

Реактивното движение е открито от... животни

Васил Големански

Днес едва ли има човек, който да не се възхищава от бързите реактивни самолети или от космическите ракети, които така широко навлязоха в нашия бит през втората половина на изминалия век.

Всеки ден чуваме и следим полета на реактивните самолети, прорязващи небето над нас, или четем за нови космически ракети и космонавти, отпразнуваме се към звездните простори. Реактивният принцип на движение разкри нови хоризонти пред човечеството и дава надежди, че той ще позволи в недалечно бъдеще да проникнем още по-дълбоко в тайните на Вселената.

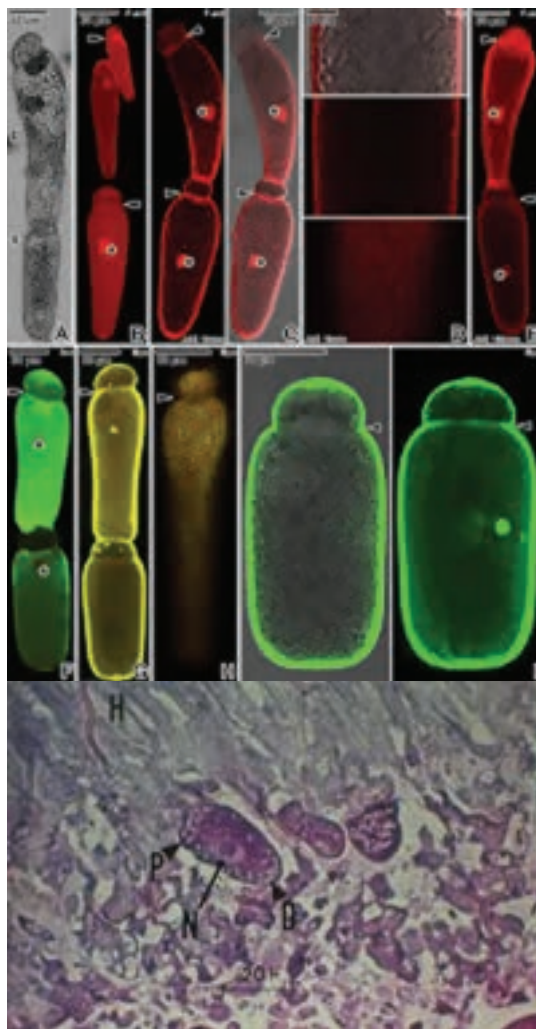
Какво представлява всъщност реактивното движение от гледище на механиката? Съгласно третия принцип на механиката при изгарянето на гориво в една система или ракета се получават газове, които се изхвърлят с голяма сила във външната среда. При това изхвърляне те противодействат на системата (ракета) с равна по големина противоположна сила, която се нарича **реактивна сила**. В резултат на реактивната сила ракетата се задвижва и ускорява в противоположна посока, а самото движение се нарича **реактивно движение**. Реактивните системи се усъвършенстваха особено много след втората половина на XX в. и вече са широко популярни, но малцина знаят, че реак-

тивното движение като принцип на движение съществува много отдавна в природата, а в животинския свят има големи групи животни,

които се движат предимно на реактивен принцип. Да ви запознаем с някои от тези животни ракети е целта на предлаганата статия.

Едни от най-нисшите животни, при които е наблюдавано движение на реактивен принцип, са от подцарството на едноклетъчните животни (Protozoa). Още през XVIII в. протозоолозите откриват и описват един доста голям клас едноклетъчни паразити на безгръбначни животни (червеи, мекотели, членестоноги и др.), наречен Грегариини (Gregarinia). Грегариините паразитират главно в храносмилателната система на своите гостоприемници и досега не са открити в гръбначни животни и човека. Понастоящем в науката са открити и описани около 1000 вида Грегариини, по-голямата част от които използват реактивния принцип на придвижване в червата на своите гостоприемници. Тъй като са сравнително едри едноклетъчни и достигат в някои случаи до 500 – 600 микрона

