:

Raina Hristova

Assoc. Prof. Dr.

Institute of Oceanology, Bulgarian academy of Sciences,
Varna

✉ r.hristova@io-bas.bg

🌐 Bulgaria

Borislav Alexandrov

Assoc. Prof. Dr. Eng.

Bulgarian Antarctic Institute

✉ alexandrov_b@abv.bg

🌐 Bulgaria

Keywords:

Antarctica, monitoring, oceanographic data,
marine geodesy, hydrographic
measurements

Въведение

През ноември 2019 година стартира 28-та българска антарктическа експедиция. В научната програма беше заложено поставяне началото на системно, мониторингово изследване на физико-химичните параметри на океанската вода- един липсващ до този момент проект с подобни проучвателни дейности от българска страна [1]. Получаването на океанографски данни за океанското водно тяло край БАБ ще бъде обект на следващи експедиции след доставяне на необходимото оборудване и инструменти.

В теоретичен аспект се счита ,че морската вода е най-разпространеното вещество на повърхността на Земята. Тя се разглежда като слаб, солеви разтвор, в който са разтворени почти всички химични елементи. Химичният състав на водите на Световния океан е изключително сложен и не е възможно да бъде пресъздаден по изкуствен начин. Някои от съставлящите елементи са в толкова малки концентрации, че присъствието им може да се открие само в морски организми, които ги екстрахират от нея. [2].

От друга страна, океанската циркулация на водните маси, процесите на водообмен и топлообмен, обуславят разлики в температурата и солеността на океанските води, които причиняват термохалинни течения. Сложните физико-химични и биохимични процеси в океанските системи непрекъснато изменят съотношението на разтворените вещества в океанските води. Но въпреки това, палеоокеаноложките реконструкции показват, че химичният състав на океанските води остава стабилен и почти неизменен от около 200 Ма години, т.е. от мезозойската ера. Известно е, че общото количество на разтворените в океана соли е около $50 \cdot 10^{15}$ тона, което предполага твърде дълъг период от време за натрупване. Според научните заключения, водата в първичния океан е била солена, но с много по-различен солеви състав спрямо съвременността. Този състав се е променял по време на геоложката еволюция на планетата, изпитвал е влиянието на процеси като дегазация на мантията; изветрянето на скалите; речния отток в моретата и океаните и др., което е променяло и солеността като параметър.

Методология на изследването.

За началния етап на изследване на солеността и проводимостта на океанската вода в Южния залив на остров Ливингстън е избран логер, чувствителен към малки промени в солеността: модел НОВО U-24-002-С (фиг. 1) в комплект с BASE-U-4 оптична USB базова станция за прехвърляне на данни. Логерът може да отчита и записва данни в два диапазона: нисък – от 100 до 10 000 $\mu\text{S/cm}$, и висок – от 5 000 до 55 000 $\mu\text{S/cm}$. Това позволява да бъде определяна солеността, както в океанската вода, където тя е около 25 – 35 ‰, така и в басейни със сладка вода, с почти нулева стойност.

От стратегическо значение за целите на мониторинга, който включва последстващи повторни измервания през известно време за проследяване на промените, беше изборът на работен полигон за осъществяване на измерванията. Те бяха осъществени на няколко етапа:

- първоначално обхождане на бреговата зона в района на БАБ, която е с дължина около 2 км и измерване на параметрите в определен брой точки в близост до брега. Отчетени бяха специфични геоморфоложки характеристики на бреговия ландшафт като: разкритието на скални участъци по цялото протежение, втичане на река, ледников език, ледниково блато и места с плаващи ледени късове.

