

Чудният свят на морските хидротермални източници

Васил Големански

Морските хидротермални източници са едно от най-забележителните открития на океанографската наука от началото на XX в. Те се появяват обикновено около разломи на земната кора в дълбочините на океаните.

Специалистите геолози и океанолози смятат, че при образуването на тези разломи и пукнатини в тях прониква океанска вода, която се обогатява там на някои елементи, соли и газове и отново се изхвърля над океанската кора под формата на подводни извори, гейзери и вулкани. Но тази изхвърлена вода вече е със значително повишена температура и променено химическо съдържание и свойства. В някои по-редки случаи, вероятно когато разломите и земните пукнатини са по-плитки, температурата на изхвърлената от тях вода е само около 20 – 50°C, но в повечето случаи температурата е доста по-висока и достига до 400°C, в редки случаи и над 400°C! А това означава, че разломите и пукнатините са доста дълбоки в морското дъно и температурата на водата се повишава значително поради близостта до горещата магма в земните недра. Според една от широко приетите класификации на хидротермалните извори те се разделят на 3 категории: *нискотемпературни* – с температура на изхвърляната вода от няколко градуса до 50°C, *среднотемпературни*

– с температура от 50 до 200°C и *високотемпературни* – с температура до 400°C и повече. Друга съществена характеристика на водата, изхвърлена от морските хидротермални източници, е високото съдържание в нея на

водороден сулфид или сероводород (H_2S), достигащо до около 300 mgM/kg-1, а концентрацията на метан варира от 0,005 до 6,8 mgM/kg-1. Три-четири пъти по-високо в сравнение с морската вода е и съдържанието на множеството различни тежки метали – Cu, Zn, Fe, Ni, Co, Cd, Mn и др., както и на водорода (H_2), а киселинността на водата е силно алкална (до pH = 2). Важни характеристики на подводните хидротермални извори са също скоростта и дебитът на изхвърляната вода и газове, движението или турбулентността на придънната вода около тях, периодичността и продължителността на отделянето на гореща вода и газове и др. Около хидротермалните източници почти винаги се формират и т.нар. пера, или разливи (*plumes* на англ. ез., „шлейф“ на руски ез.) от изхвърлена лава и застинала земна маса, заемащи понякога значителни площи около



Ракообразно от разред Amphipoda

изворите. Съществуват мощни океански хидротермални източници и вулкани, около които се формират значителни сулфидни отлагания, а влиянието им върху околната среда чрез извиращата от тях гореща вода и солевия им състав се простира до 1000 km от техния център.

Първи сведения за живота около морските хидротермални източници се появяват в биологичната литература едва през седемдесетте години на миналия век, но скоро те са обявени от много специалисти за „революция“ и „сензация“ в съвременната морска биологична наука. Днес вече са публикувани стотици научни статии и монографии с подробни описания и карти на техните находища по дъното на Световния океан, учудващи фотографии, филми и сведения за техния оригинален животински свят. Тези своеобразни дълбоководни източници (извори, гейзери и вулкани), около голяма част от които температурата на водата е над 100°C, се оказаха своеобразни оазиси на един неподозиран и богат с разнообразните си биологични особености животински свят. Но по-подробното изучаване на странния животински свят около подводните хидротермални източници става възможно едва след конструирането на първите специални уреди и апарати за под-



Помпейски червей (Alvinella pompejana)

водни проучвания, снабдени с възможности за пряко наблюдение на морското дъно и събиране на образци и живи организми от района на проникването им.