дължина, те са забележими и с обикновен светлинен микроскоп или по-силна лупа. Когато ги разглеждаме под микроскопа откриваме, че обикновено са неподвижни, имат удължено гладко тяло, покрито със здрава клетъчна обвивка (кутикула), и не притежават специални клетъчни органи за движение. Но в един момент, като че ли подтикнати от някаква вътрешна сила, Грегариините започват леко да се плъзгат и придвижват напред и скоро изчезват от микроскопското видно поле. При това без да извършват каквито и да е видими движения като огъване или свиване на тялото. Механизмът на тяхното леко плъзгащо движение дълго време бил загадка за учениците. Едва през 1894 г. руският протозоолог В. Шевяков открил, че в случая Грегариините се придвижват чрез използване на... реактивния принцип. Той установил, че по външната им клетъчна обвивка (кутикулата) има множество фини надлъжни бразди и тя е пронизана от безброй малки пори, през които животните отделят във външната среда тънки струйки от безцветно клетъчно вещество. Сичайки се по надлъжните бразди на кутикулата към задния край на животните, безцветното вещество бързо се втвърдява във външната среда и образува плътно стълбче зад тялото на грегариината, като я избутва напред. В резултат на все по-активното отделяне назад на нови порции безцветно вещество от повърхностните пори тялото на Грегариините се движи плавно напред. Както се вижда, в случая те сами си произвеждат клетъчното „гориво“ и сами „решават“ кога да включат ракетните си двигатели. Загадка засега е и характерът на това „гориво“, тъй като не е възможно то да бъде изолирано в чист вид от чревната среда на гостоприемниците и да бъде прецизно анализирано. По-късни експерименти показаха, че постепенното увеличаване на температурата на външната среда до около 30° С увеличава и скоростта на своеобразните „ракети“, но



Различни видове Грегариини от насекоми

по-високи температури вече са пагубни за животните.

Интерес представлява и въпросът, каква е абсолютната и относителната скорост на Грегариините в резултат на това най-примитивно ракетно движение? Изчислено е средно, че за 1 секунда Грегариините изминават не повече от 5 – 6 микрона разстояние, а за 1 час – около 20 мм. Но средните размери на животните също са гребни и всъщност за 1 секунда те изминават средно около 0,2 – 0,3 части от дължината си.



Медузите имат най-примитивния реактивен „двигател“

В сравнение с други по-висши животни се оказва, че относителната скорост на грегариините е най-близка до тази на съвременните сухоземни костенурки.

Особено широко разпространен е ракетният принцип на движение при медузите. Те също са на едно от най-ниските стъпала в еволюцията на животинското царство. Отнасят се към типа на Мешестите животни (Coelenterata) и водят изключително воден начин на живот. Тялото им е полупрозрачно поради високото съдържание на вода в него – над 90%. Имат най-често полусферично или камбанковидно тяло и се отнасят към групата на радиалните животни (Radiata). Кои от нас, при посещенията си на морето, не е стоял дълго на крайбрежния кей или на скалите, захласнат от нежните пулсиращи движения на медузите

и тяхното плавно отдалечаване навътре в морето? Но как се придвижват?

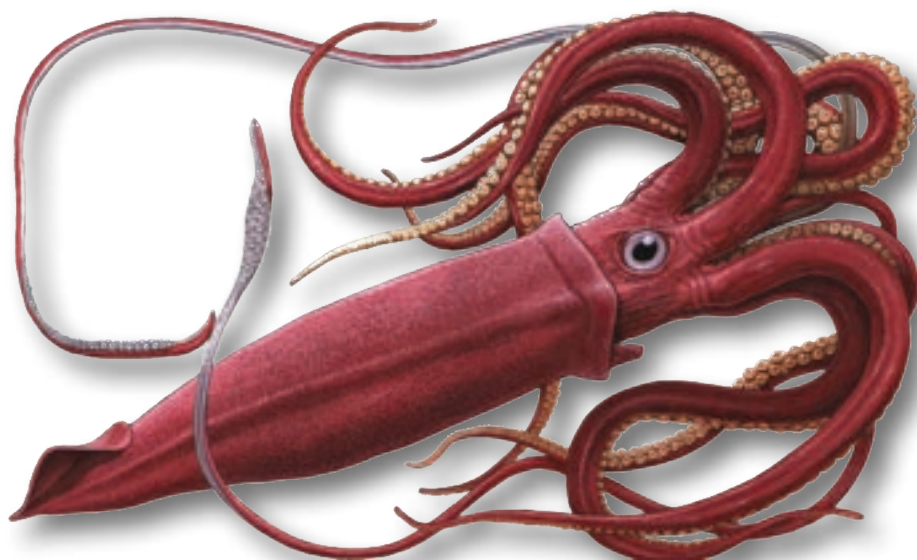
От долната плоска страна на тялото на медузите във водата висят няколко дълги пипала, чиито брой е различен при различните видове. А в центъра на тялото, между пипалата, се намира устата на животните, която въвежда в обширна и силно разклонена празнина. Тя се нарича **гастровакуларна празнина** и изпълнява различни функции. Първата е свързана с храненето и в нея става смилаването на уловената от пипалата и погълната храна. А втората осигурява движението на медузите на ракетния принцип. „Ракетният двигател“ тук е прост, „горивото“ е водата, която е в изобилие около животните. При отпусната горна част на камбанковидното тяло, наричано още чадърче или умбрела, водата навлиза