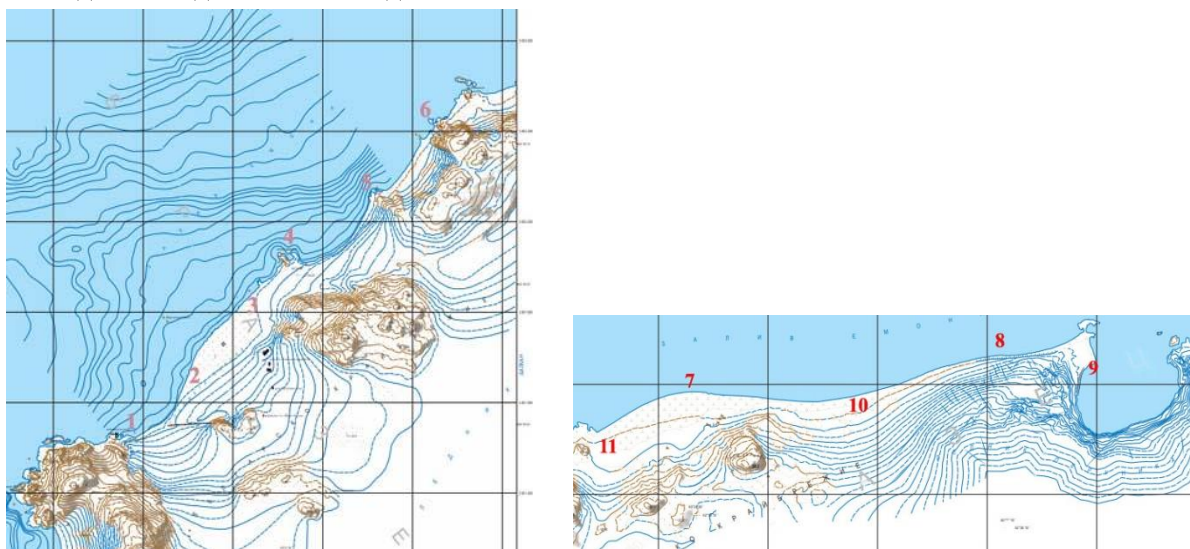


Фиг. 1. Логер за определяне на соленост и проводимост в океански води

- измерване с логера на ход във водите на залива с отдалечение от брега до малко повече от една морска миля, със запис на данни, както по повърхностния слой от 20 см, така и в отделни водни пластове с дълбочина до 8 метра;

- измервания в статично положение от лодката в 8 координирани точки, отдалечени от брега до една морска миля, където се разпространява ледоходът, с последователни записи по водни пластове през един метър до дълбочина 8 метра.

Изборът на работен полигон и представената схема за измерване (фиг. 2.) се базира на наблюдаваната динамика на ледените късове и теченията в Южния Залив.



Фиг.2 Местоположение на първите мониторингови станции за океанографски данни на БАБ

Практическите измервания с логер са извършвани в статичен вид и при движение на лодката при движение на лодката. При тези обстоятелства спускането на логера във вода е подсигурявано чрез въже с метална нишка, без елонгация, разграфено в дециметри, което позволява работна дълбочина до 10 метра. За отчитане ролята на средата с активна хидродинамика и ролята на теченията допълнително е поставяна тежест.

При измерването на параметри в плитководен, брегови фациес, са отчитани следните фактори, които имат значение при анализа и интерпретацията на резултатите: интензивност на постъпване на теригенен материал; режим на приливите; експозиция на брега спрямо вълновото въздействие; посока на преобладаващите течения край брега. В този смисъл, при запис на данни в бреговата зона не се използва плавателен съд, а въжето се спуска ръчно, като се осигурява потапяне до няколко дециметра, така че логерът да е непрекъснато потопен и да не се влияе от вълните, като същевременно се пази от плаващите ледени късове.

Анализ и интерпретация на резултатите. Измерванията на солеността и температурата на океанската вода в Южния залив на о-в Ливингстън стартират в десет точки, разположени по бреговата линия, на разстояние помежду си от около 200 метра. Те са подбрани с цел да има най-различни по възможност състояния на океанската вода - участъци с плаващи ледени късове, в чисти води, в непосредствена близост до челото на ледника, в отточните води между ледника и морето. Времето за престой е по една минута, което представлява по 6 записа, тъй като настройката е направена да се записва стойност на всеки 10 секунди.

В таблица 3 са представени стойности на измерванията в една от точките, на 8.12.2019 г, в 18:04 ч. Записани са 7 стойности за соленост и температура. Вижда се, че солеността варира от 19 541.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ до 20 007.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, което представлява разлика между отделните стойности, изразени в промили 19.54‰ – 20.01‰, или по-малко от половин промил.

Табл. 3 Стойности от измерванията в една от наблюдаваните точки

Дата, час	Проводимост μS/cm	Температура °C
12.8.2019 18:04	19 541.9	3.69
12.8.2019 18:04	19 992.3	3.5
12.8.2019 18:04	20 007.3	3.44
12.8.2019 18:04	20 007.3	3.07
12.8.2019 18:04	19 690.2	2.8
12.8.2019 18:04	19 746.6	2.5
12.8.2019 18:04	19 607.2	2.3

Обработените резултати за бреговата зона потвърждават предположенията за разпределение на солеността според наличието на ледени късове. Таблица 4 дава представа за разпределението на солеността в крайбрежната зона, като се има предвид голямата динамика на водните маси и ледените късове, честите ледопади около челото на ледника, както и наличието на силни течения до прибойя. Най-високи стойности се наблюдават в точки 3, 5, 6 и 8, със соленост, надхвърляща 22 промила, където е по-открита част на морето, няма обособени заливи, за да се задържи лед и така водата поддържа нормалната за мястото соленост. Най-ниска стойност е отчетена в двата края на изследвания участък, точки 1 и 9 (табл. 4), където има значителен застои на водата поради формата на брега, а и освен това единият залив е изцяло ограден от ледени откоси, с непрекъснато сринащ се лед. Последните две стойности от таблицата показват сладка вода. Соленост 0.52‰ е отчетена в отточната част на ледника, където се задържа разтопена вода и скално разпрашаване, подобно на блато. Тази статична вода не контактува с морето, а поема известно количество соли само от близостта до прибойната зона и изпарения, като по този начин достига до половин промил. Последната стойност 0.06‰ се отнася за реката, която е образувана от непрекъснатото топене на ледника и всъщност тя е практически с характеристики на сладка и дестилирана вода