За начало на съвременните научни проучвания на морските хидротермални източници и живия свят около тях със специални изследователски подводни апарати се приема откриването през м. май 1976 г. в Галапагоския рифт (Тихия океан) на хидротермални извори на дълбочина около 2500 м и проникването до тях с американски теглен (влачен) подводен апарат (*Deep-tow vehicle*). Измерената температура на водата около рифта не била висока – само около 20°C, но тя била все пак доста по-висока от морската вода далече от хидротермалния извор. Подводният апарат успял да фотографира морското дъно около дълбоководния хидротермален източник в Галапагоския рифт и успял да заснеме на лента образуването на горещите вулканични „пера“ (разливи) около него. На фотографии, направени в близост до горещия подводен източник, били заснети и странни струпвания от черупки на непознати живи и умрели миди с големина на черупките им до 15 – 20 см, които силно изненадали учените. Според съществуващите догогава схващания на морските биолози и зоолози поради високото хидростатич-



Акад. Васил Големански е завършил биология (зоология) в Биологическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Професор по протозоология и зоология на безгръбначните животни (1980). Директор на Института по зоология при БАН (1988 – 2003). Член-кореспондент на БАН (1997) и академик (2003).

но налягане в морските дълбини не съществували миги и изобщо мекотели животни с големина на тялото над 3 см! Поради големия интерес на учените към подводните хидротермални източници и откритията в Галапагоския район скоро там били организирани няколко нови морски експедиции и прониквания. Още през есента на 1976 г. два нови американски кораба с теглени от тях подводни апарати с имена „Alvin“ и „Angus“ осъществили нови спускания и открили в разливите около хидротермалните извори не само гигантски миги, но и много други невиджани дотогава морски животни – бели криви раци, червени скариди, подобни на спагети червеи и други. Когато отворили апаратите на повърхността, въздухът се изпълнил с миризма на сероводород и това потвърдило изказаните и преди предположения от С. Н. Виноградски (1887 г.), че „*животът на Земята съществува не само чрез*

фотосинтеза, но и чрез хемосинтеза“. В резултат на по-прецизни таксономични проучвания на събраните проби от различни специалисти – зоолози и микробиолози, били описани нови за науката бактерии и различни видове многоклетъчни животни от класовете на мигите (*Calyptogena magnifica*), вестиментиферите (*Riftia pachytila*), сифонофорите (*Thermopalia taraxaca*), чревнодишащите червеи (*Saxipendium coronatum*) и др. Посочените изследвания и открития дали основание на морските биолози да обосноват за първи път съществуването около морските хидротермални източници на специална хемосинтетична първична биологична продукция (*chemosynthetic primary production*).

Последвалите през втората половина на XX в. дълбоководни научни експедиции не само около Галапагоските острови, но и в други райони на Световния океан скоро довели до нови открития на подводни хидротермални източници с доста по-висока температура на изхвърлената вода и газове, около които били формирани обширни „пера“ (plumes) и събрани още много нови живи обитатели около тях. Първото обобщение за необикновените живи организми, обитаващи „перата“ около дълбоководните хидротермални източници, е публикувано от R. D. Ballard J. и F. Grassle през 1979 г. В обширна статия, озаглавена „Невероятният свят на дълбоките морски рифтове“ (*“Incredible world of the deep-sea rifts”*), отпечатана в широкоизвестното популярно списание „National Geographic“. Днес вече са открити, картирани и изучени стотици хидротермални източници във всички райони на Световния океан и почти ежегодно в научната и популярната литература се съобщава за нови подобни източници от най-неочаквани райони на света. Едно от последните открития, направено през 2013 г. от полярния кораб „Go Sars“, е на хидротермални извори в близост до Северния полюс, между Норвегия и Гренландия, които изхвърляли гореща струя в морето с височина до 20 м с високо съдържание на желязо,