свободно в гастроваскуларната празнина. Но при бързо свиване на чадърчето от специални радиални мускули водата от гастроваскуларната празнина се изхвърля със сила навън и медузата отскача в противоположната посока. Колкото по-бързи са свиванията и разпусканията на чадърчето (умбрелата), толкова по-активно е и оттласкването и придвижването на животните. Често на морския бряг можем да наблюдаваме спокойно носещите се от вълните медузи, но ако ги подгрозим с някоя пръчка или весло, веднага ще видим, че те „включват“ бързо ракетния си двигател и чрез активни пулсиращи движения и отскоци бързат да се отдалечат от нас. При някои видове медузи даже има специални приспособления към „ракетния двигател“, улесняващи бързото придвижване. Това е едно подобно на пръстен образувание около устата, наречено велум, което стеснява отвора на излизането на водата и увеличава допълнително скоростта на изхвърлянето ѝ, а оттук и на движението на животните.

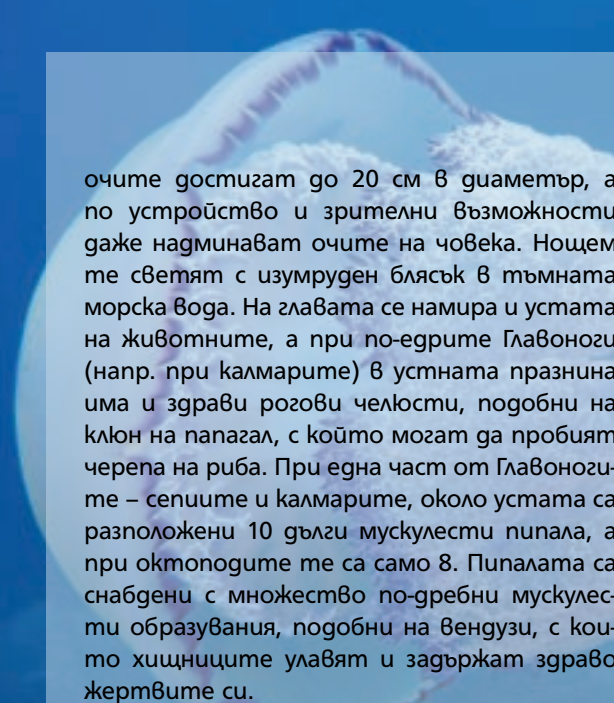
Но истински живи ракети по бързина на придвижването в морските простори са се-

пиите и калмарите от типа на Мекотелите животни (Mollusca). Те имат по-различно устройство от това на познатите ни от сушата представители на типа – охлювите и мидите, и затова са обединени в отделен клас, наречен Главоноги (Cephalopoda). Към него спадат сепиите, калмарите и октоподите. Главоногите живеят само в по-южните и топли морета и океани с нормална соленост (30 – 35‰) и поради това не се срещат в по-слабо солените – Черно, Балтийско и други подобни морета. Някога главоногите са били процъфтяваща група морски обитатели, представена от хиляди видове, но днес са познати само около 700 съвременни вида. От класа на Главоногите е и най-едротото познато днес морско безгръбначно животно, наречено *Architeutis princeps*, чиито размери достигат до 15 – 17 м дължина.

