

Непознатото Черно море – има ли живот в сероводородната зона?

Нелли Сергеева

Сероводород е открит и в други природни водоеми – в залива Оман, във фиорди с изолирани котловини, в пагините на Каспийско море и гругаде, но все пак Черно море е най-големият сероводороден ба-

сейн в света. Сероводородът е продукт на бактерии, които се срещат масово в Черно и Азовско море и го произвеждат от органични вещества, както и от дейността на бактерии от рода *Microspira*, които живеят в тинята на дъното. Те произвеждат сероводород, като възстановяват сулфати с едновременно образуване на карбонати.

По-прецизни изследвания показват, че водата в Черно море е силно стратифицирана, като слоевете и границите между кислородната и сероводоро-

Известно е, че Черно море има рязко изразен аномален характер. Общият му обем е 534 000 куб.км., но само 13% от тях съдържат кислород. Те са сравнително плитък повърхностен слой (до около 200 м.), а в дълбините на морето водата е аноксична (безкислородна) и наситена със сероводород. Дълго време се смяташе, че в тези условия не може да съществува живот.

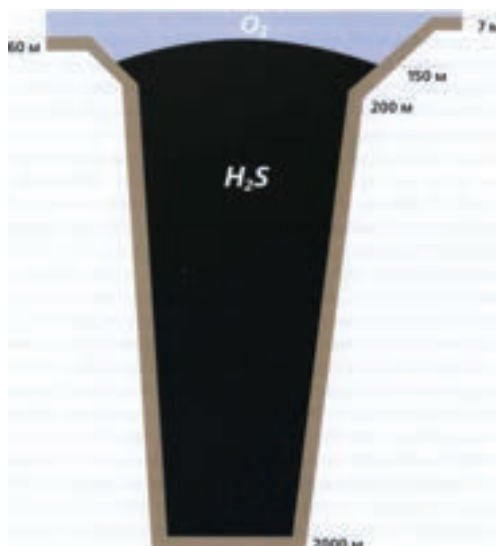
ната зони имат куполообразна форма. Между двете зони е открит и трети слой, в който както кислородът, така и сероводородът на практика липсват (концентрация под 10 микромола на литър).

За този слой се наложи определението „субоксиген“ (suboxic) или „субкислороден“.

Анаеробната зона заема 87% от целия воден обем и на практика дълго време се смяташе за зачеркната за живот, а 77% от площта на дъното – за пустиня, без животни и растения. Едва 13% от водите на Черно море са подходящи за живот. През 1930 година една експедиция на Н.М. Книпович уточнява, че горната граница на сероводородната зона е куполообразна. В центъра на постоян-

ни кръгови течения, тя се издига до 150 метра под повърхността на водата, а в периферията слиза до 200, на места и до 250 метра. Концентрацията на сероводорода се променя с дълбочината, като на 200 м. тя е 0,83 мг./кг. вода, а на 2000 м. е 9,6 мг. Концентрация на сероводород около 0,1 мг. е токсична за живите организми и това дълго време е смятано за пряко доказателство за липсата на живот в дълбините на Черно море.

За пръв път въпросът „а сигурно ли е доказано, че дълбочините на Черно море са непригодни за живи същества“ е бил поставен от Организационния комитет на Международния зоологически конгрес през 1892 година. Той е бил насочен главно към руските учени заради първите резултати от руските морски експедиции, започнали през 1890 – 1891 година,



Голямата част от водната маса на Черно море (87 %) е наситена със сероводород и не е подходяща за живот на повечето организми



Карта на Черно море с изобати. В по-тъмната част зоната под 150 – 200 метра е наситена със сероводород



Професор д-р Нели Г. Сергеева е главен научен сътрудник в „Институт по биология на южните морета“ към Руската академия на науките в Севастопол. През 1974 г. е защитила кандидатска дисертация, а от 2002 г. е Доктор на биологическите науки по морска биология. Областта на нейните научни интереси обхваща микроскопичните еукариотни еноклетъчни и многоклетъчни дънни морски организми (мейобентос). Специално внимание отделя на живота в екстремни морски условия – безкислородна и сероводородна среда, метаново и антропогенно замърсяване. Автор е на нова концепция за вертикалното разпределение на живота в Черно море, откривател на множество непознати за науката досега морски организми.

