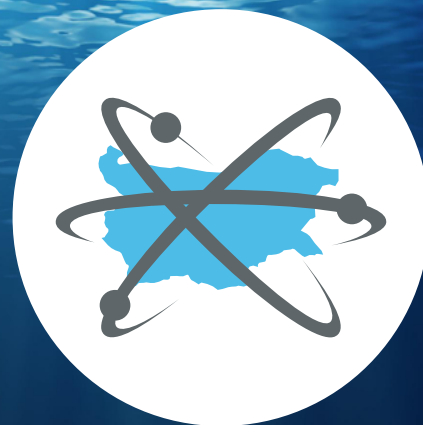




БЪЛГАРСКА НАУКА

НАУЧИ ПОВЕЧЕ

#морски обитатели

септември 2018



В ТОЗИ БРОЙ:



Змиорката – един изпълзващ
се мистериозен вид

3



Опарване, предизвикващо
Ируканджи синдром

18

Какво представлява отровата на медузите
Ируканджи, как действа и защо все още няма
универсална противоотрова?

30



Тюленът монах -
изпятата песен на един
изчезващ вид

40

АВТОРИ В БРОЯ:

Димитра Лефтерова
д-р . Чавдар Черников
гл. ас. д-р Теодора Вукова

ГЛАВЕН РЕДАКТОР:

Петър Теодосиев
admin@nauka.bg
0885811386

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ В СЪСТАВ:

Проф. Николай Витанов
Проф. Ради Романски
дфн. Пламен Физиев
Доц. Илия Пенев
Доц. Валери Голев
Доц. Милен Богданов
Доц. Петър Голийски
Доц. Севдалина Турманова
Доц. д-р Елица Петрова
Доктор Владимир Божилов
Доктор Мариана Стамова
Доктор Велислава Шуrolинкова
Д-р Чавдар Черников
Неделин Бояджиев
Радослав Тодоров
Росен Теодосиев
Красимир Иванчев
Росица Ташкова

ДИЗАЙН:

Тони Петров

ISSN: 1314-1031



RELATE
EXPERIENCE
FIND
RESEARCH
EVERYWHERE AND
SHARE

ЕВРОПЕЙСКА
НОЩ НА УЧЕНИТЕ
28 септември 2018 г.

МЕДИЙНИ ПАРТНЬОРИ:

NaukaOFFNews

actualno.com

CRUSS
Online Bulgarian Network

KALDATA
SOFTWARE, HARDWARE AND GAME REVIEWS



ЕВРОПЕЙСКА
НОЩ НА УЧЕНИТЕ

RELATE EXPERIENCE FIND RESEARCH EVERYWHERE SHARE
28 септември 2018 г. www.nauka.bg/night

#морски обитатели | септември 2018



Змиорката – един изплъзващ се мистериозен ВИД

Димитра Лефтерова
д-р Чавдар Черников

Why Live? Why Die?

*At the end of their long journey the parents spawn
And die*

*As their children take the ocean currents back
To East Asian rivers from Mariana.*

*Adults and young both knowingly make their way alone
And through this travel, life is handed down.*

For millions of years, birth and death repeats.

It is relentless.

Why do they do these kinds of things?

Why do they choose this hard life?

Why do living creatures live?

Why do living creatures die?

KATSUMI TSUKAMOTO

Змиорките от род *Anguilla*, освен че имат специфични външни белези, са по-известни с дългите хиляди километри пътешествия, които извършват, за да се размножат. Не само с дългата миграция е изненадващ този вид, а и с това, че сменя изцяло местобитанието си от солени морски води в сладководни речни и обратно, което пък е свързано с метаморфоза на вида. Защо е необходимо такова дълго пътешествие, кое определя кога и къде вида да отиде, кое определя неговата физическа промяна? Това са въпроси, които и до днешен ден остават отворени, видът се изплъзва на учените и все още се счита за мистериозен.

Разред Змиорки – *Anguilliformes*, включва 4 под-разреда, 20 семейства, 111 рода и близо 800 вида. Пресноводните змиорки са обединени в семейство *Anguillidae*, като всички 18 вида и два подвида са включени в род *Anguilla*.

Стопанско значими видове змиорки

Име	Латинско наименование	Максимална дължина	Средна дължина	Максимално тегло	Максимална възраст	IUCN статус
Американска змиорка	<i>Anguilla rostrata</i> (Lesueur, 1817)	152 cm	50 cm	7.33 kg	43 г.	Не е приет
Европейска змиорка	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	50 cm	35 cm	6.6 kg	88 г.	Критично застрашен 
Японска змиорка	<i>Anguilla japonica</i> Temminck & Schlegel, 1846	150 cm	40 cm	1.89 kg		Не е приет
Австралийска / късоперкова/ змиорка	<i>Anguilla australis</i> Richardson, 1841	130 cm	45 cm	7.48 kg	32 г.	Не е приет



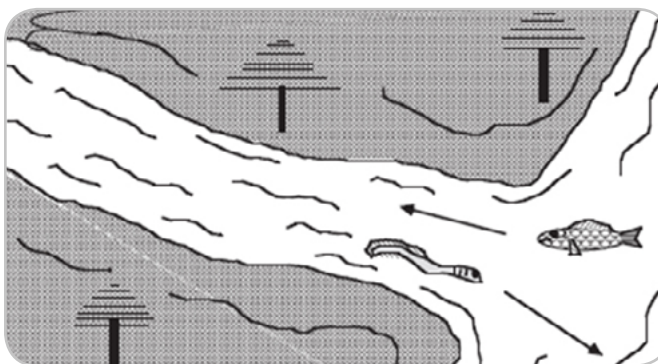
Всички змиорки имат типично издължено змиевидно тяло, откъдето идва името им. Имат гръбна и коремна перка, като гръбната и ананалната перка се сливат в една опашна. Дължината на тялото варира, броя на прешлените на гръбначния стълб е видовоспецифичен. Например броя на прешлените на американската змиорка *A. rostrata* е 103-110, а на европейската *A. anguilla* са 110-119.

Обитават тропичните, субтропичните и умерените региони на двете полукълба, без Южния Атлантически океан.

Разпространение на змиорките от род *Anguilla*, означено с черен шрифт.

Едно много дълго пътешествие:

Всички змиорки са катадромни видове, т.е. видове които основната част от живота си прекарват в пресноводни водоеми, а се размножават в соле-



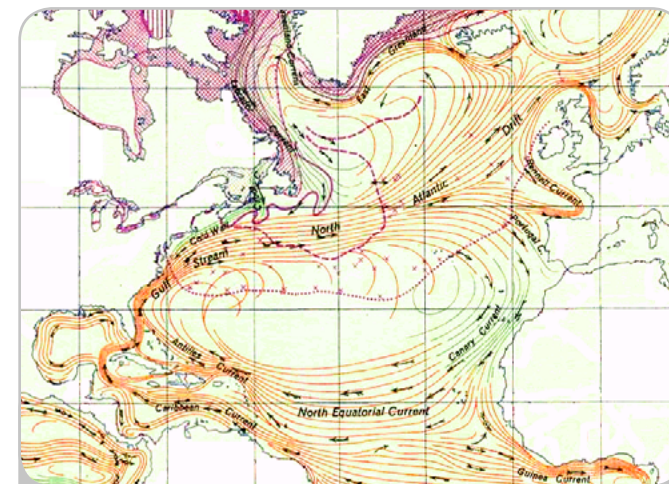
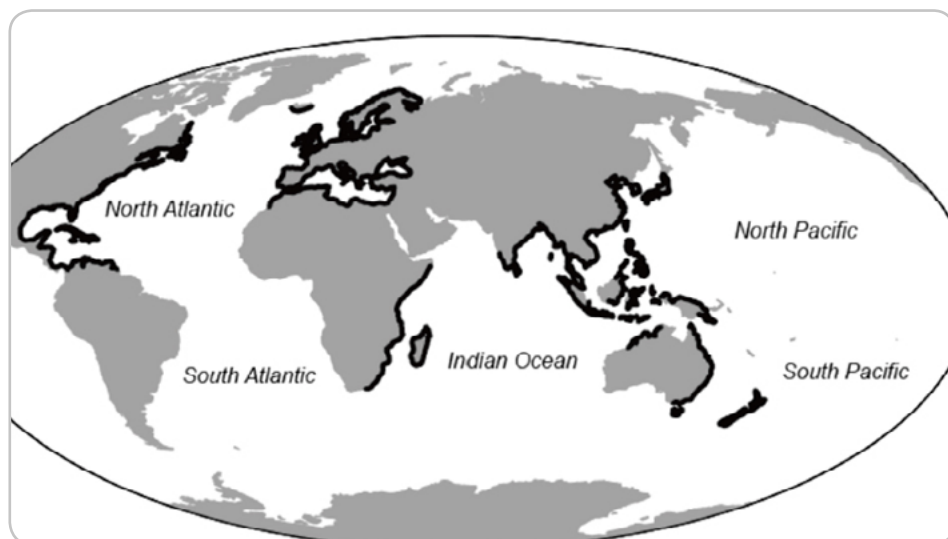
ните океански води, като за целта извършват дълги миграции. За разлика от анадромните видове като сьомгата, които обратно на тях живеят в солените води на океана, а навлизат за размножаване в пресните води на реки и езера.

Тази размножителна миграция е свързана с драстична екологична промяна, смяна на местообитание от пресноводни водоеми на солени води, което означава различен химичен състав и различна физиологична настройка. Всички тези промени са обусловени от **сложен жизнен цикъл и метаморфоза**.

Възрастните змиорки са тубуларни, слузести риби, които прекарват основна част от катадромния си жизнен цикъл в крайбрежните региони, естуари, реки и езера, преди да отплуват далеч навътре в океана, за да се размножат.

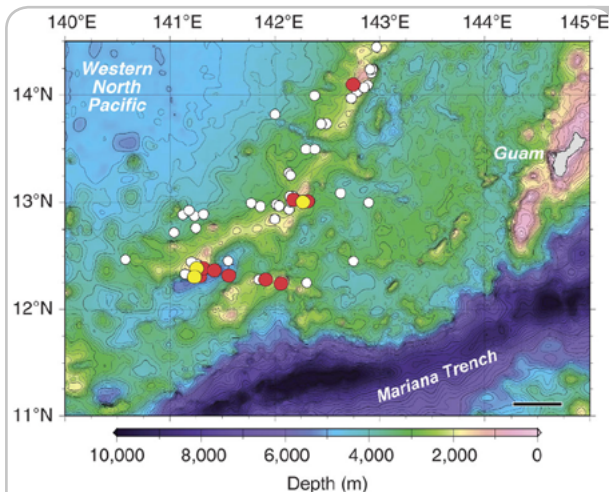
Дълго време змиорката се е считала за мистериозен вид, защото никой не е бил виждал как тя се появява и дори в историческите източници е вписано, че тя „се е пораждала от нищото“, подкрепяйки идеята за самозараждащия се живот и божия промисъл. До днешен ден, тя си остава един мистериозен вид, защото никой не е проследил отплаващите в дългата си миграция змиорки и никой все още не е виждал как точно и на каква дълбочина се осъществява размножаването. Хората са виждали как змиорките се загубват в океана, а след време се връщат като малки прозрачни стъклени змиорки. Всичко това правел вида мистичен.