Тялото на Главоногите е удължено, билатерално (двустранно) симетрично и се състои от глава и труп. Отстрани на главата се намират двете кръгли очи на животните, които имат различни размери при отделните видове. При някои едри Главоноги



Калмарите (клас Главоноги) са най-бързите „реактивни“ животни



очите достигат до 20 см в диаметър, а по устройство и зрителни възможности даже надминават очите на човека. Нощем те светят с изумруден блясък в тъмната морска вода. На главата се намира и устата на животните, а при по-едрите Главоноги (напр. при калмарите) в устната празнина има и здрави рогови челюсти, подобни на клон на папагал, с който могат да пробият черепа на риба. При една част от Главоногите – сепиите и калмарите, около устата са разположени 10 дълги мускулести пипала, а при октоподите те са само 8. Пипалата са снабдени с множество по-дребни мускулести образувания, подобни на вендузи, с които хищниците улавят и задържат здраво жертвите си.

При сепиите и калмарите „ракетният двигател“ се намира в предната част на коремната страна на животните и е представен от едно късо мускулесто образувание, наречено **фунийка** поради неговата форма. Тялото на животните е покрито отвън със здрава, мускулеста кожна обвивка, наречена **мантия**, която също играе много важна роля при ракетното движение. Мантията е сраснала с тялото на гръбната страна, но на коремната страна е отделена от тялото и образува около него празнина, наречена **мантийна празнина**. Мантията покрива и част от фунийката на коремната страна, но така, че по-широкият ѝ край остава вътре в празнината, а стесненият ѝ край остава вън от мантийната празнина. И накрая, важна роля в „ракетния двигател“ играят и 2 здрави мускулести устройства, или „закопчалки“, разположени от двете страни на фунийката, които могат по желание на животните да затварят мантийната празнина и да я отворят, за да навлиза вода в нея.

И в този случай морската вода е „горивото“ на своеобразния ракетен двигател, който функционира отлично по следния прост начин. В спокойно състояние калмарът или сепията са отпуснали пипалата си, мантийната празнина е отворена от двете закопчалки и изпълнена с вода, а животното се

носи спокойно от вълните. Но ако в един момент забележи неприятел, животното бързо закопчава плътно двете „закопчалки“, притиска силно мантията към тялото и водата от мантийната празнина има само един изход – през фунийката навън. Моментното изхвърляне на водата през фунийката предизвиква достатъчна противоположна сила и животното бързо отскача назад. В следващите секунди тези движения за отваряне на мантийната празнина, запълването ѝ с вода и ново изтласкване навън се повтарят многократно и животното чрез бързи отскоци вече е на достатъчно голямо разстояние от неприятеля. В такива случаи животните прибират плътно пипалата си, за да намалят съпротивлението на водата, и наистина заприличват на ракети, плаващи с доста голяма скорост. Движението е „на заден ход“ и за неговото по-бързо осъществяване спомагат заостреният заден край на животните и торпедовидната форма на тялото. Но реактивното движение се използва не само за бягство, но и за преследване на жертвите, с които калмарите се хранят. А това са най-често риби, които калмарите преследват и улавят с пипалата си във време на движение.

Скоростта, която някои калмари и сепии развиват във водната среда благодарение на ракетното движение, е много голяма. В някои случаи, при преследването на рибни пасажи, хищниците могат даже да излитат над повърхността на океана, подобно на летящите риби. Подобно явление е наблюдавано многократно и е описано колоритно от бележития норвежки пътешественик Тур Хейердал (Thor Heyerdahl) по време на пътешествието му с дървен сал от Южна Америка до Полинезийските острови в Тихия океан (1947 г.). Една сутрин, когато пътешественикът и неговите спътници се събудили в по-южните ширини на Тихия океан, намерили на палубата една сепия с големината на котка, която силно ги учудила как е попаднала там. Но още в следващите дни и нощи загадката била разгадана. Пътешествениците често наблюдавали

как някакви блестящи същества излитат поединично или на малки ята от вълните и се носят на няколко метра над тях, след което отново падали във водата. Оказало се, че това са сепии, които панически бягали от преследващи ги по-едри хищни риби. Дотогава било известно, че само някои видове летящи риби могат да развиват такава висока скорост във водата, да излитат над морските вълни и да прелитат стотици метри над океанската повърхност. Както описва по-късно Тур Хейердал в знаменитата си книга „Експедицията Кон Туку“, експертът му многократно е наблюдавал по време на плуването как сепии и калмари поединично или на малки групи излитали като живи ракети от морските води, прелитали до 40 – 50 м над морската повърхност и отново потъвали в морските дълбини.