Хидротермален извор



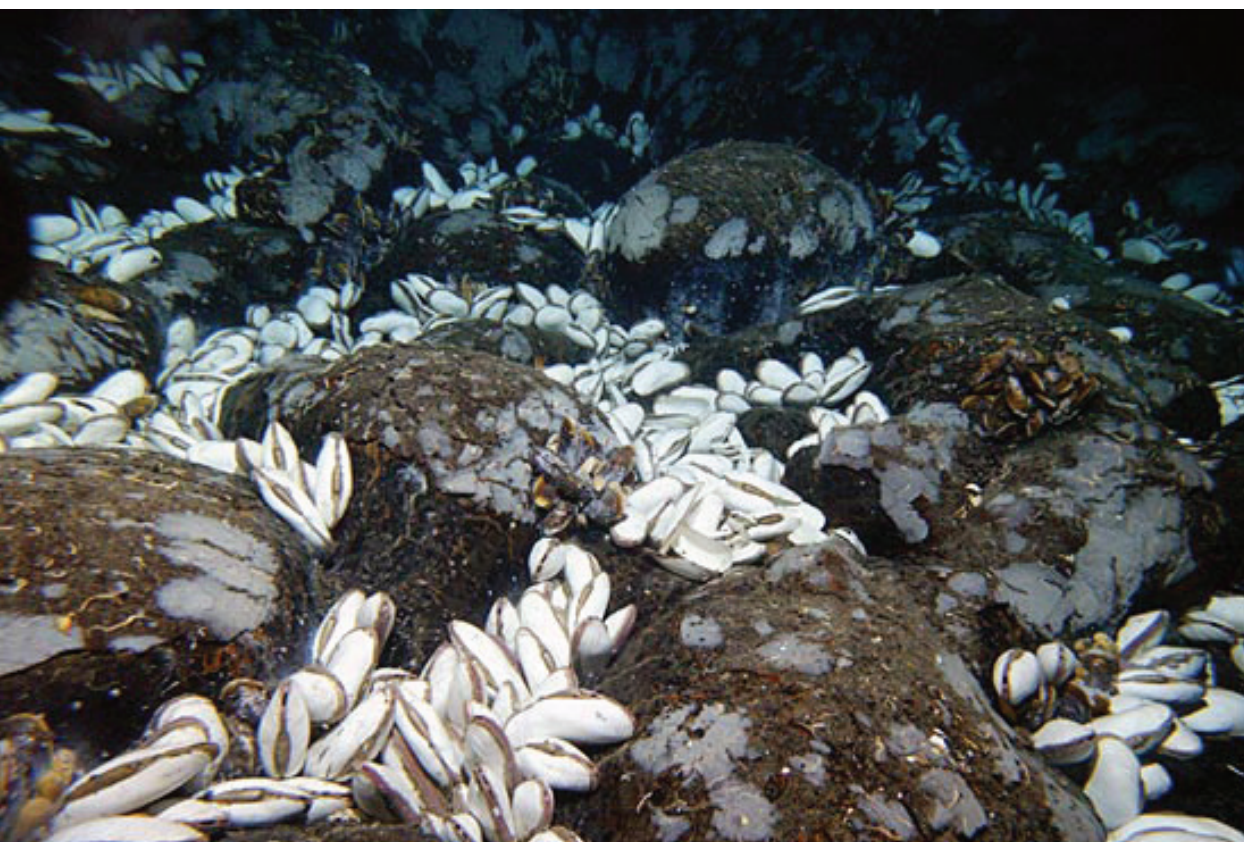
Подводен апарат

цинк, манган, олово и мед. А най-голямата дълбочина на морското дъно, на която досега са открити подводни хидротермални източници, е около 5000 – 5500 м в района на Каймановата падина в близост до Карибските острови. Британските учени, направили откритието с Кралския изследователски кораб „James Cook“ също през 2013 г., твърдят, че в тази падина съществува подводен каньон с хидротермални цепнатини, които бъдат тъмна на цвят вода с температура около 401°C! Друг подобен дълбоководен вулкан, изхвърлящ гореща вода, е открит през същата година и в близост до бреговете на Индонезия на дълбочина около 5500 м от изследователския кораб „Океанос Explorer“.