В началото на миналия век, след близо 20 годишно обикаляне на Атлантическия океан, датския ихти-



Океанските течения, формиращи Северния Атлантически въртоп и съответно ограничаващи Саргасово море.





Локализация на размножителния регион на японската змиорка *Anguilla japonica*.

олог Джохан Шмид пръв открива, че мястото за размножаване на атлантическите змиорки (*Американската, Anguilla rostrata* и *Европейската, Anguilla anguilla* змиорки) е Саргасово море. Саргасово море е море, което не граничи със суша. То се намира в средата на Северния Атлантически океан и на запад се ограничава от течението Гълфстрийм, на север от Северното Атлантическо течение, на изток от Канарското течение, а на юг от Северно Атлантическо Екваториално течение. Тази система от океански течения формират Северно Атлантически въртоп.

Саргасово море е широко 1100 км и дълго 3200 км. Бермуда е близо до западните му краища. Океанската вода в това море се отличава с тъмно синия си цвят и изключителната си чистота, с видимост до близо 60 м. Името му идва от водораслите *Sargassum*, които тук са в изключително голямо количество и свободно плуват на повърхността.

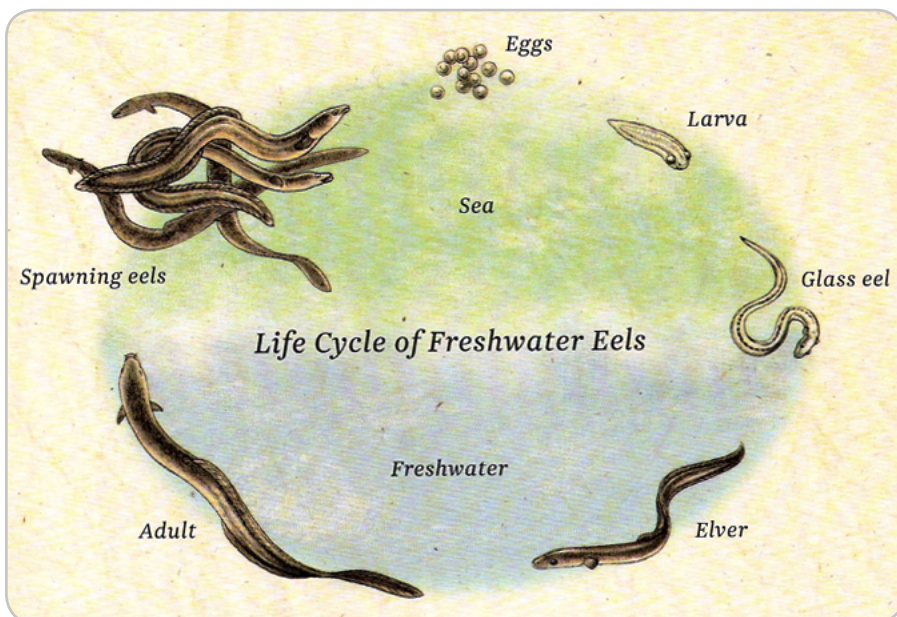
Откритието, че именно в Саргасово море се размножават ат-

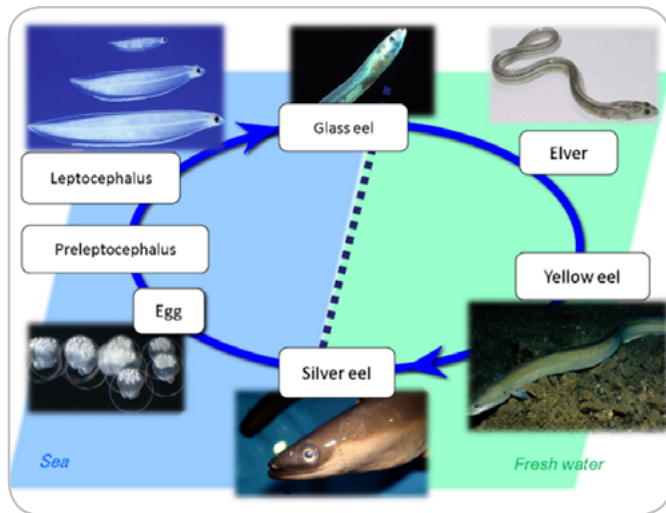
лантическите змиорки, ясно показва, че европейската змиорка извършва едно изключително дълго пътешествие от близо 6000 км, за да се размножи. Американската змиорка също изминава дълъг път, но бреговете на Северна Америка са значително по-близо до Саргасово море. Това впечатляващо откритие, че европейската змиорка извършва такова изключително пътешествие, безпорно привлича сериозно вниманието на много учени.

След откриването на размножителния регион на атлантическите змиорки, през 30-те години на миналия век, започва търсенето на размножителния район в Тихия океан и на *японската змиорка Anguilla japonica*. Търсенето стартира близо до Япония и завършва с откриването на района на размножаване на японските змиорки на запад от Марианските острови в район 15° N и 140° E в Северното Екваториално течение, официално обявено през 2011 г. Японската змиорка извършва миграция с приблизителна отдалеченост 2000 – 3000 км на юг или югоизток от местата на живот.

Сложен цикъл на живот

Възрастната змиорка, обитаваща пресноводните водоеми на континента е пигментирана в тъмно кафяво, жълто и тъмно зелено и затова е наричана жълта змиорка. Различен по продължителност период от 2 до 50 години тя обитава естуарите, реките, езерата, бракични води и дори крайбрежията на континента. Придържа се към дъното, криейки се под камъни, скални цепнатини и процеци. Хищник е, като се храни с разнообразни бентосни безгръб-



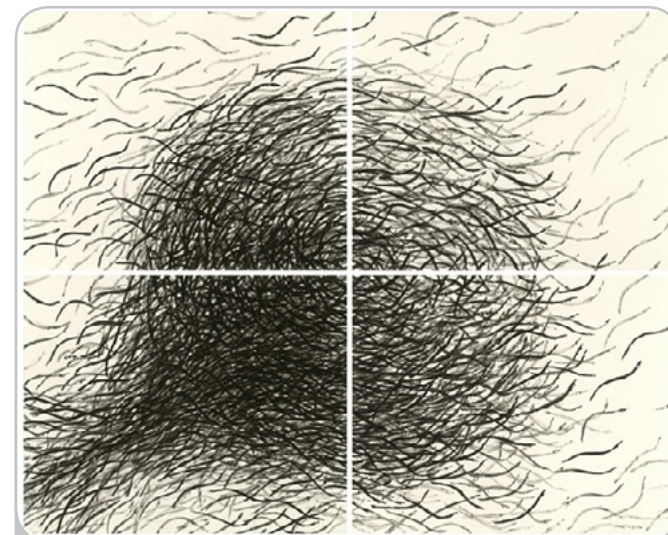


начни, ларви, ракообразни и риби. През зимата намаляват активността си и се заравят в тинята на дъното. Продължителността на континенталното развитие на жълтата змиорка варира географски и е различна за женските и мъжките. Мъжките остават в жълтата си фаза от 2 до 15 години, а женските от 4 до 20 години, макар да има изключения и да са хващани змиорки на голяма възраст.

При определени условия, които все още се изясняват, жълтите змиорки напускат континенталните си местообитания и започват своята дълга хиляди километри размножителна миграция. По време на тази миграция настъпват редица приспособителни физиологични и морфологични изменения. Тялото променя оцветяването си и в крайната фаза на промяна, когато вече навлизат в океана се превръщат в сребърни змиорки. Очите им се уголемяват и придобиват тъмно син цвят, променят се и пигментите

на ретината им. Жълтата змиорка използва преимуществено мирисните си рецептори, докато сребърната – зрението и то специализирано за улавяне на светлина и на значителна дълбочина. Перките нарастват, кожата става дебела, страничната им линия се обособява доста добре и става видима. Настъпват и редица физиологични промени, които са свързани с промяната на химичния състав и солеността на водата, така че от придънен вид, криещ се в цепнатини и заравящ се в тинята, тя става активно плуващ, пелагичен вид. Стената на плавателния мехур се увеличава и ефективността на газовата обмяна се увеличава многократно. Натрупват се около 20% резервни мазнини, запаси за дългото пътуване и половото узряване. Всички тези промени имат една цел – сребърната змиорка е приспособена за дълго, продължаващо хиляди километри плуване, за да може да достигне до местата за хвърляне на хайвер. По време на тази миграция змиорката спира да се храни и съзрява полово, така че когато пристигне на мястото на размножаване, тя е готова да хвърли хайвера си.

Змиорката притежава няколко специализирани белега, които ѝ дават редица предимства в сравнение с другите костни риби. Тя притежава способността да издържа на хипоксия, когато в околната среда има малко съдържание на кислород, като изследвания са показали, че европейската змиорка може да живее в среда без кислород до няколко часа. Друга способност на змиорката е, че може да живее във водата часове, а дори и до дни, което е изключителна нейна способност сред рибите,



Картина на Джон Прозак, пресъздаваща момента на скупчване на змиорките за размножаване, според версията на *Цукамото*

които по принцип не могат да живеят във водата и се осъществява с редица физиологични особености (тънка кожа, покрит със слуз оперкулум и сърце издържащо на ацидоза). Тези нейни способности оказват значителна помощ при миграцията и надолу по реките към океана, особено когато се натъкват на препятствия по пътя си.

Изключително дългата миграция, която извършва змиорката, поставя редица въпроси. Способна ли е тя на непрекъснато плуване в продължителност поне 6 месеца без да се храни? Как сребърната змиорка намира района за размножаване, особено когато той е отдалечен на 2000 – 6000 км и как се нави-





Първите яйца на змиорка, уловени от експедицията на Цукамото.

гира до него? Правени са редица симулативни изследвания и е установено, че сребърната змиорка е изключително ефективен и издръжлив плувец, който може да преплува дистанция от 6500 км. Енергията, необходима за активното плуване се набавя от разграждането на запасите от липиди (натрупани запаси в размер на поне 20% от телесната маса). Част от липидните запаси се усвояват за узряване на гонадите и половите клетки респективно, така че пристигайки на място, змиорката е готова за размножаване. Доста изследвания са правени по въпроса какво стимулира узряването на гонадите при змиорката. В изкуствени условия това е постигано с помощта на хормони. Доста усилия са хвърлени и

продължава да се работи по въпроса за изкуствено развъждане на змиорката. За съжаление макар да се успява в постигането на полово съзряване, не се получава успешно оплождане и развитие на яйцата. Змиорката и до днес се изплъзва на ихтиолозите в техните усилия за успешно репродуциране в изкуствена среда. Не малко са версиите какво в природата способства за развитие на половите жлези и съзряване на половите клетки. Най-вероятно факторите за успешно полово съзряване са комплексни – хормонално обусловени, способствани от активното продължително движение, химичния състав, температурата, налягането на средата. Ориентирането на змиорките все още остава неизяснено. Най-вероятно се ориентират по магнитното поле и по океанските течения, които водят към Саргасово море (респективно към района до Марианските острови), като температурата на теченията има голямо значение.

Посребряването на змиорките и миграцията започва в началото на есента, когато температурата на водата започва да пада. Миграцията също така е свързана с лунните цикли, като началото е обикновено във втората половина на лунния цикъл. Забелязано е, че началото на миграцията на змиорките често съвпада с проливни дъждове и наводнения, повдигането на водното ниво доста спомага за успешното придвижване към океана.