които са открили насищането на дълбочинните води със сероводород. Тогава, а и в следващите години, както в сероводородните води, така и по дъното по тях не са били открити никакви форми на живот, освен бактериални. Въпросът, поставен в края на XIX век, дълго време имал категорично положителен отговор. Непосредствено под горната граница на сероводородния слой били намерени само някои най-примитивни зоофлагелати и инфузории. Така оконча-

телно се утвърдило мнението, че в сероводородната зона има само мъртви същества от горните, добре аерирани слоеве вода, попаднали на дъното като „дъжд от трупове“ или заедно със същите мътни дънни потоци.

Специални изследвания, проведени от ред известни учени, на състава на така наречения „дъжд от трупове“, на различни хоризонти на водните маси (пелагиали) и в повърхностните слоеве на тинята на централната котловина на Черно море, са позволили да се регистрират само силно разрушени фрагменти от планктонни организми от осем групи, по които е невъзможно да се идентифицира видът на животното. Нашите собствени изследвания на дълбоководните утайки позволяват да се твърди, че остатъците от трупове на планктонни многоклетъчни организми от горната зона са изключение, а не правило, при това те са с висока степен на трансформация.

Тъй като „безжизнеността“ на дънните утайки и на водните маси, наситени със сероводород, дълги години не се подлагала на съмнение, то и сероводородната зона е оставала извън вниманието на хидробиолозите. Тази представа за вертикалното разпределение на живота в Черно море е била определяща и за планирането на хидробиологическите изследвания в него само до онези дълбочини (до 150 – 200 м.), където водата все още съдържа разтворен кислород, макар в минимални концентрации („субоксидна“ зона).

Нарушаването на това правило стана благодарение на една друга, извънчерноморска експедиция. При изучаване на вертикалното разпределение на нематодите в дънните утайки в Адриатическо море от дълбочина 77 м, открихме способността на някои видове немато-

ди да живеят и в анаеробна среда – заровени на около 50 см. в морския грунт. При това сред тях се срещаха както аеробни (оксибионти), открити до 3 см. в грунта, така и анаеробни видове (аноксибионти), намерени в колоната под 3 см. слой и разпределени по цялата колона от върха до дълбочина 52 см. Тези резултати предизвикаха интерес и желание да проверим възможно ли е да има дънна фауна и в безкислородните слоеве на Черно море?

Изследвайки по-късно дълбочинното разпределение на мейобентосната фауна, с оценка на характеристиките на местообитанията ѝ в Черно море, аз с удивление неведнъж констатирах голямата численост на морски нематоди и на дълбочини от 140 – 160 метра в черни течни тини, наситени със силна миризма на сероводород. Едновременно с това винаги силно ме е поразявало защо се смята, че никакви представители на дънна фауна не могат да обитават дълбоководните черноморски утайки, които имат сив цвят – от светъл до тъмен, достатъчно плътна структура и не особено рязка миризма на сероводород?

Нашите по-късни изследвания на мейобентоса, в частност на нематодите в Черно море, започнали след 1969 г., в съчетание с интереса към границите на разпространението на живота в Черно море, доведоха до първите открития на нови обитатели на „безжизнените“ дълбини, доста по-големи от известното преди това. За пръв път през 1974 г. бяха публикувани и данни за откриване на нематоди на дълбочина 300 м. в сероводородната зона на Черно море.

Девизът на Аристотел „Познанието започва с удивление“ се оправда, особено в процеса на изучаване на дънните утайки на анаеробната зона в северозападния район на Черно море. През 1985 г. на



Пробоотборник за дънни утайки Мулти-корер

дълбочина 645 м. в сив и тинест грунт от нашия екип изненадващо бяха установени разнообразни многоклетъчни организми (нематоди и ракообразни). Почти едновременно и сътрудници на Огеския филиал на Института по биология на южните морета под ръководството на академик Ю.П. Зайцев в друга експедиция в този район регистрираха, също на дълбочина 600 м., група свободно живеещи нематоди от отряд Desmoscolecida.

Тези открития станаха прегноспоставка за изказване на хипотеза за възможността за съществуване на по-високоорганизирани форми на живот и в сероводородната зона на Черно море. За проверка на тази хипотеза след 1985 г. се извършиха редица допълнителни изследвания на дънните утайки в сероводородната зона на Черно море в широк диапазон на дълбочини от 250 до 2250 м. За целта освен по-надеждните дъночерпатели „Океан“ и „Петерсен“, които използвахме дотогава, се появиха и нови типове прибори като мулти-корерите, пуш-корерите, геологическите тръби, които позволяват да се вземат стерилни про-

би от дъното на значително по-големи дълбочини.