В резултат на почти половинвековните проучвания на подводните хидротермални източници на морското дъно и на живия свят около тях вече са открити и описани в науката над 500 различни вида живи организми, но техният брой вероятно е значително по-голям. Те са както от групите на най-нисшите съвременни живи микроскопични организми – бактериите, археите и еноклетъчните еукариотни животни (протозоите), така и от много по-висши многоклетъчни животни като червеите, мекотелите, ракообразните, рибите и др. От микроорганизмите най-широко разпространени и разнообразни по състав около хидротермалните източници са метанотрофите, тионовите и нитрифициращи-

те бактерии, както и някои ендосимбионтни бактерии на по-висшите многоклетъчни обитатели на своеобразната среда. А от многоклетъчните животни, намерени досега в „шейфа“, или „перата“ на хидротермалните извори, преобладават видове от разредите на морските полихети или многочетинковите червеи (Polychaeta), вестиментиферите (Vestimentifera), погонофорите (Pogonophora), конеподите (Ctenopoda), десетокраките раци (Decapoda), охлювите (Gastropoda), мидите (Bivalvia) и октоподите (Octopoda). Забележителни обитатели на чудния свят на своеобразната жизнена среда около морските хидротермални източници са и единствените представители на класа на гръбначните животни – рибите (Pisces), от които досега са открити около 10 постоянни (облигатни) хидротермални вида. Почти всички хидротермални видове риби, населяващи подводните горещи източници, са с гръбни размери (20 – 40 см дължина), и се хранят главно с по-гръбни обитатели на тази своеобразна жизнена среда като скариди, миди, полихети и др.

Морфологичните особености и адаптации на морските хидротермални животни към специфичната жизнена среда около тях са много разнообразни и причудливи. Някои от тях до такава степен са се адаптирали към горещите подводни източници, че не могат да живеят в обикновената морска среда. Един от най-характерните обита-



Струпвания на Calypptogena magnifica около дълбоководните хидротермални извори

тели на горещите подводни извори е на пример многочетинестият червей *Alvinella rotrejana*, известен и като Помпейски червей, който живее в горещите разливи („перата“) около тях при температура на водата до 80°C и почти не се среща под 30 – 50°C. От класа на октоподите специфичен обитател на хидротермалните морски източници е видът Вулканоктопус хидротермалис (*Vulcanoctopus hydrothermalis*), чиито размери са доста скромни – около 5 см, и предпочита хидротермални източници на дълбочина около 2500 м. Обилното струпване около хидротермалните морски източници на специфична фауна от многочетинести червеи, нисши ракообразни, скариди, октоподи, миди и гр. привлича и около 7 – 8 вида дълбоководни риби от термофилните родове Термабиотес (*Thermabyotes*), Термарцес (*Thermarces*), Пахикарна (*Pachicarpa*) и гр.

Един от най-интересните от биологично и физиологично гледище проблеми е този

за храненето на специфичните обитатели на хидротермалните оазиси на морското дъно в условията на високо съдържание на сероводород, метан и множество тежки метали. Както посочихме по-горе, оказва се, че някои от тези обитатели даже нямат развита храносмилателна система и въпреки това достигат значителни размери и биомаса, като например хидротермалните вестиментифери от огромната група на червеите. Откриването на тези своеобразни жители на хидротермалните оазиси според руските зоолози С. В. Галкин и В. В. Малахов (2003) е „...едно от най-впечатляващите събития в морската биология през последната третина на XX Век“. Те са една от доминиращите специфични групи обитатели на дълбоководните хидротермални оазиси. Предпочитат температури на водата около 40 – 50°C и само отделни видове между тях се срещат и във води с температура до 60°C. Образуват плътни поселения около термални източници с високо съдържание



Различни морски животни – обитатели на дълбокотермалните извори

на сероводород и се отнасят от биоценолозите към групата на сулфophilните организми. Досега са открити и описани около 15 вида вестиментифери от различни райони и хидротермални източници в Световния океан и всички са лишени във възрастно състояние от морфологично обособена храносмилателна система. Наченки на такава система са открити само в ембрионални стадии от развитието им, които в процеса на по-сетнешното им онтогенетично развитие изчезват.