Никой не е виждал как точно се осъществява хвърлянето на хайвера на змиорките. Трудно е да се локализира място в хиляди кубични метри океанска

вода за събитие, което се случва една нощ, по време на новолуние (според потвърдената новолунна теза на Цукамото). Според японския учен Цукамото, който е посветил живота си на изследването на тихоокеанските змиорки, по време на периода на хвърляне на хайвер, змиорките се скупчват на едно място (това е способствано с помощта на феромони, океанските течения, лунния цикъл) и заедно изхвърлят гаметите във водата. Счита се, че след това възрастните змиорки умират.

Счита се, че една женска змиорка може да отдели до 9 милиона яйца с големина от 0,9 до 1,4 мм. След оплождането бързо, след около ден и полови-



Фотография на пресно уловени лептоцефали на японска змиорка с размер от 4 до 21 мм., показваща стадии на нарастване.



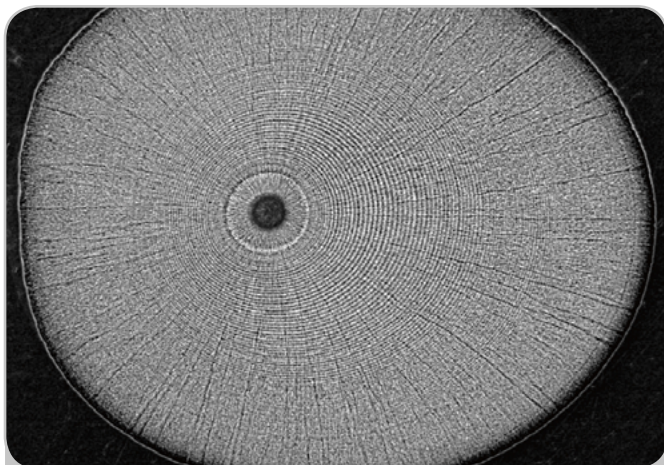


на, се излюпва малка ларва. Ларвата на змиорката се нарича лептоцефалус и в началото е била описана като отделен вид. След излюпването си пре-лептоцефалите са големи не повече от 4 мм и започват своето дълго пътешествие обратно към пресноводните местообитания на континента. Това дълго пътешествие се спомага от океанските течения и е пасивно, защото ларвите нямат активни движения и по-скоро движенията които могат да извършват са слаби. Постепенно по пътя на мигриране лептоцефалите нарастват и накрая достигат до 70 мм дължина, преди да метаморфозират в следващата фаза – стъклена змиорка, което става когато достигнат крайбрежията.

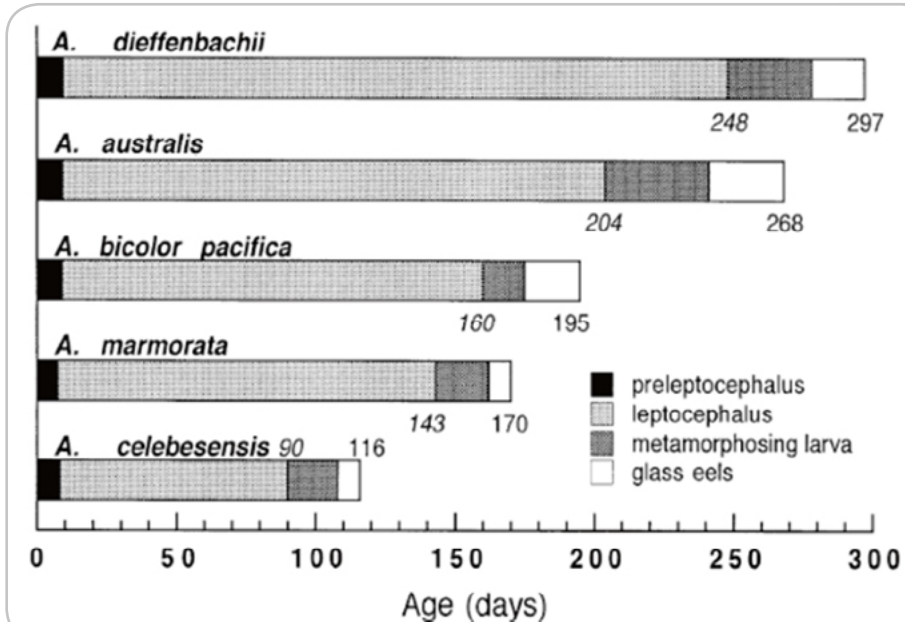
В процеса на търсене на размножителния регион на змиорките, учените са използвали като индикатор размера на уловените лептоцефали спрямо мястото на улавяне. Сериозен белег за оценка на пътя и времето на миграция се счита микроструктурата на отолитите и най-вече отлаганите пръстени. За европейската змиорка се предполага, че е необходимо поне година и половина, за да достигне до европейското крайбрежие. Тъй като индикацията с помощта на отолити е все още спорна, учените предполагат, че за пасивното придвижване на лептоцефалите с Гълстрийм е необходимо време от 6 месеца до 3 години. Все още не е точно и категорично уточнено. За тихоокеанските змиорки има редица направени

изследвания, където е установено, че макар да са с различна продължителност, фазите и времето на развитие на змиорките е сходно, но зависи от времето на миграция на конкретния вид и развитието на пасажа поотделно.

Стъклената змиорка се нарича така, защото тялото и е прозрачно. Пасажа от новопристигналиите по крайбрежието стъклени змиорки се счита за междинна фаза между ларвата - лептоцефалус и ювенилната форма – елвер. В стъклената змиорка настъпват подготвителни морфологични и физиологични промени, свързани с последващата миграция в бракичните и пресноводни водоеми. Тези промени засягат осмотичния баланс, пигментацията на

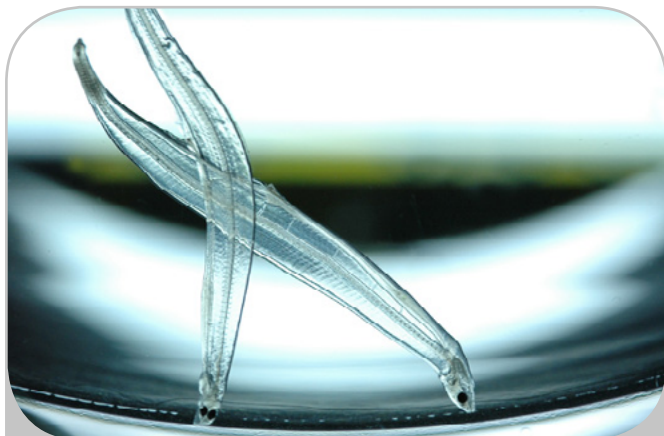


Отолит на лептоцефал с дължина 51 мм. Фотография направена със сканиращ електронен микроскоп. Ясно се виждат отложените пръстени, подобно на пръстените на дърветата.



Графиката показва развитието на няколко тихоокеански змиорки по дни. Черно – прелептоцефалус, светлосиво – лептоцефалус, тъмно сиво – метаморфозираща ларва, бяло – стъклена змиорка.





Снимка на метаморфозираща ларва в стъклена змиорка.

тялото. Всички настъпващи промени са свързани с промяната от пелагичен, активно плуващ вид, постепенно към придънен, по-пасивен вид. Настъпващите промени и ориентирането на стъклените змиорки е установено, че се определя от хеморецептори и посредством химичния състав на водата и концентрацията на определени вещества. Навлезлите в бракичните и пресни води млади ювенилни форми змиорки, които вече са пигментирани се наричат елвер. Елверите постепенно нарастват, установяват се и се превръщат в добре познатите жълти змиорки. Така се затваря жизнения цикъл на змиорките.

По последни изследвания на отолити на европейска и японска змиорки е установено, че те проявяват факултативна катадромност. Не винаги стъклените змиорки навлизат в пресните води, а остават да обитават крайбрежията в солени води.

Тази особеност е установена по концентрацията на отложен стронций в отолитите.

Змиорките имат слаб полов диморфизъм. Мъжките са по-малки и по-бързо узряват от женските. Определянето на пола не зависи от набора хромозоми, а развитието на единия или другия пол зависи от плътността на популация в дадения водоем. При по-голяма плътност се развиват преимушествено мъжки екземпляри. Влияние оказват растежния темп, солеността на водата и химичния състав. Екземпляри, които първи са развили гонади се развиват в мъжки, докато тези с по-бавно развитие стават женски.

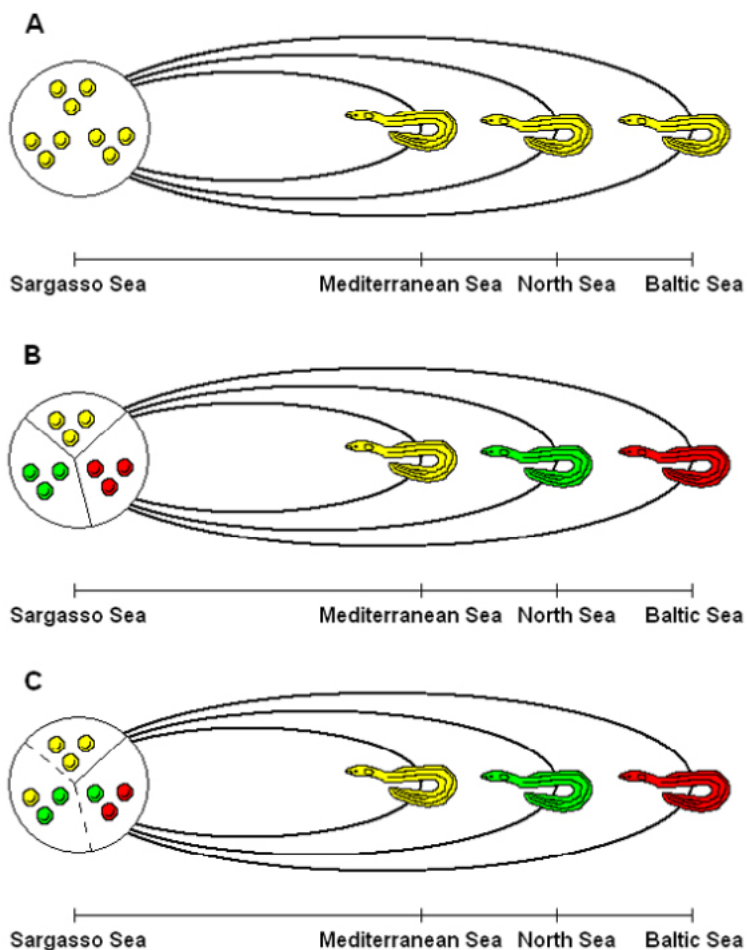
Популационна структура на змиорките от умерените ширини

Основно приетата концепция за популационната структура на вида е панмиктичната. Тази концепция се основава на това, че въпреки големите разстояния между региона на постоянен живот и региона на размножаване, за водните обитатели няма видим и ясно обусловен изолиращ фактор, който да ги подели на субпопулации. Поради това, че миграцията и размножаването има групов и пасажен характер, се предполага че е лесно смесването на генотиповете и общия генофонд би трябвало да е силно полиморфен. Редица изследвания на европейската, американската и японската змиорки подкрепят панмиктичността на вида. Липсват ясно обособени субпопулации, при това при извадки от доста отдалечени географски точки.