Разбираемо е, че приетата от световната наука аксиома за безжизнеността в сероводородната зона на Черно море затрудняваше обосноваването на нуждата от целенасочени изследвания на дълбоководните утайки с цел откриване на живот в тях. Затова и вземането на проби от интересующите ни дълбини ставаше на базата на ентузиазъм и с колегиална взаимопомощ, често извън плановете задачи.

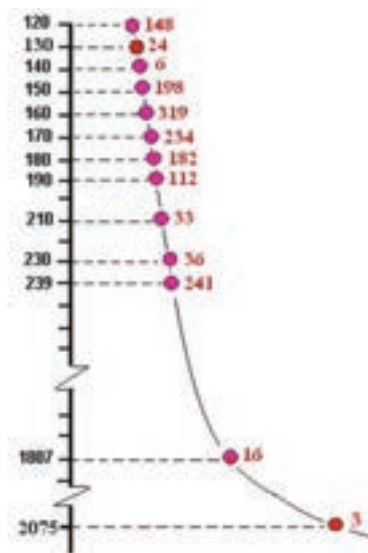
В отговор на съмненията на скептиците бе модифицирана методиката за обработка на дънните утайки, приета при изучаване на мейобентоса, за да се изключи случайно попадане на странични организми при промивката на дълбочинни проби. Избраните образци от грунтя се подготвяха по следния начин за по-нататъшно микроскопиране: тинята се промиваше внимателно с гестилирана или с филтрирана морска вода през няколко сита, като най-горното имаше диаметър на отворите 1 мм., а най-ниското 0,063 мм.

В мейобентологията широко се прилага методът на предварителното оцветяване на дънните утайки преди микроскопския анализ с цел отделяне на „живата“ фауна от „неживата“ и обективното ѝ измерване. Този метод се основава на предположението, че нежното съдържание на клетките след гибелта на организма се подлага на бактериално разлагане. В по-особени случаи ние изследвахме под бинокулар естествените „живи“ грунтове, без фиксация и промиване, като следяхме за движение на обекти в зрителното поле.

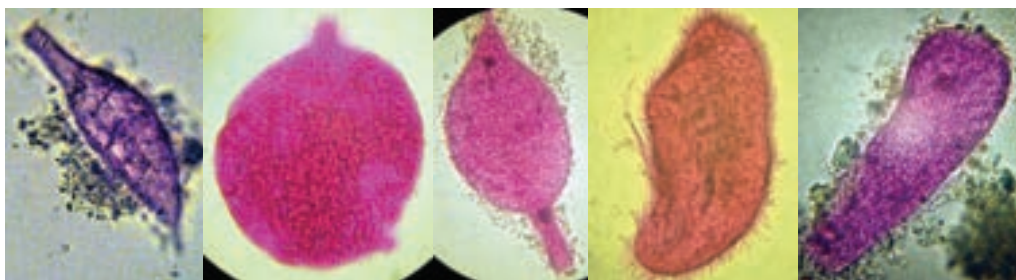
В резултат на извършените от нас изследвания в периода 1985 – 2020 г. в дълбоководните сероводородни дънни утайки бяха открити в пълна морфо-

логична запазеност представители основно на бентосната фауна – свободнотелни инфузории (Ciliophora) – епобионтни и черупчести, фораминифери (Foraminifera), ротатории (Rotifera), гръбни червеи или нематоди (Nematoda), многочетинести и прешленести червеи (Polychaeta и Oligochaeta), водни бълхи (Cladocera), Сопероди, Tardigrada, Acari и др. Част от тях обаче не са достатъчно изследвани таксономично и идентифицирани до вид. Такива групи като инфузории, нематоди, копеподи и акари (кърлежи) са отбелязани в широк диапазон на дълбочини от 300 м. до максимални дълбочини в различните райони на морето.