По-подробни съвременни изследвания върху морфологията, анатомията и храненето на вестиментиферите показват, че те са доста сложно устроени червеовидни животни, имат добре развита затворена кръвоносна система със сърце и кръвоносни съдове и сложна нервна система с преден нервен пръстен, от който излизат два надлъжни нервни ствола с разклонения за цялото тяло. Оказа се, че вестиментиферите нямат храносмилателна система, защото се изхранват главно от хемоавтотрофни симбионтни бактерии, които са особено многобройни в специален вътрешен орган в тялото, наречен **трофозома**, и около пипалата на предния край на прикрепеното им към субстрата тяло. Нещо повече, доказано е също, че те могат да абсорбират чрез тялото си и предимно чрез пипалата на предния си край аминокиселини, глюкоза, мастни киселини и други разтворени органични вещества от морската вода около тях. Но как по-точно се осъществява усвояването на тези вещества от симбионтните бактерии и околната среда и използването им за енергетичните нужди на вестиментиферите засега остава неизяснено от биохимичите и физиолозите. Подобни хемоавтотрофни симбионтни бактерии са открити днес и в много от другите специфични обитатели на „перата“ на подземните хидротермални източници – погонофори, полихети, ракообразни и др., за които се предполага, че също в някаква степен участват в изхранването и енергетичния

им обмен в тази специфична, почти лишена от кислород жизнена среда.

Изучаването на чудния свят около горещите морски хидротермални източници може да ни даде ключ за изясняването и на важния въпрос, къде се е зародил животът на нашата планета? В последните 2 – 3 години в авторитетни научни списания като *Science*, *Nature* *Microbiology* и др. се появиха статии, доказващи, че първичните организми, появили се на Земята, са се зародили именно в безкислородна среда, при условията на високо съдържание на водород и сероводород около вулканските горещи източници на дъното на всемирния океан. Авторите на тези статии предполагат, че най-просто устроените съвременни организми на нашата планета – археите, бактериите и еноклетъчните еукариотни организми (протозоите), са имали един „Последен универсален общ предшественик“ (*„Last universal common ancestor“* – *LUCA*), от който по-късно са се развили съвременните примитивни организми на Земята. Според авторите на тези научни изследвания *LUCA* се е появил и живял на нашата планета преди около 3,5 –

3,8 млрд. години именно в условията на безкислородна среда и високо сероводородно съдържание около някогашните подводни хидротермални източници, които са били значително повече по дъното на всемирния океан. Изводите в тези статии се основават на многогодишни изследвания на около 6 милиона гени и генното разнообразие на съвременни нисши организми от над 280 семейства (бактерии, археи и протисти), а геномът на техния предшественик (*LUCA*) е бил само от около 355 гени. Поради това някои съвременни биолози смятат, че именно дълбоководните морски хидротермални източници са люлката на живота на нашата планета.

Съвременните постижения в изучаването на чудния жив свят около морските дълбоководни хидротермални източници, който съществува като някакъв паралелен свят на съвременната широко разпространена морска и сухоземна фауна на земята, дават сериозни основания да очакваме в следващите десетилетия разкриването и на други нови и интересни страни на живота на нашата планета. ■

Изисквания към авторите на сп. „Природа“

Сп. „Природа“ е научнопопулярно списание, предназначено за широка читателска аудитория: специалисти от различни научни области, преподаватели във висши и общообразователни учебни заведения, студенти, ученици, любознателни читатели с разностранни интереси.

Характерът на списанието налага някои специфични изисквания към авторите: разглеждане на актуален и важен за науката проблем; достъпно изложение; понятен за широката публика език; избягване на чуждици в случаите, когато могат да се употребят съответните български думи; онагледяване на текста с илюстрации, таблици, фигури. Не е желателно обособяването на отделни глави и раздели, както и цитирането на ползваната литература в края на статията.