С цел консервация на вида, доста усилия са насочени за изясняване на популационната генетична структура на европейската змиорка. Въпреки изследванията с не-малко генетични маркери и натрупването на не-малко резултати, все още популационната генетика на европейската змиорка не е изцяло изяснена и разбрана. Натрупаните резултати дават частични, откъслечни гледни точки, върху формирането на популационната генетика на вида.

При разглеждането на жизнената стратегия на представители на европейската змиорка се приема концепцията за **миграционните кръгове** (Цукамото 2002). Миграционен кръг е пътя на животното, което мигрира между различни среди на живот, например змиорката от океанската екосистема към пресноводната екосистема. Схематично миграционния кръг се представя с елипса, в двата ѝ края съответно представят местата на живот и на размножаване. При европейската змиорка тези миграционни кръгове са най-големи и силно варират. Като разстоянията от Саргасово море до местата на живот варират от 2500 км до 7000 км, в зависимост от географското местоположение на средата на живот. Ако трябва схематично да представим три миграционни кръга на змиорки, които живеят в Средиземно море, Балтика и Северно море, то ние ще нарисуваме три различни схеми. Броя и вида на миграционните кръгове не зависи само от географското разположение на средата



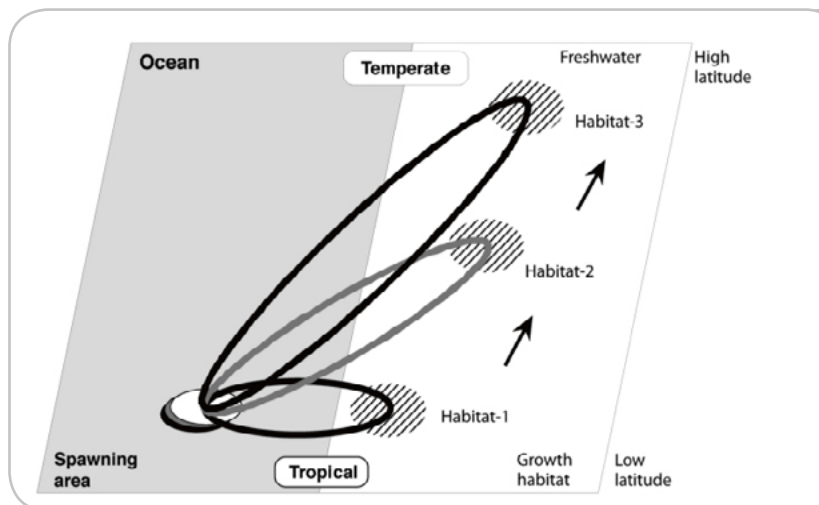


Три основни модела по отношение на популационната генетика на европейската змиорка. А/ Панмиксия; В/ Географска изолация / изолация поради различни места на миграция/; С/ Изолация по време / пристигане по различно време.

на живот на змиорките, но и вида на средата на живот – море, лагуна, естуар, река, язовир. Мъжките и женските също ще имат различни миграционни кръгове.

Приети са три основни модела за формиране на генетичната структура на популацията на европейската змиорка - панмиктичен, изолация по разстояние и изолация по време. Непредсказуемите условия на океана, различието в половото узряване по време, дългия размножителен сезон, половия диморфизъм и различните миграционни кръгове на мъжките и женските, съчетана с натрупаната информация от генетични изследвания на европейската змиорка сериозно подкрепят модела за панмиксия на вида. Разбира се тази панмиксия е съчетана с концепцията

за случайното оплождане и хаотичните генетични линии, поради факта, че все пак има установена генетична мозаичност, която показва наличието на отделни репродуктивни групи и статистически е възможна генетична диференциация между отделните размножителни кохорти. По-стария модел е модела за изолация по дистанция – различни глупи змиорки от различни географски места се размножават в отделни части от Саргасово море. Този модел се подкрепя от изследвания на микросателитна ДНК, която показва наличието на слаб генен поток между отделни размножителни групи в Саргасово море. Третия модел е модела за изолация по време – този модел се основава на това, че отделните групи змиорки пристигат по различно време за размножаване в Саргасово море. За да се изясни популационната генетична структура на змиорката в бъдеще е необходима работа в съчетание с няколко дисци-



Еволюция на миграционния кръг при змиорките.

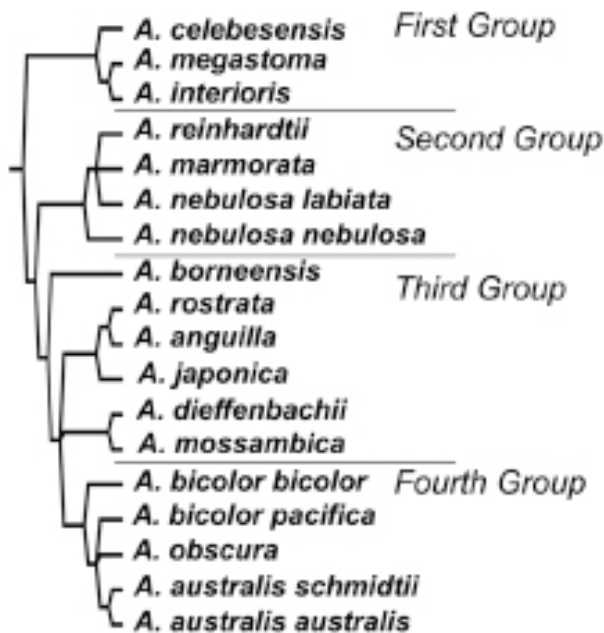




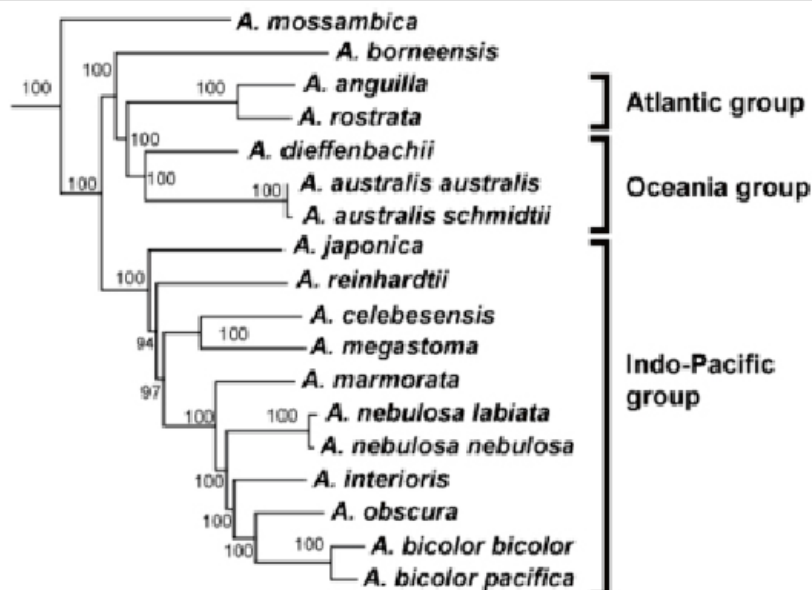
плини – данните от молекулярните изследвания да се съгласуват с географските, физическите и екологичните данни за океанската среда на живот.

Еволюция на миграционния кръг

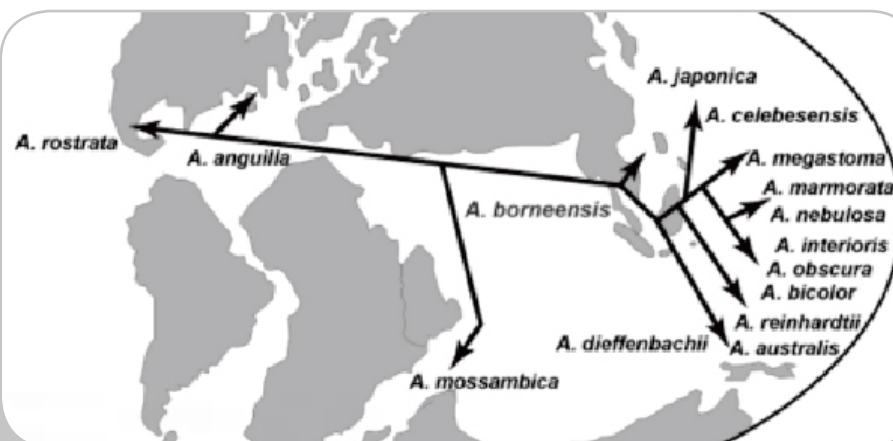
В Северния Атлантически океан типични представители на змиорките са Американската и Европейската змиорка. И за двата вида мястото на размножаване е Саргасово море. Американската змиорка живее в пресните води и по крайбрежие-



Филогенетични отношения, основани на разделянето по морфологични белези.



Молекулярна филогения на род *Anguilla* на основа на пълно секвениран митохондриален ДНК геном.



„Тетис коридор“ – хипотеза за разселване на видовете змиорки в еволюционен план.

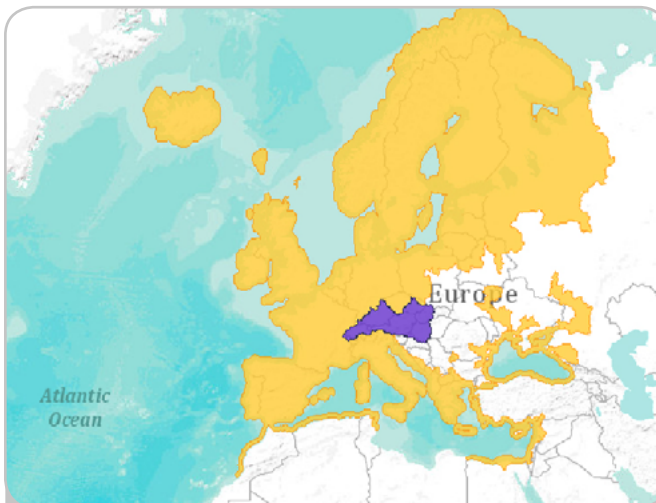
то на Западна Северна Америка, докато Европейската змиорка обитава крайбрежията и пресните води на Европа и Западна Африка. Счита се, че двата вида произлизат от един общ предшественик и разделението е настъпило по време на заледяванията през плейстоцена. Днес двата вида се счита, че се размножават в различни места от Саргасово море, освен това се различават слабо и по време на размножаване,





защото американските змиорки пристигат по-рано, понеже географски са по-близо. Двата вида имат хибриди, които са установени по редица генетични и морфологични изследвания. Хибридите са установени само за Исландия.

Интересно е как се е формирал и еволюирал миграционния кръг на вида. Змиорките са основно морски видове, счита се че са произлезли от общ предшественик преди милиони години, обитавал тропичните океански води, чиито наследници са навлезли постепенно в сладководните води, поради намиране на лесна храна, тъй като там конкуренцията е била по-слаба. Според Цукамото, предшественика на съвременните змиорки е обитавал тропиците и е извършвал недалечна миграция от пресноводните места на живот до океанското място за размножаване. Впоследствие в еволюцията се е удължил пътя на миграция и ларвите са достигали до умерените географски дължини с помощта на океанските течения.