Нашето сериозно възражение към скептиците за съществуването на живот и в дълбоките зони на Черно море се основава главно на това, че ако не се отчитат случайните находки, които сме отразили в големи обобщени спи-



Количество на инфузориите (бр./100 см²) на различни дълбочини (Кораб Meteor, 2007)



Образици на морфотипове на инфузории (оцветени с бенгалско розово) в дълбоката (под 300 м) сероводородна зона на Черно море

същи, между детайлно изучените обекти се оказаха и редица нови видове за науката, а някои се оказаха и от нови родове и семейства – такива са полихетата *Vigtorniella zaikai* Kiseleva и представители на ракообразните (Cladocera, Stenopoda) – например *Pseudopenilia bathyalis* Sergeeva и гр. Ще отбележим, че таксономическото положение на тези форми бе проверено и от групи специалисти – експерти по съответните фаунистични групи. Иначе казано, бентофауната на батиялата е оригинална по състав, а в биотопите на аерирания слой вода такива форми просто няма. Утаяването на „гъжг от трупове“ е безспорно, когато в гънните утайки се регистрират само фрагменти от зоопланктери, а в никакъв случай – организми, запазали всички свои видовоспецифични признаци.

Удивително е общото количество на добре запазени „трупове“, особено на свободно живеещите инфузории в перманентно сероводородна среда, в районите на метанови сипове. Тези данни са получени по материали от рейс 72/2 на кораба Meteor (Германия) на 02.03.2007 г. в рамките на европейски проект HERMES. Събирането на гънни утайки е изпълнено чрез пуш-корер по оксик-аноксик трансекта в северозападната част на Черно море на дълбочини 120, 240 и 832 м. в ареала на метанови хидрати.

А в североизточните райони на Черно море събирането бе изпълнено в метановите сипи на Двуреченския кален вулкан на юг от полуостров Крим на дълбочини 1807 и 2075 м. Съдържанието на кислорода намалява с дълбочината, а сероводородът се появява на 157 м.

Представата, че сероводородната среда е своего рода „фиксатор“, който подобрява запазването на различни обекти, изисква известни пояснения. Трудно разлагащи се обекти (хитин, кости) в тази среда се запазват по-добре, но нетрайните, например клетъчна плазма, се разрушават с лекота. Във всеки случай, както потвърждават някои специални опити, тъканите на животните се разрушават много бързо. Разбира се, вместо да се обсъждат всевъзможни косвени говори, най-добре би било да се представят преки доказателства за това, че еукариотите в сероводородна среда са живи. Това и направихме. В рамките на проекта на ЕС „Нурох“ по време на експедиция на борда на кораба Maria S. Merian (Германия) през април 2010 г. бе проведено специално микроскопско изучаване на „жива“ гънна утайка (лепкава сероводородна черна тиня), отрязана с мултикорер от дълбочина 300 м.

С помощта на бинокляр при увеличение 40х в чашка на Петри в неговлям образец на гънна утайка бяха изпълнени наблюдения на активно придвижващи

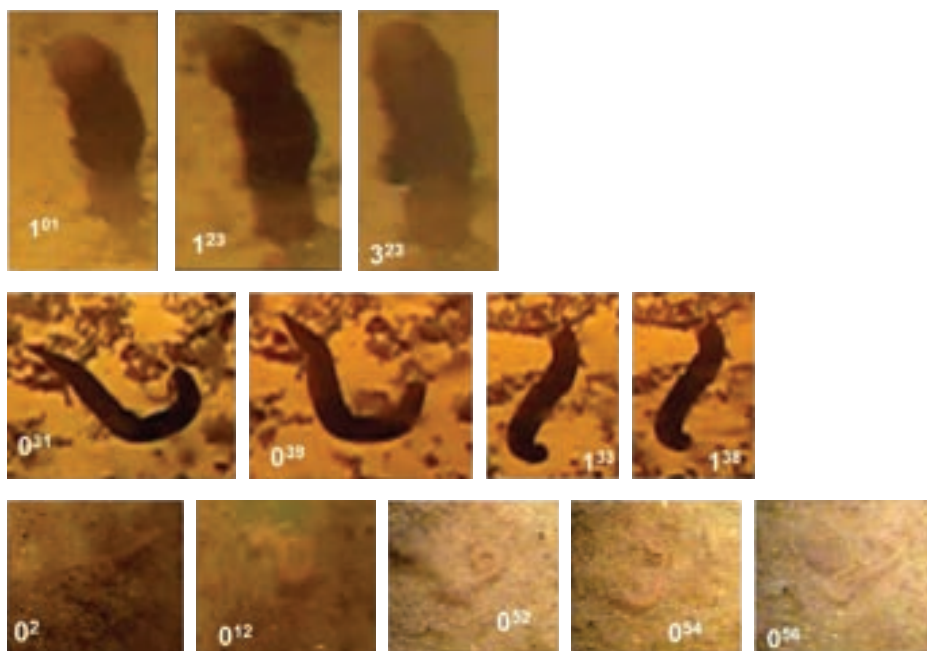
се големи инфузории, неидентифицирани до вид, свободноживеещи нематоди (*Daptonema* sp.) и неизвестен седативен организъм, който веднага се бе прикрепил към дъното на чашката, която в процеса на наблюдението променяше обема си. Тези организми и характерът на движението им бяха заснети на видео.