Ракетния принцип на движение използват и някои морски миди, но в много по-скромна степен, и то само в случай на самозащита. Ярък пример за това са мидите от рода Пектен (*Pecten*), гребни представители на който се срещат и в Черно море. Но в Средиземно море и Атлантическия океан живеят много по-едри представители на рода, които достигат до 15 – 20 см диаметър на черупката и се използват като деликатеси от човека. Мекото тяло на мидите е защитено от черупка от 2 половини – плоска коремна, която лежи на морското дъно, и изпъкнала гръбна, която покрива и защитава тялото от горната му страна. Те са здраво свързани на единия край с еластична кожна връзка – лигамент, а другият край е свободен и може да се отваря и затваря с помощта на специални мускули, наречени **агдуктори**. Както при всички мекотели и тук тялото на Пектен е обвито от мантия, която загражда мантийната празнина, в която то се намира. Обикновено мидите лежат спокойно на морското дъно, гръбната половина на черупката е повдигната, морската вода навлиза свободно в мантийната им празнина и от нея те улавят бактериите и други гребни планктонни едноклетъчни,



Калмар



Медуза



Сепия

Различни видове Главоноги

с които се хранят. С помощта на мускулите агдуктори животните могат бавно да повдигат и затварят двете половинки на черупката и да осигуряват по-активно проникване на вода и хранителен планктон в мантийната празнина и устата. Но когато се появи някакъв хищник – по-едра риба, морски рак или октопод, мидата мигновено затваря с агдукторите двете половини на черупката и водата от ман-

тийната празнина се изхвърля с голяма сила навън. На ракетен принцип животното веднага отскача няколко сантиметра назад, като едновременно с водната струя повдига и ситен пясък или тиня от морското дъно, зад които се скрива. Чрез няколко последователни бързи свивания и изтласкване на водата от мантийната празнина мидата отскача и избягва от своя нападател на няколко метра от мястото на нападението. В този случай бързите отскоци чрез използването на ракетния принцип са единственото активно оръжие за спасяване на животните от морските им неприятели.

Макар и по-рядко, ракетния принцип за придвижване са „открили и използват“ и някои насекоми или по-точно техните ларви, които живеят във водата. Пример за това, който може лесно да се възпроизведе и наблюдава и в лабораторни или домашни условия, са ларвите на красивите водни кончета, които често летят над блатата и реките в цялата страна. Ларвите им са



Ларвите на водните кончета използват реактивното движение за бягство от неприятели

сравнително големи (1 – 3 см), живеят известно време до излюпването на възрастните насекоми по дъното на тези водоеми и лесно се улавят и отглеждат в стъклени аквариуми с пясъчно дъно и водни растения. В спокойно състояние ларвите лежат на пясъчното дъно между водораслите в аквариума и от време на време плавно раздуват и свиват коремчетата си. Това не е случайно, а е свързано с дишането на животните. Техните дихателни органи – хрилете, са разположени в правото им черво накрая на коремчето. Чрез тези бавни пулсиращи движения на коремните мускули, при разширяването на коремчето в правото черво навлиза вода и се осъществява обмяната на кислород, необходим за дишането. А при свиването му от червото се изхвърля обеднената на кислород вода, за да се поеме нова порция след секунди. Даже и в спокойно състояние може да се види, че при свиването на коремчето пясъкът зад ларвата леко се раздвижва и издухва назад. Но ако се опитаме с пръчка или пинсети да докоснем или уловим ларвата ще видим, че тя мигновено свиwa коремчето си и бързо отскача няколко сантиметра напред, без да движи краката си, които прибира към тялото. Следва нов още по-енергичен отскок и животното вече е на десетки сантиметри от нас. И в този случай, чрез използване на ракетния принцип, ларвата енергично поема и изхвърля вода от правото черво назад, прави бързи отскоци напред и се скрива между водораслите или в пясъка на дъното. Тъй като ларвите на водните кончета са хищници, те често използват по-бързото ракетно придвижване и за да уловят своите жертви – гребни ракообразни, червеи или ларви на други по-гребни насекоми.