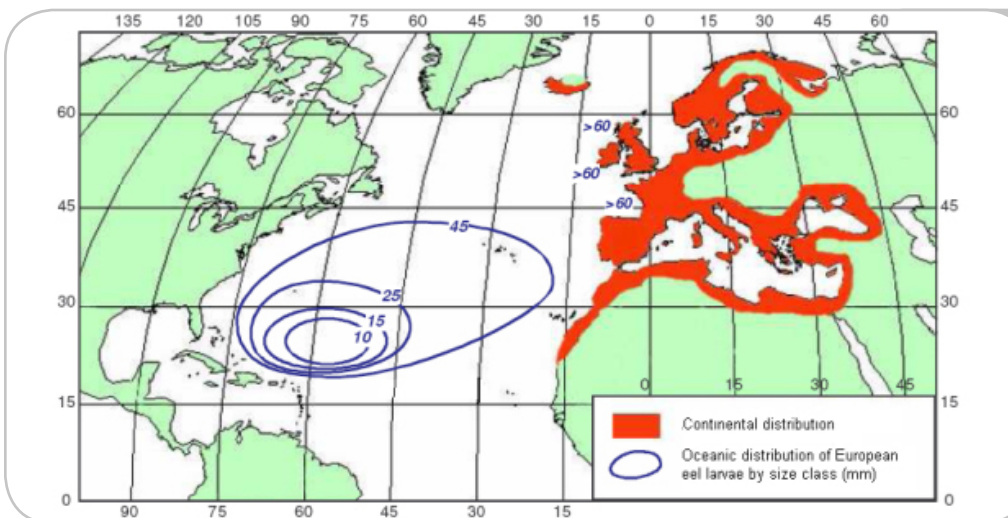
Географско разпространение на европейската змиорка. Със жълт цвят – резидентни, със син цвят – интродуцирани.

Филогения на род *Anguilla*

На основа на морфологични изследвания рода се разделя на четири групи: първа група (*A. celebesenses*, *A. interioris*, *A. megastomata*), втора група (*A. nebulosa nebulosa*, *A. nebulosa labiata*, *A. marmorata*, *A. reinhardtii*, *A. ancestralis*), трета група (*A. borneensis*, *A. japonica*, *A. dieffenbachii*, *A. anguilla*, *A. rostrata*, *A. mossambica*), четвърта група (*A. bicolor bicolor*, *A. bicolor pacifica*, *A. obscura*, *A. australis australis*, *A. australis schmidtii*).

Молекулярни изследвания, основани на мтДНК, пренареждат филогенията на рода. На първо място възниква концепцията за развиване на рода съгласно „Тетис коридор“, съгласно която змиорките навлизат в Северния Атлантически океан през древното море Тетис, от мястото на тяхното възникване, което днес се смята, че е в Индонезия.

Пълно секвениране на мтДНК и натрупването



Разпространение на европейската змиорка. С червено – континентално, със синьо – океанско. С цифри е означено големината на лептоцефалите в мм.





на молекулярно генетични изследвания изяснява филогенцията на рода, макар все още да предстоят по-пълни и по-точни научни разработки.

На основа на пълното секвениране на митохондриалния геном, пресноводните змиорки се разделят на три основни групи – Атлантическа група, група Океания и Индо – Тихоокеанска група. За базален вид се смята *A. mossambica*. Именно това положение на този вид подкрепя и концепцията за постепенно разширяващ се миграционен кръг от вид обитаващ тропика.

Пресноводните змиорки са имали дълга еволюционна история, която е продължавала от 40 до 70 милиона години. Тази продължителност се потвърждава и от скорошно секвениране на HOX - клъстерите в генома на европейската змиорка. През това време са се случили драстични промени с континентите и океанските течения. Тези промени са оказали огромно влияние на разпространението и диверсификацията на нови видове и популациите и на змиорките от тропиците и от умерените ширини, които имат различни миграционни разстояния и ларвна продължителност.

Европейската змиорка - вид по пътя на изчезването

Европейската змиорка *Anguilla anguilla* обитава всички Европейски речни системи от Средиземноморието, Северно и Блатийско море, в Атлантическия океан, южно до Канарските острови и част от Средиземно море, северна Африка и Азия. Рядко навлиза в Бяло и Баренцово море, но е регистрира-

на източно в реката Пекора в северозападна Русия. По-рядък вид за Черно море, северна Скандинавия и източна Европа, макар да се среща в някои ферми.

Популацията на европейската змиорка от 1960 – 1970 г досега търпи драстично намаление с 90%, като съвременния и статус е близо 10% от предишното ѝ състояние и продължава да намалява. Вписана е Червената книга на IUCN като вид застрашен от изчезване.

Доста разработки и изследвания са посветени на причините довели до такъв срив в популацията на европейската змиорка и застрашеността ѝ от изчезване. Не малко планове и проекти има за възстановяване на популацията.

Редица са причините довели до това незавидно положение:

- Когато жълтата змиорка се отправя в миграция, тя се натъква на много препятствия по пътя си към океана. Живеейки в горните течения на реките, когато дойде време да мигрира и се отправи надолу по течението, основен проблем и масово измиране предизвикват турбините на ВЕЦ – овете, изкуствено създадените язовири, пресушените реки, бентовете. Змиорките умират и в кислородно обеднени райони поради пристанищна или друга дейност. По този начин измират с хиляди или не могат да стигнат до океана, с което прекъсват цикъла си.
- Сериозно влияние на успешната миграция на

змиорките имат замърсителите разтворени във водите. Те включват полихлорирани бифенили (PCBs), бромирани вещества, забавящи горенето, хербициди, пестициди, тежки метали и други нарушители на ендокринната система на организмите, цианотоксини. Все повече изследвания показват, че замърсителите влошават здравословното състояние на змиорките и най-вече репродуктивната им способност. Замърсяващите вещества се натрупват от змиорката, най-вече в липидните ѝ запаси и водят до нарушения в ендокринната, имунната, нервната и репродуктивната системи. За полихлорираните бифенили е известно, че се натрупват в липидните резерви, необходими за миграцията и развитието на гонадите. Такива змиорки не успяват да стигнат до Саргасово море и да се размножат. Доказано е, че тези вещества увреждат развитието на ларвите, така че дори и змиорките да стигнат до Саргасово море, пак цикъла не успява да се затвори, поради непрехителност на лептоцефалите. Счита се, че именно тези замърсители и най-вече полихлорираните бифенили имат най-сериозен превес в упадъка на популацията. От хвърлените в природата близо 1 млн. тона полихлорирани бифенили, за последните 30 години, едва 30% се счита, че са разградени.

- Трето, но не по-малко по значимост за драстичното намаляване на популацията на змиорките има прекаления улов. В цяла Европа





видът се лови във всички негови възрастни фази, от стъклена до сребърна змиорки. На много места улова е толкова голям, че на практика вида е на изчезване. Пасажи от стъклени змиорки и елверите се ловят, с цел продажба за отглеждането им във акваферми в Европа и другаде по света. Рекордъори по покупки на такива змиорки са японците. Жълтата и сребърна змиорки се ловят за храна. Поради драстичното намаляване в почти всички Европейски страни има забрана или ограничаване на лова на змиорки. Въпреки това браконерството е широко застъпено.

- Намерена е пряка връзка между преживяемостта на ларвите и индекса на Северно Атлантическите колебания (NAO) в температурата на водата. Тъй като това явление все още не е задълбочено проучено и не са натрупани достатъчни данни, все още се работи върху тази зависимост. Тези температурни колебания променят теченията в Атлантическия океан, което естествено влияе на кохортите лептоцефали. Върху преживяемостта на лептоцефалите в ранна възраст влияе и промените в екосистемата на Саргасово море. Затоплянето на планетата, води до температурна промяна в Саргасово море, което от своя страна променя продуктивността на екосистемата и съответно тази промяна влияе на лептоцефалите в тяхното ранно развитие. Наличието на храна, пряко влияе на развитието на ларвите.

- Паразитите и вирусите също оказват съществено влияние на способността за миграция и размножаване. Нематодът *Anguillicoloides crassus*, засяга плавателния мехур на змиорката. Този паразит има не самоотношение към общото здравословно състояние, но и да доведе до омаломощяване и смърт. Засягайки плавателния мехур на змиорките, тези паразити значително намаляват плавателната им способност. Този паразит произлиза от Източна Азия и е интродуциран в Европа през 1980 те, с пренасяне на опаразитени японски змиорки. През 1995 г. паразита е установен и при американската змиорка, най – вероятно пренесен от Европа с неконтролирани аквакултури. Съвременните популации са инфектирани от 30% до 100%. Характерните вируси за змиорките (EVEX, EVE, HVA) също оказват отрицателно влияние на популацията на вида.
- Разрушаването на естествените хабитати на змиорката също имат значение за преживяемостта на вида. Пресушаването на застояли и заблатени местности, култивирането на земята, създаването на насипи и нови инфраструктури, унищожава подходящите хабитати на жълтата змиорка. Тези промени водят до висока смъртност и промяна на половото съотношение, поради промяна на плътността на локалната популация.

Японската змиорка – защо е толкова обичан деликатес в Япония

Японската змиорка *Anguilla japonica* е обичаен вида за Япония, Корея, Китай, Тайван и Виетнам. В последните години популацията на японската змиорка също е намаляла драстично и съставлява 10% от състоянието и през 1970 те години. Видът е включен Червената книга на IUCN като застрашен. Японска-





та змиорка е важен стопански вид в Източна Азия и се отглежда в изкуствени аквакултури в много страни от региона. В Япония тя се нарича унаги и е важна част от хранителната култура на японците. 70% от световния улов на змиорки се внася в Япония за храна. Само в Киото има над 100 ресторанта за сервиране на специално сготвена змиорка. В средата на лятото (тази година на 19 юли) се празнува Деня на Змиорката. Унаги е деликатес в Япония и се счита, че за да се преживеят горещите и влажни летни дни, трябва да се яде змиорка.

Японците приготвят змиорката по специфичен начин на грил и със сосове, ястието се нарича кабаяки "unagi no kaba-yaki". Този ден се нарича "doyou-no ushi-no hi", което преведено от японски означава съботата на вола, съгласно японския календар. Има няколко легенди за възникването на този обичай в Япония. От хранителна гледна точка, освен високи вкусови качества, змиорката е богата на витамини А, В1, В2, D и Е и редица ненаситени мастни киселини, които реновират тялото на човек през лятото,



благодарение на тях се намалява холестеролното ниво, регулира се кръвното налягане, предпазва от заболявания на кръвоносната система, спомага за добро зрение, установено е, че предпазва от заболяване от диабет тип 2. Кожата, костите и месото се стриват на прах и така се получава хранителна добавка, широко използвана, не само в Япония, но и в Европа, като особено много се препоръчва на възрастни хора за възстановяване на организма и енергийния баланс. Змиорката освен като национално ястие в Япония, се използва и в Китайската медицина.

Това незаменимо ястие, част от японската традиция, поставя пред японските учени тежкия въпрос за запазването на видовете змиорки като цяло. Япония средно годишно употребява около 160 000 тона змиорки. При силното намаляване на популацията на змиорката и почти застрашеното положение на европейската змиорка е повече от ясно, че не малко усилия трябва да се хвърлят по посока на превенцията на вида и възстановяване на статкувото. Изключително много разработки и опити са правени и се правят за изкуствено отглеждане на змиорките, но за съжаление въпреки всички опити не е постигнат добър резултат. Затова японските учени дълги години посвещават в откриването на точното място на размножаване на змиорките от Тихоокеанската група. Благодарение на техните усилия, след близо 20 годишни експедиции това място е локализирано с голямо приближения. Продължават научните изследвания посветени на промените на океанските



течения, свързани със затоплянето на планетата, което косвено оказва влияние на успешното размножаване на змиорките. В бъдещ план са планирани правилно използване на ресурсите и правилно развитие на аквакултурите. Установено е, че залавянето и местенето на стъквени змиорки и елвери от естествения им хабитат в изкуствени рибници, води нерядко до невъзможността им да намерят обратния път към размножителния си регион. Особено когато това местене е от един континент на друг. По време на улавянето и преместването им също има смъртност.