През 2007 г. по моя молба колегите предоставиха малък обем от нефиксирана гънна утайка, получен с мултикорер от кораб Meteor (Германия) в района на метанови сипове на дълбочина 2140 м. в Черно море. Микроскопският анализ на тази проба надмина всички очаквания. Заедно с науплиусите на копеподи и неизвестен организъм, бе открит и нов представител на водните бълхи (*Cladocera*), чиято храносмилателна система интензивно се свиваше, като ясно

преместваше съдържанието (храната), и главно – наблюдаваше се активна работа на антените (вдигане и спускане). Тъй като срещата с подобен жив обект бе невероятна и неочаквана, за съжаление не успяхме да я фотографираме.

А след фиксирането на презледаната проба бе открит екземпляр и от планктонното раче *Penillia avirostris* Dana, 1849, обикновен обитател на пелагиала на Черно море. Детайлното изучаване на морфологията на този организъм доведе не само до описание на нов вид, но и обосноваване на нови за науката род и семейство клагоцери (сем. *Pseudopenillidae* Korovchinsky & Sergeeva, 2008 и вида *Pseudopenillia bathyalis* Sergeeva, 2003), които имат бентосен начин на живот.

Получените от нас данни за живота в дълбоките безкислородни зони на Черно



Последователни придвижвания по дъното на чашка на Петри на *Ciliophora* gen sp. 2 (средната), нематоди (долната) и седентарен филотип (горна), обитаващи в перманентно сероводородна среда на дълбочина 300 м.



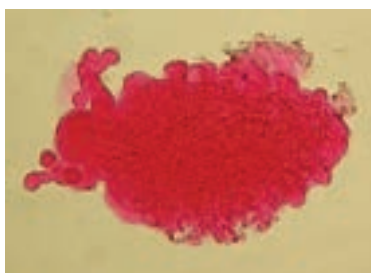
Колонки грунт от дълбочина 80 м. (светлосивата), 250 и 300 м. (черен сероводороден)



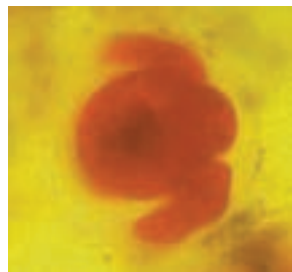
А



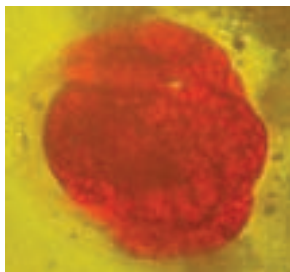
Б



В



Г



Д

Представители на фауната, открити в образец на дънни утайки от 1990 и 2140 м. дълбочина на Черно море. А и Б – водни бълхи *Pseudopenillia bathyalis*, А – излизане на ембриона от яйцето, Б – ембрион във вътрешната обвивка на яйцето В – неизвестен организъм, Г и Д – науплиални стадии на копеподи (оцветени с бенгалско розово)

море поставят повече въпроси, отколкото дават отговори. Например: ако това са животни от шelfовата зона, то по какъв начин те проникват на големите дълбочини, какви механизми осигуряват жизнената им дейност в непривичната им среда, какъв е произходът на специфичната (ендемична) фауна и др? Отго-

ворите на тези въпроси могат да бъдат получени чрез допълнителни експедиции, в които да се привлекат специалисти от различни области на морските науки.