Табл.4. Изчислени стойности на соленост и температура за бреговата зона

Местоположение	Соленост ‰	Температура °C
Salt-1	17.95	0.9
Salt-2	18.65	0.7
Salt-3	22.62	0.4
Salt-4	21.47	0.1
Salt-5	22.64	0.0
Salt-6	22.66	0.1
Salt-7	20.31	-0.3
Salt-8	22.11	0.0
Salt-9	19.37	0.0
Ледниково блато	0.52	2.9
Реката от ледника	0.06	1.1

Според планираните дейности, бяха направени серия от измервания в едни и същи места, в различни дни, за установяване промените в осоляването на водата, в зависимост от климатичните условия на деня. Установи се, че е възможно в рамките на няколко дни, между 4 и 8.12.2019 г., (табл. 5) на едно и също място солеността да се промени от 15.93‰ до 22.72‰ само вследствие на интензивен ледоход и ветрово влияние. За същия период, но в открита част на брега, по същото време на измерване солеността е променена от 21.04‰ до 21.29‰, защото

има изразено движение на водните пластове и няма възможност морската вода да получи такова опресняване.

Табл. 5. Стойности на последователни измервания в бреговата зона

Точка	04.12.2019	05.12.2019	07.12.2019	08.12.2019	11.12.2019
Salt-1	15.93	20.14	19.66	22.72	20.14
Salt-2	21.03	21.27	21.85	21.29	21.27
Salt-3	24.62	18.60		21.95	22.61
Salt-4	23.26			17.78	21.46
Salt-5	25.41			21.29	22.63

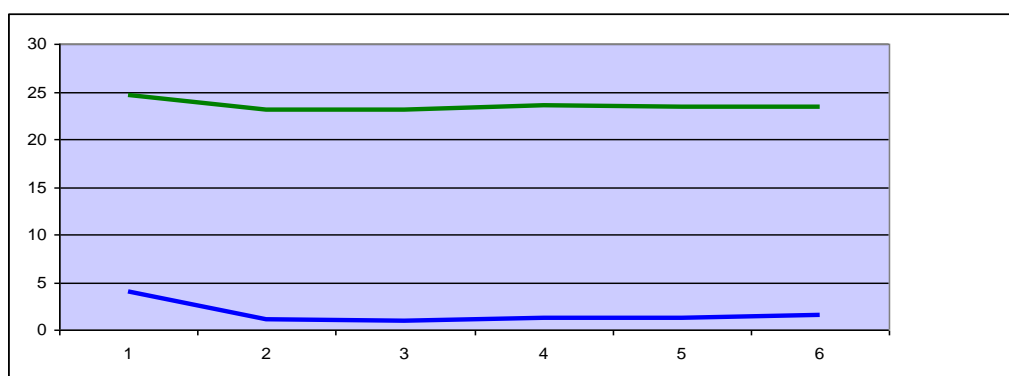
Някои от местата на измерване не са били достъпни в конкретния ден, затова липсват данни.

По отношение на температурата в повърхностния слой може да се види относително постоянство около 0 – 0.9 °С. Принципно температурата на морската вода в Южния залив на о-в Ливингстън се променя от -1.5° С когато замръзва, до около 1.5° С през най-топлата част на летния сезон, и то в зависимост от конкретните метеорологични условия.

Следващият етап от изследванията на морската вода включват добиването на проби в отдалечени от брега части на акваторията и в дълбочина, с помощта на надуваема лодка тип „Зодиак“. Това са използваните по цялото крайбрежие на Антарктида лодки, които са предвидени да акостират на брега без пристанищни съоръжения и да могат да маневрират устойчиво сред ледените късове в крайбрежни води. Имат сравнително приемливо осигуряване срещу сръзване от лед, но изследователската работа с тях изисква много умения и внимание.