Още интересни факти за змиорките:

- Освен в Япония и в Англия има Ден на Змиорката. Фестивала на змиорката е ежегодно събитие в Или, Източен Кембриджшър. Фестивала включва парад и състезания по хвърляне на змиорки, като се използват специални плюшени играчки.
- Мъжете в Корея консумират змиорки за повече издръжливост
- Други традиционни японски ястия от змиорки са Унадон и Унайу.
- Пушената змиорка е деликатес в Германия, Нидерландия, Дания и Швеция.
- Желираната змиорка е традиционно ястие в Източен Лондон.
- Змиорката може да плува добре както напред, така и назад
- Някои екземпляри достигат възраст повече от 100 години.
- Бизнеса със змиорки е бизнес за милиони. Стъклени змиорки от аквакултури в Мейн се продават за 2600 долара на паунд през 2012. Цената на змиорката расте всяка година.
- Писателят, артист и природозащитник Джеймс Прозак посвещава редица свои творби на змиорката, след осъществяването на едно пътешествие по следите ѝ.

Легендата за змиорката

Легендата за Сина и змиорката произлиза от митологията на Самоа и обяснява как се е появило първото кокосово дърво. Тази легенда също е позната в Полинезия, включително Тонга, Фиджи и маорите от Нова Зеландия. Има различни версии на легендата, разказвана в различните страни от Океания. Кокосовото дърво, кокосова палма (*Cocos nucifera*) има редица приложения и е важен хранителен източник. Използва се за получаване на кокосово масло, кошници, за строежа на традиционните самоа къщи. Сушена сърцевина от кокосовия орех или копра е важен експортен продукт и източник на приходи. Кокосовата палма се нарича не случайно дърво на живота. В Полинезийската митология легендата за Сина и змиорката се асоциира с други фигури като Хина, Тинилау, Тагалоа и Нафануа. Легендата гласи:

Живяло някога момиче Сина, което имало домашен любимец малка змиорка. Когато змиорката пораснала се влюбила в Сина. Това започнало да плаши момичето. Тя се опитала да избяга, но змиорката я преследвала непрекъснато. Накрая Сина се скрила в близкото село, мислейки че се е спасила. Отишла до водоема да налее вода. Когато се навела над водата, видяла змиорката, която я е гледала втренчено. Сина започнала да крещи „Плашиш ме с тези очи като демон!“ Главния мъж в селото я чул, дошъл и убил змиорката. Умирайки змиорката помолила Сина да зарови главата и в земята. Сина изпълнила молбата и от главата поникнала кокосова палма. На кокосовия орех, когато се отстрили обвивката има три вдлъбнатини, които приличат на уста и две очи на змиорка. През една от вдлъбнатините се пие кокосовото мляко. Така

когато Сина пиела млякото, целувала змиорката.

За маорите от Нова Зеландия, змиорката е символ на природата и основна част от тяхната култура. Тя често се разглежда като свещенно създание, пазач, макар сега тя самата да има нужда от опазване. Язовирите с ВЕЦ – ове са изключително сериозна опасност за възрастните змиорки при тяхната миграция към морето. Турбините ги насичат на парчета. Природозащитниците, включително и маорите, прихващат змиорките и ги освобождават надолу по течението, като по този начин им помагат при миграцията.

Змиорката – за глобалното равновесие

Всичко в природата е едно цяло и не бива да се мисли, че нещо което е далече от нас, не ни засяга. Типичен пример е случващото се със змиорката, драстичното намаляване на популацията през последните 30 години е обусловено най-вече от човешката дейност, довела до значителна екологична катастрофа и способствала значително за глобалното затопляне. Това затопляне все повече променя климата, съответно екосистемите по света. Океанските течения и флукуациите в температурата на океана значително водят да промяна на локалните условия на живот и развитие на организмите. Замяряванията на водоемите с различни химикали, все повече ще оказва влияние в бъдещ и близък план. Кръговрата на природата връща при човека всичко като бумеранг. Когато се опре до изчезване на видове от природата, може да се окаже, че каквито и усилия да се полагат не може да се поправи стореното. В случая със змиорката, един световно стопански вид, основно ястие на трапезата на редица нации, е показателен за това колко сложни, комплексни и трудно поправими могат да бъдат последствията.





You Tube

Leptocephalus



You Tube

*Eli the eel: A mysterious
migration - James Prosek*



You Tube

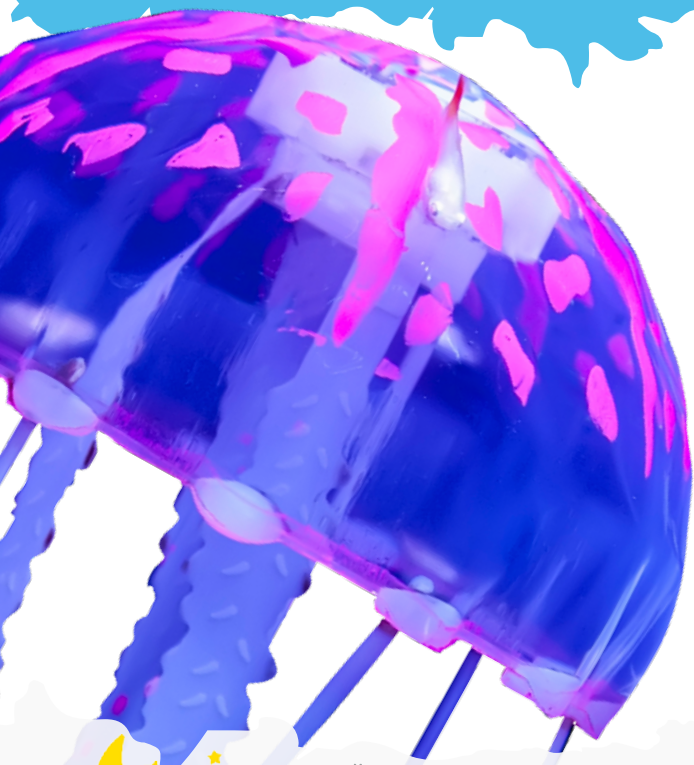
*NATURE | James Prosek:
Painting with Eels | PBS*





Опарване, предизвикващо Ируканджи синдром

Димитра Лефтерова
д-р Чавдар Черников



Ако сте решили да плувате или се гмуркате във водите на Австралийските северни територии, трябва да знаете, че това може да е опасно за живота. Едно слабо опарване от почти незабележима полупрозрачна малка медуза, може да ви докара големи главоболия. В началото почти няма да усетите нищо, а може и да не забележите кога сте били опарени, но след около 20-30 минути, ще получите изключителни болки по тялото, най-вече в гърба, главоболие, втрисане, гадене, повръщане, мускулни крампи по краката и корема, силно повишаване на кръвното налягане, което вторично да предизвика белодробна едема, мозъчен кръвоизлив (инсулт) и смърт. Болките са толкова силни, че дори и морфин не помага. Това състояние продължава дни, а в някои случаи до две седмици. Описано е като Ируканджи синдром и е доказано, че се предизвиква от допира до малките кубомедузи, наречени още Ируканджи медузи.

Името Ируканджи (*Irukandji*) е взето от английската версия на името на аборигени, пазители на земята, между Кернс и порт Дъглас (*the Yirrganydji people*), където синдромът Ируканджи е регистриран за първи път. За първи път този термин се използва през 1952 г, когато са регистрирани случаи на тежки последствия от едно малко ужилване/опарване, без да има видими наранявания на кожата. Сауфкот и Поуис през 1944, наричат това явление „ужилване/опарване тип А“. Късната 1944 г, един непознат военен доктор в Нова Гвинея има подобен случай, но той регистрира кожни лезии около мястото на



опарването и агент, който ги е причинил (малка прозрачна медуза). Преди този случай има спорадични съобщения за подобни такива по света. През 1961 г, доктор Джак Барнс от Кернс доказва, че все още неклассифициран вид медуза предизвиква Ируканджи ефект. Той използва индивид, за да опари себе си, 9 годишния си син и доброволец, спасител на сърфисти. Тримата оживяват след последствията. Тази медуза по-късно е наречена *Carukia barnesi*, Карукия на Барнс, в негова чест. Само 40 години по-късно, към групата на Ируканджи медузите се добавят и други видове, които причиняват такива симптоми, макар и с вариации.



История на изследванията на Ируканджи синдром

1935 – 1936

На Медицинска конференция в Кернс, се препоръчва запознаването със събрана информация за опарвания/ужилвания, включително от морски животни, в околността на Северен Куинсленд. Това е направено под егидата на доктор Хюго Флекер, който започва да регистрира такива случаи от началото на 1935, включително и тези, които по-късно са разпознати като Ируканджи синдром.

1944

През 1964 г., ретроспективно са обявени два случая от 1944г на Ируканджи синдром, на остров Нумфор, северозападно от Папуа. Описано е, че това е предизвикано от малка (3-5 см), почти безцветна медуза. Информацията е от местен шаман/доктор.

1945

Първото официално обявление, на основа на симптоматиката и епидемиологията на това, което сега се знае като Ируканджи синдром, групирани като категория на „поражения от неизвестен агент, върху къпещите се в северен Куинсленд“.

1952

Сауфкот ретроспективно обявява около 90 случая на „остър, засягащ цялото тяло ефект, без видими обриви“ от плажове около Кернс през лятото на 1943 – 1944 г и го нарича „опарване тип А“.

Терминът „Ируканджи синдром“ за пръв път се

използва като описание на случаите около района на Кернс, по името на местните пазители. Флекер започва да определя епидемиологията на този вид опарвания, базирайки се на случаи от дългогодишен регистър на Северен Куинсленд.

1960

Барнс детайлизира серия от Ируканджи опарвания, включително сравнителни данни от такива случаи около Кернс, регистрирани случаи от Амбулаторния център в Кернс и Базовата болница, за периода от 1956 – 1960г.

1961

На 10 декември, Барнс хваща малка медуза и експериментално опарва себе си, сина си и един доброволец, за да може да потвърди версията си за агента, предизвикващ Ируканджи синдром.

1967

Медузата, предизвикваща Ируканджи синдром е описана и класифицирана като *Carukia barnesi*.

1970

Пусната е за ползване първата противоотрова за Ируканджи синдрома (CSL Ltd). Барнс докладва, че за съжаление тази противоотрова е неефективна.

1986

Първото официално съобщение, че противоотрова за кубомедузата *Chironex fleckeri*, е използвана за случаи на Ируканджи синдром, но без особен ефект.

Предполага се, че α - и β - адренорецепторни антагонисти могат да се използват за противодействие

на проявите на Ируканджи синдрома и специално по отношение на повишаването на кръвното налягане.

1987

Остър белодробен едем, с дисфункция на лявата сърдечна камера, е определен като част от Ируканджи синдром.

1988

Барбара Кинси съобщава за определянето на различни видове кубомедузи, предизвикващи подобен на Ируканджи синдрома, с вариации при отравянето.