Обемът на статиите е 5–6 машинописни страници (стандартната машинописна страница е 30 реда, 60 знака на ред, като този обем не включва предлаганата илюстрация). Към статиите се

прилагат кратки биографични данни за автора и неговата снимка.

Кратките научни съобщения и любопитни факти се помещават в отделни рубрики, поради което е необходимо да се посочи научната област, към която се отнася съобщението.

Илюстрациите трябва да са годни за непосредствено полиграфическо възпроизвеждане.

За осъществяване на контакт с авторите е необходимо те да посочат на края на статията или съобщението трите си имена, телефон и имейл.

Ръкописите се представят на електронен носител или се изпращат по имейл.

Текстът трябва да е във формат .doc/.rtf за MS Office XP/97-2003 или .docx за MS Office за Win7.

Не се приемат за издаване или отпечатване произведения, в които илюстративният материал е вмъкнат в .doc/.docx/.rtf файл.

Снимките се представят на отделни файлове във формати .jpg и .tif.

Противоотрова срещу въглеродния моноксид

Една от най-коварните отрови, която открай време застрашава здравето и живота на човека, е въглеродният моноксид, CO, за който писахме неотдавна в нашето списание. Практически единственият начин отровен от това коварно вещество да бъде спасен е незабавното вдишване на кислород, респективно въздух. Това обаче за съжаление невинаги се оказва възможно в приемливи срокове и условия. По този повод д-р Марк Гладуин (Mark Gladwin) от университета в Питсбърг беше казал, че ... „*Въпреки че въглеродният моноксид е най-честата причина за отравяния, до днес ние нямаме нито една ефективна противоотрова срещу него*“. Марк Гладуин споделя това по повод на едно направено от него и неговите колеги откритие. Те успяват да намерят вещество, което вероятно би могло да се използва като противоотрова срещу въглеродния моноксид. Резултатите от своите изследвания авторите публикуват в авторитетното списание *Science Translational Medicine* през есента на 2016 г. и статията им веднага събужда разбираем интерес сред специалистите.

Високата токсичност на въглеродния моноксид се дължи на това, че той се свързва здраво с хемоглобина на кръвта, измествайки молекулите кислород от нормалния комплекс хемоглобин-кислород. Американските изследователи от колектива на Марк Гладуин успяват да намерят белтъчна молекула, която да свързва въглеродния моноксид 500 пъти по-здраво, отколкото хемоглобина. Поради това високотоксичната молекула CO предпочитателно се свързва не с хемоглобина, а тъкмо с белтъчната молекула, изучена от Гладуин и съавтори. Тази белтъчна молекула е производна на добре познатия, съдържащ се нормално в кръвта невроглобин. Видоизменената молекула на невроглобина, означена като *NgbH64Q*, става обект на задълбочени изследвания от колектива на Гладуин. Резултатите са показали, че новата белтъчна молекула може да послужи като отлична противоотрова, като антидот, при отравяне с въглероден моноксид. На експериментални мишки бил подаван

въздух, обогатен със смъртоносна концентрация на въглероден моноксид, която довеждала бързо до прояви на токсичен ефект. Признаците на отравяне обаче преминавали бързо, ако на експерименталните мишки е бил инжектиран модифицираният невроглобин *NgbH64Q*. Новосъздаденият антидот спасявал от смърт 87 процента от отровените с въглероден моноксид животни. Странични, нежелани ефекти на препаратите не са били наблюдавани. Важно е и това, че антидотът се излъчвал бързо с урината. Учените установяват, че новият антидот „отстранява свързания с хемоглобина газ 1200 пъти по-бързо, отколкото чистият кислород“.

Тепърва предстоят задълбочени клинични изследвания с новия невроглобин, които да покажат евентуалната възможност той да бъде използван като антидот при отравяния с въглероден моноксид. Авторите на откритието предполагат, че в близките години ще стане ясно дали изучаваният от тях невроглобин ще стане реално приложим в медицинската практика препарат.

По scinexx.de и *Наука и живот*