Освен натрупването на фактите за регистриране на еукариоти от живата природа в дълбоките води на Черно море, има вече и подкрепящо „настречно

движение“ – публикуват се интересни статии за намиране на еукариоти в сероводородни условия на обитание и извън нашето Черно море, в частност в други меромиктични водоеми (в които слоевете на водата не се смесват). Появяват се и статии с първи обяснения на биохимическите механизми, позволяващи на представители на еукариотите да обитават води, съдържащи сероводород.

В заключение изразявам голямата си надежда, че новият поглед към разпределението на живота в Черно море и неговото разнообразие ще предизвика интерес сред читателите и сред различни специалисти по морска биология и геология. На сегашния етап нашите изследвания могат да се смятат за пионерни търсения, а получените резултати – за предварителни. И налагат продължение, което очакваме в недалечно бъдеще.

Кратка история на руското изучаване на Черно море

Руските изучавания на Черно море започват още по времето на Петър Велики със системно събиране на хигрографски сведения. Първ изследовател на черноморската фауна е бил акад. Пьотр Симон Палас, който при своето пътешествие в Крим и Кавказ през 1793 – 1794 г. е обърнал особено внимание на рибите и за първ път е посочил генетичните връзки между фауните на Черно и Каспийско море.

През 1833 г. морската фауна в района на Крим е изучавана от Хенрих Ратке (1837), който отбелязал крайната бедност на безгръбначни животни. През 1837 – 1846 г. този извод е потвърден от професор А. Д. Нордман, който е смятал, че основната причина за бедността на видовия състав на фауната в Черно море е по-ниската му соленост, обусловена от изолацията от други морски басейни и от огромния приток на речни води.

През 1871 г. по инициатива на забележителния учен и пътешественик Н. Н. Миклухо-Маклай е създадена Севасто-

полската биологична станция (СБС), една от първите в Европа морски биологически станции, която става база за изследвания и подготовка на учени. През 1963 г., на базата на СБС, е създаден *Институт по биология на южните морета* с център в гр. Севастопол.

Забележителни събития в историята на руските изследвания на Черно море са „дълбокомерните“ експедиции от 1890 – 1891 г., както и проведените от адмирал С. О. Макаров през 1881 – 1882 г. изследвания на водообмена между Черно и Мраморно морета на Босфора.



Сградата на Севастополската биологична станция, 1891 година



Институт по биология на южните морета „А.О.Ковалевски“ към РАН в Севастопол, 2021 година



Канонерката „Черноморец“, с която е проведена „дълбокомерната експедиция“ през 1890 година

За експедицията от 1890 г. е използвана канонерката „Черноморец“ с командир капитан втори ранг Смирнов. По-важни резултати:

1. Доказано е, че дълното на централната част на Черно море е равна, дълбока котловина с най-голяма дълбочина на 2244 м;

2. Неочаквано, но много важно откритие е било, че дълбините на Черно море, като се започва приблизително от 125 — 174 (200)м. и до дълното, съдържат сероводород, който се е смятал за несъвместим с живота;

3. Установени са остатъци от раковини на мекотели, които не живеят в момента в Черно море, но са известни от опреснени лимани и от Каспийско море (рогове *Dreissena*, *Monodacna* и *Micromelania*).

Втора експедиция е потвърдила данните на първата, като е открила сероводород на всички дълбоководни станции. Анализирйки този факт, Н. Д. Зелинский е предположил, че сероводородът се образува от биологически процеси. Експедицията е установила, че сезонните колебания на температурата се ограничават в слоя до 200 м. На четири мили срещу входа на Босфора, на дълбочина 85 м. са били открити води със соленост 34‰, течащи през Босфора, но по долното течение от Мраморно море. С това е бил доказан и произходът на дълбоките води на Черно море от смесването на местните води с тези от Мраморно море. По-късно Б. Л. Исаченко и А. Н. Егорова окончателно са разкрили двата източника на образуване на сероводород в Черно море.

Резултатите от всички тези експедиции се оказали сензационни – освен описанието на релефа на черноморското дъно, измерването на температурата и солеността на водата на различни дълбочини, е било установено, че цялата водна маса на дълбочина под 200 м. е наситена със сероводород. Второ, пробите от грунта, взети от централната част на морето, не съдържали живи същества. Това се е приемало дълго време за неопровержимо доказателство, че дълбочините на Черно море са безжизнени. ■