1997

Съобщение за първата жертва на Ируканджи синдрома, предизвикан от опарване на кубомедуза.

Първо съобщение за папилоедем и кома, свързани с Ируканджи синдром, дължащи се вероятно на церебрален едем.

1998

Случай с подобен на Ируканджи синдром в Геелонг Болница във Виктория.

2000

Публикувано е, че екстракт от *Carukia barnesi* предизвиква масово освобождаване на катехоламини в опитни животни.

Съобщение, че животозастрашаваща сърдечна недостатъчност се наблюдава при Ируканджи синдром.

2000

Към Университета Джеймс Кук в Кернс се откри-





ва център TASRU – Tropical Australian Stinger Research Unit, чиято работа се фокусира върху биологията на кубомедузите и медицински направления при опарване с тях.

2001

Съобщение за подобен на Ируканджи синдром случай от Хавай, САЩ.

В Куинсленд са регистрирани два смъртни случая, вследствие на Ируканджи, като смъртта е настъпила от интрацеребрален кръвоизлив, предизвикан от високото кръвно налягане.

2002

При остъргване на мястото на опарване е идентифициран нематоцист, който не принадлежи на *Carukia barnesi*, така се потвърждава хипотезата, че Ируканджи се предизвиква не само от един вид медуза. Тези нематоцисти са определени на нов Ируканджи вид - *Malo kingi*. По-късно се съобщава, че нематоцистите принадлежат на *Carukia barnesi*, но са различни от обичайните.

Ируканджи синдром е регистриран във Флорида, САЩ.

2003

Интравенозно вливане на магнезий за пръв път е използвано за лечение на последствията от Ируканджи синдрома.

2004

Съобщава се, че интравенозния магнезий се използва ефективно при лечение на болката и високо-то кръвно налягане от Ируканджи ефекта.

2004

Документиран е Ируканджи ефект в Брум, Австралия.

2005

Описани са нови родове и видове Ируканджи медузи: *Malo maxima*; *Carukia shinju*; *Alatina mordens*; *Gerongia riskinae*.

Фармакологичен анализ на екстракт от отровата на *Carukia barnesi*, потвърждава освобождаването на катехоламини и модулацията на невралните натриеви канали.

Регистриран е Ируканджи подобен синдром в Гваделупе, Кариби.

2007

Потвърден е нов вид Ируканджи медуза - *Malo kingi* и с нея е свързан фатален случай от 2002 г.

2008

Определен и класифициран още един вид Ируканджи медуза - *Morbakka feneri*.

2008

Експериментално е демонстрирано освобождаване на катехоламини предизвикано на отровата от *Alatina mordens*.

2009

Непубликувана дисертация, съобщава за създаването на първите клонални ДНК библиотеки на Ируканджи медузи.

Съобщения за случаи на Ируканджи синдром за период от 1997 до 2007 в Северната територия, Австралия.

2010

Съобщение за Ируканджи синдром случай в Малайзия.

2011

Публикувани са данни за експериментални изследвания, които потвърждават подобен на Ируканджи синдром, ефект върху симпатиковото нервнотрансмитерно освобождаване от отровата на *Malo maxima*.

2012

Напълно е секвениран митохондриалния геном на *Alatina moseri*.

CSIRO разработва първоначален модел на прогнозиране на климатични условия, с цел да се предскаже масова поява на Ируканджи медузи.

2013

Необичайно голям брой случаи на Ируканджи синдром, вследствие на ужилване от медузи в Северна Австралия, съчетано с необичайни климатични условия.

2013

Списанието Advance in Marine Biology, посвещава брой 66 на биологията и екологията на Ируканджи медузите.

Важни връзки:

<http://www.marinestingers.com.au/index.cfm>

<http://www.jcu.edu.au/stingers/index.htm>





Екология и синдромни характеристики на Ируканджи кубомедузи

Вид	Възрастен размер на камбанката	Хабитат	Цъфтеж / Сезон- ност	Дълбочина	Синдром	Местообитание
<i>Alatina mordens</i>	80mm	рифове	ДА 8 – 10 нощи след пълнолуние	на повърхността	животозастрашаващ	Големия Барьерен риф
<i>Alatina moseri</i>	85 mm	плажове	ДА 8 – 10 нощи след пълнолуние	повърхността	умерен	Хавай
<i>Alatina sp. 1</i>	неизв.	рифове	неизвестен	неизвестна	умерен	Пуерто Рико, Флорида, Гуаделупе, Гранд Кайман
<i>Alatina sp. 2</i>	500 mm.	рифове	НЕ неизвестен	близо до дъното	умерен	Нингалу риф., Западна Австралия
<i>Carukia barnesi</i>	9 – 14 mm	плажове	ДА пик през лятото	на повърхността	умерен	Тропиците, Куинсленд
<i>Carukia shinju</i>	17mm	неизвестен	неизвестен	на повърхността	неизвестен	Регион Брум, Западна Австралия
<i>Caribdea xaymacana</i>	15 mm	плажове	ДА пик през лятото	на повърхността	умерен	Перт, Куктаун, Западна Австралия
<i>Gerongia rijkinae</i>	60 mm	крабрежия	РЯДКО целогодишно	на повърхността	слаб	Карпентария, Куин- сленд
<i>Malo kingi</i>	30 mm	шелф, край- брежия	РЯДКО пик в късно лято и есента	НЕ на повърхността	слаб до силен/ле- тален	Големия Барьерен риф
<i>Malo maxima</i>	50 mm	шелф	ДА пик в късно лято и есента	на 8 – 9 м	остър	Брум, Западна Ав- стралия
<i>Malo filipina</i>	40 mm	неизвестен	неизвестен	неизвестна	вероятно фатален	Филипините
<i>Malo sp.</i>	20 mm	рифове	неизвестен	неизвестна	неизвестен	Острови Монтебело, Западна Австралия
<i>Morbakka fenneri</i>	150 mm	плажове	НЕ целогодишно	НЕ на повърхността	слаб до животозастра- шаващ	залив Моретон до Кейп Уорк Куинсленд
<i>Morbakka virulenta</i>	150 mm	морета	неизвестен, пик през есента, зимата	неизвестна	неизвестен	Япония
<i>Morbakka sp.</i>	65 mm	брегове	НЕ неизвестен	неизвестна	слаб до остър	Ню Саут Уелс Австра- лия

Кой предизвиква Ируканджи синдром?

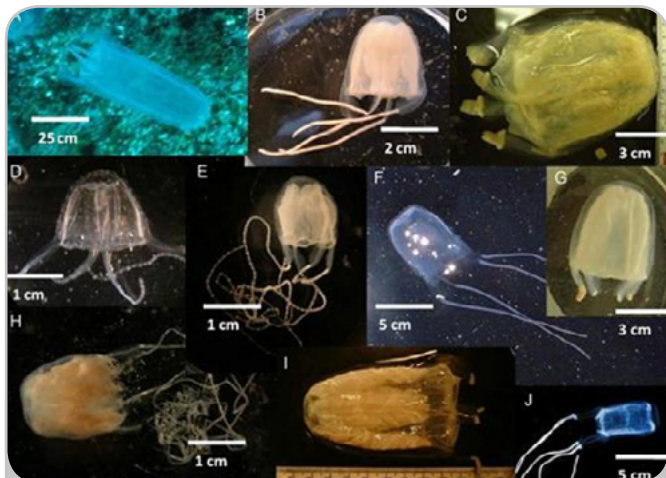
Живеещите по крайбрежието кубомедузи са малък клас книдарии, наречен *Cubozoa*, който е близък със същинските медузи *Scyphozoa*. В клас *Cubozoa* досега са описани досега 50 вида, в 7 семейства, които се отличават с няколко забележителни качества: наличие на очи, свързани с визуални способности; необичайно ухажване и брачно поведение; изключителна токсичност. Тези техни интригуващи качества ги поставят в центъра на научен и публичен интерес. Жизненият цикъл на кубомедузите се състои от полипна фаза – прикрепена и възрастна подвижна фаза – медуза, подобно на същинските медузи. Слабото разнообразие в рамките на класа се обяснява или с еволюционна история (липсата на алопатрично видообразуване) или с недостатъчно таксономично изучаване на групата. *Cubozoa* се дели на два монофилетични разряда *Chirodropida* и *Caribdeida*. Името на медузите идва от формата на тялото, което е по-скоро кубично или с формата на камбанка (чадърче), като долната част има капак наречен велариум, с помощта на който се концентрира и увеличава потока вода, с цел движение.



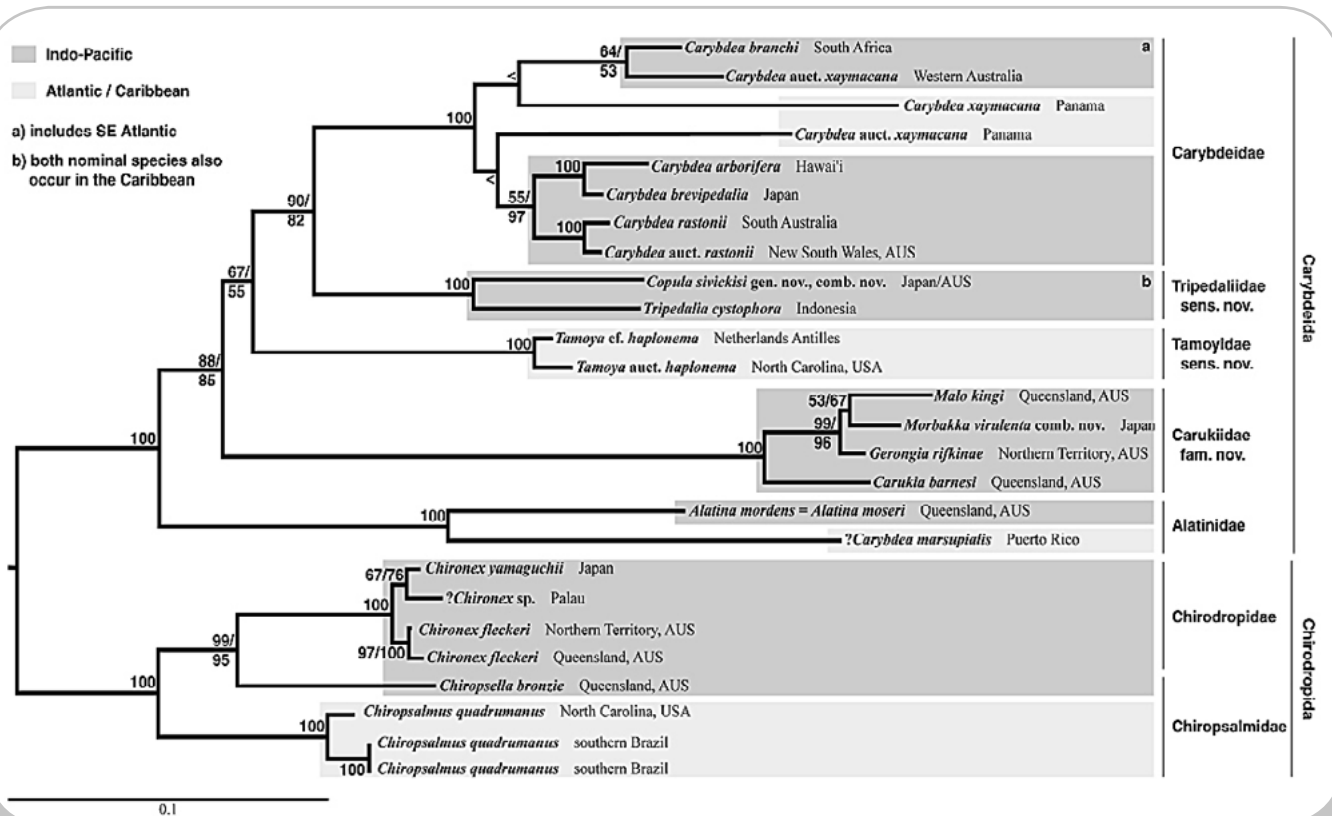


Нервната им система е много добре развита, като в основата на чадъра имат нервен пръстен, който координира движенията. Обикновено пипалата надвишават неколкостранно камбанката, и именно там са разположени парливите клетки – нематоцитите.