Животните отгавна използват ракетното движение, но човешкият ум отиде много по-далече в използването и усъвършенстването на ракетния принцип в бита и в стремежа си за проникване и опознаване на заобикалящата ни Вселена. ■

Изушени комари отново оживяват

Безспорен факт е, че животът на нашата планета се е появил във водна среда и водата е основният жизнен фактор за поддържането му. Известно е, че много организми от различни биологични групи издържат по-продължително обезводняване и изсушаване, но в определени граници, след които тяхната гибел е неминуема. Със своята издръжливост към продължително изсушаване и отново възвръщане към живота са известни много видове бактерии, археи, растения, някои нисши животни – червеи, ротатории, таргизради и др. Но колкото по-сложно устроени и по-висши в еволюционно отношение са организмите, толкова по-кратковременна е тяхната издръжливост на обезводняване, а при бозайниците и човека тя е ограничена само до часове и броени дни.

Проблемът за издръжливостта на живите организми при обезводняване стана особено актуален през последните десетилетия, когато човекът се устреми и към Космоса. В космическите програми и експедиции често се включват и представители на различни групи организми, които по време и след космическите полети се изучават и подробно анализират за разкриване на механизмите на тяхната издръжливост към обезводняването и способността им за ново възвръщане към нормален живот. Такъв „космически герой“ и обект на изследване е и комарът полипедиум вандерпланки (*Polypedium vanderplanki*), включен в експеримента „Космически комар“ (SpaceMidge) на една от международните космически мисии (2013 – 2014).

Полипедиум вандерпланки е комар от семейството на Хирономидите (Chironomidae) и е наречен на английски Sleeping chironomid (спящ хирономид) поради дългото преживяване на ларвите му в блатата и водоеми в Нигерия и Уганда, подложени на продължително пресушаване при тамошните климатични условия. Остават живи и при остатък само от 3% вода в тялото им, понасят продължително нагряване над 40 – 50° C и облъчване с високи дози гама лъчи (до 7000 gray). Поставени в нормални жизненни условия, ларвите възстановяват жизнеността си, какавидират нормално и от тях се излюпват напълно развити летящи комари. Поради тези техни свойства те участват и в космическите експерименти „SpaceMidge“. За контроли в експериментите се включват и близки видове комари, които не притежават подобни екстремни биологични свойства, в случая – вида *Polypedium nubifer*.

Резултатите от експеримента, контролиран от руски и японски учени, показали, че в генома

на п. вандерпланки има групи (кълъстери) от гени, чиято активност бързо се повишава при обезводняването на ларвите. Тези гени, наречени „Late embryogenesis abundant“ (LEA), в процеса на обезводняване и изсушаване на ларвите защитават от увреждания другите белтъчни и мембранни структури в клетките. Подобни гени са намерени досега в растения и групи видове животни, но не и в насекоми. По-обстойни анализи показали, че ларвите на п. вандерпланки се хранят с бактерии, които имат LEA гени и техните защитни гени всъщност са внесени от бактериите и включени в ДНК системата на комарите чрез хоризонтален пренос. Друг механизъм, обуславящ по-високата „сухоустойчивост“ и обезводняване на п. вандерпланки, са гени на антиоксидантни белтъци, каквито има и в контролните комари *P. nubifer*. Но докато те са само 29 при п. нубифер, то при п. вандерпланки техният брой е значително по-висок – 52.

Интересни резултати са получени и при изследване на дишането и хемолимфата на комарите в космическия експеримент. Известно е, че дишането и обмяната на кислорода при насекомите се извършват чрез специална т.нар. трахейна система, а в хемолимфата, която е транспортна система за хранителните вещества, липсват кръвни клетки и газообменни белтъци. Но, за изненада на учените, в хемолимфата на ларвите на *P. vanderplanki* бил открит и хемоглобин, който вероятно улеснява тяхното по-продължително обезводняване и поддържане на минимален запас от кислород, необходим за поддържане на жизнеността им. Друга интересна особеност, установена при „спящия комар“ в процеса на неговото обезводняване и изсушаване в космическия експеримент, е увеличаването на синтеза на захарта трезалоза и понижаването на активността на ферментите, които я разграждат. Оказало се, че трезалозата служи като заместител на водата и нейното по-дълго съхраняване в клетките удължава процеса на обезводняването и преживяемостта на ларвите.

Разкриването на молекулярните механизми на преживяемост на животните в екстремните условия на космическите експерименти е важен принос и за разбирането на адаптивните механизми в процеса на еволюцията на организмите, довели до такова огромно биоразнообразие в съвременния организмов свят на нашата планета.

По „Nature Communications“ и „Наука и жизнь“