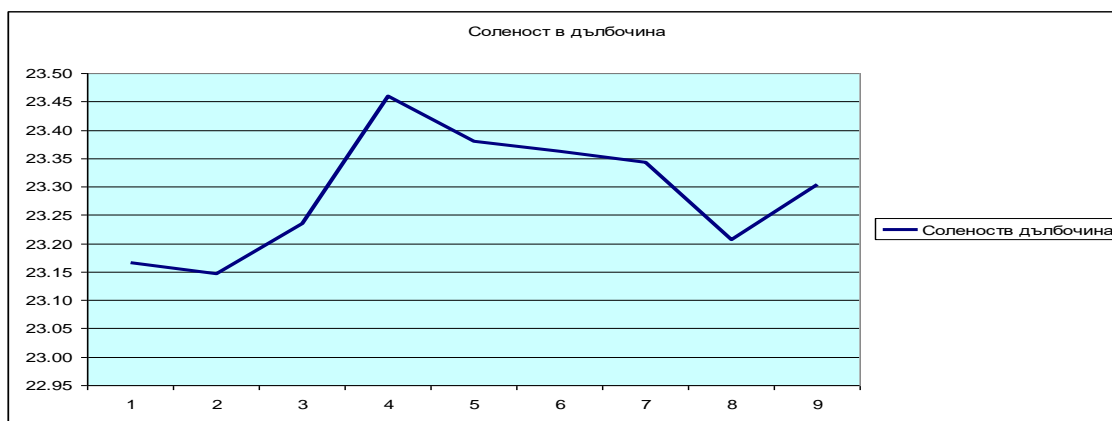
Измерванията с логера за соленост и температура са в рамките на няколко дни, през декември 2019 година, в акваторията пред БАБ. Направени са в два етапа – единият включва запис на данни в движение на лодката, при различни хоризонти на потапяне, а другият статични измервания при неподвижна лодка, с последователни записи на дълбочини от 0.1 м и с интервал от един метър до 8 метра.

Данните показват, че в дълбочина, в различни места на залива солеността се променя много слабо, в рамките на една до две десети от промила, което показва относителна стабилност на стратификацията в солево отношение за водния пласт до 8 метра. По-ясно се вижда промяна на стойностите с отдалечаване от брега, като в дълбочинно отношение разликите се запазват. На фиг. 3 е показана промяната на солеността и температурата (съответно в зелен и син цвят), като с последователни номера са местата на измерване – т. 1 в близост до брега, до т. 6, което е отдалечено на около 2 км от брега.



Фиг. 3. Стойности на соленост и температура с отдалечаване от брега

На фиг. 4 и 5 са показани примерни профили на солеността в дълбочина до 8 метра, в две от станциите за измерване. Може да се види промяната на стойностите от 23.15‰ на дълбочина 2 метра до 23.46‰ при 4 метра в едната, и по-малка разлика в другата. Това дава известна информация за наличието на подводни течения в изследваната акватория. Съпоставяйки съседни станции на измерване се вижда поява на халоклин между втория и шестия метър дълбочина с промяна от четвърт до половин промил. По този начин са построени графики за всички останали станции.



Фиг. 4. Профил на солеността до дълбочина 8 метра



Фиг. 5. Профил на солеността до дълбочина 8 метра

Изводи.

Солеността и температурата на морската вода са основни физико-химични параметри, които заедно с хидростатичното налягане и някои други, определят хидрологичната характеристика на водното тяло за конкретно географско местоположение. Сложната взаимна зависимост между тях определя плътността на морската вода – комплексна нейна характеристика, оказваща влияние както на различните хидрографски изследвания, скоростта на разпространение на акустичните вълни, така и в голяма степен на глобалните климатични промени на Земята. Плътността на морската вода е сложна функция на температурата и солеността, а с увеличаване на дълбочината, респективно налягането на водните слоеве, тя нараства допълнително. От това зависи и разпределението на плътността на океанските води. Тук следва да се отбележи преобладаващото влияние на температурата като най-динамичен параметър на състоянието на водата. При по-висока температура следва да се очаква нарастване на общия обем вода в Световния океан, от една страна поради намаляване на

плътността ѝ, а от друга – от ускоряване на ледниковото топене. Това води до намаляване на солеността, респективно отново намаляване на плътността, и като краен резултат от общото влияние - покачване на морското ниво. От десетилетия този процес е установен по различни методи, както от мареографни измервания, така и чрез спътникови дистанционни методи, което доказва категорично необходимостта от преки изследвания на физико-химичните параметри на морската вода.

В съвременната океанография изследването на динамиката на океанската система, предопределено от климатичните промени се осъществява чрез комплексен мониторинг в ключови участъци. Статията представя първите реални резултати от мониторингово изследване на основните вертикални градиенти соленост и температура в района на БАБ. Поставено е началото на представителна редица от данни, свързани с динамиката на вертикалната хидрохимична структура на водното тяло в конкретния работен полигон, което ще позволи в по-късен етап да се правят изводи за промени във водния баланс, солевия режим; сезонност и изменчивост на подводни течения покрай брега и на халоклина; както и прогнозиране на колебанието на морското ниво в контекста на глобалните климатични промени.

References:

1. Bulgarian Antarctic Institute- <https://bai-bg.weebly.com>
2. Peychev, V., D. Dimitrov. 2012. Okeanologiya, Ongal, Varna