Разпространени са в тропиците и субтропиците, като някои достигат и до умерените ширини. Ката цяло видовете не са добре описани и изследвани



Видове Австралийски Ируканджи медузи: (A) *Alatina sp.* От Нингалу риф, Западна Австралия; (B) *Malo kingi* от Северен Куинсленд; (C) *Morbakka fenneri* от Централен Куинсленд; (D) *Carukia barnesi* от Северен Куинсленд; (E) *Carukia shinju* от Брум, Западна Австралия; (F) *Malo maxima* от Брум, Западна Австралия; (G) *Gerongia rijkinae* от Северните Територии; (H) *Carukia sp.* От Големия Барьерен Риф; (I) *Alatina mordens* от Големия Барьерен Риф; (J) *Morbakka sp.* От Ню Саут Уелс



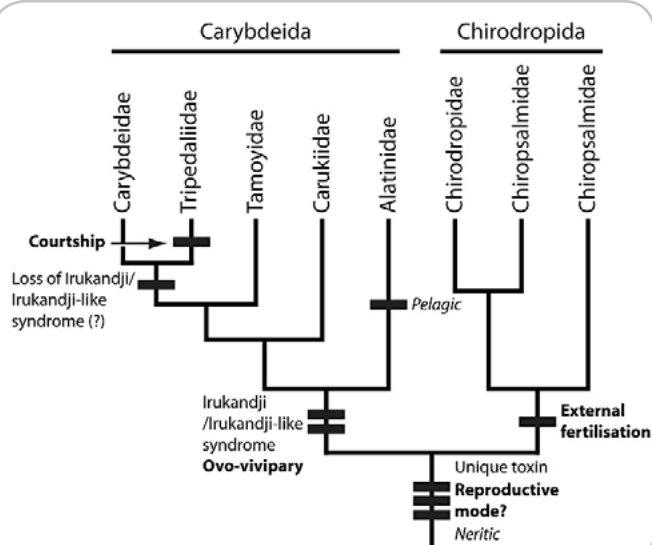
Филогенетични отношения, основани на данни от изследвания на митохондриална и нуклеарна ДНК на кубомедузи.

по отношение на екология, систематика, токсичност, етология, физиология, генетика и т.н.

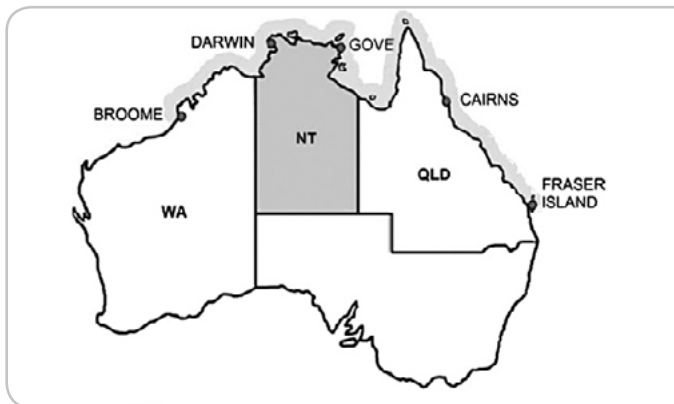
Еволюционната история на Cubozoa не е добре изследвана, но вследствие от изясняване на филогенията, основано на анализ на рибозомни, нуклеарни и митохондриални гени са направени няколко хипотези по отношение на еволюцията на токсичността

и биогеографията. Първо, че последния най-близък предшественик на съвременните видове е притежавал способността да предизвиква Ируканджи синдром. Второ, основното разделение на Атлантически и Индо – Тихоокеански клонове може да се обясни с изолация, вследствие на древно събитие. Трето, счита се че сексуалния диморфизъм е възникнал ед-





Проследяване на токсичността при филогенетичните отношения на кубомедузите.



Географско разпространение на Ируканджи синдрома в Австралия. NT – Северни територии, QLD – Куинсленд, WA – Западна Австралия. Сивите участъци на крайбрежията показват географското разпространение на синдрома Ируканджи.

нократно, заедно с комплексно брачно поведение.

Важно откритие, вследствие от филогеографския анализ е, че видът *Alatina moseri* от Хавай и *Alatina mordens* от Австралия, са всъщност един и същ вид, представен с една непрекъсната метапопулация, разширила се посредством природни и/или антропогенни фактори.

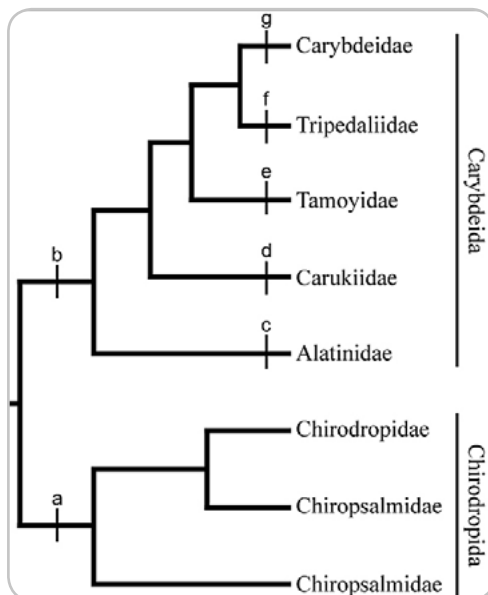
Еволюцията на токсичността на кубомедузите представлява сериозен интерес, тъй като е известно, че основна част от тези медузи са силно токсични, в резултат предизвикват големи загуби, както в сферата на общественото здраве, така и на туристическата индустрия, най-вече в Австралия. Усилия-

та положени за изолиране на компонентите на отровата и създаването на антиотрова, по-специално за смъртоносната *Chironex fleckeri*, като цяло не са успешни. В тази връзка, филогенетични изследвания на токсичността на видовете би била в помощ, още повече че е логично родствените видове да проявяват сродна токсичност. Токсичността варира между отделните видове, като при едни тя е безвредна за хората, а при други може да убие човек за минути. *Chironex fleckeri* от *Chirodropida* е най-отровната медуза, позната досега. Секвенирането на хемолитичните протеини от отровата на две карибдеиди и три хиродропиди показват умерена дивергенция. Въпреки, че в рамките на *Cubozoa* между амминокиселинните последователности на токсичните протеини са наблюдавани различия, модели на вторичната структура предполагат най-малко два общи структурни мотива, които са свързани с цитолитичната активност. Няма открит хомоложен протеин извън групата на кубомедузите и затова се счита, че те

притежават ново и уникално семейство протеини.

Ируканджи синдрома, предизвикван от отровата на няколко вида кубомедузи, първоначално се смята, че е характерен само за един вид - Карукия на Барнс, *Carukia barnesi*, но впоследствие се описва и за други видове – *Morbakka*, *Alatina*, *Malo*, *Gerongia*. Обикновено Ируканджи синдромът на другите видове, се определя като подобен на него, тъй като има същите базови симптоми на класическия синдром, предизвикван от Карукията на Барнс, но те могат да бъдат не толкова остри. Всички видове кубомедузи, предизвикващи Ируканджи синдром, спадат към *Carybdeida*. Сем. *Carukiidae* включва родовете *Carukia*, *Morbakka*, *Malo*, *Gerongia*. Най-рано се отделя в еволюционен план *Alatinidae*, след това *Carukiidae* и *Tamoyidae*, а последни *Carybdeidae* и *Tripedaliidae*. Като за последните се предполага, че губят токсичността. Тази топология позволява да се предположи, че общия предшественик е притежавал възможността да предизвиква Ируканджи синдром.





Родствени връзки при кубомедузите, съгласно посочените от *Bentlage et al.* (2010) таксономични ключове, посочени на кладограмата, разделящи разредите и семействата. *Chirodropida* имат няколко тантакли на педалиум (a), докато *Carybdeida* имат само по един (b). При *Tripedaliidae*, всеки педалий, носи по един тентакъл, но създава впечатлението, че има много тентакли на един общ педалиум. Семействата от *Carybdeida* се идентифицират по следните характеристики: *Alatinidae* (c) - остиума на ропалийната ниша е т-образен; *Carukiidae* (d) - остиума на ропалийната ниша с ропалиални рогца, стомаха няма гастрофоцели; *Tamoyidae* (e) - остиума на ропалийната ниша е с форма на намръщена устна, липсват ропалийни рогца, гастрофоцелите са вертикални; *Tripedaliidae* (f) - остиума на ропалийната ниша е с форма на отвор на ключалка или по изключение като намръщена устна, има по 2 – 3 педалия на ъгъл; *Carybdeidae* (g) - отвора на ропалийната ниша е сърцевиден.

Въпреки изясняването на филогенията, съществуват няколко проблема при изследването на токсина на кубомедузите. Трудно се изолира отровата, като се използват цели тентакли, вместо отделни нематоцисти и има доста противоречиви резултати между отделните изследователски групи. Токсините получени от различни части на една медуза и от различни индивиди на различен онтогенетичен стадий, се различават, както се различават и тези получени от отделни индивиди на един вид, но от различни географски региони.

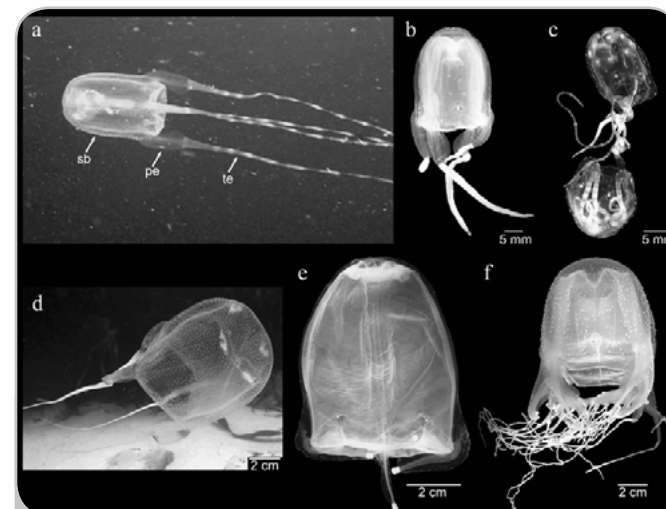
Биогеографията на кубомедузите не е добре документирана по средни географски скали (провинции, региони или държави), поради липса на данни. На голяма географска скала (океани) има по-голя-

ма яснота. Голяма дивергенция се открива между Индо – тихоокеанските и Атлантическите клонове. При *Chirodropida*, родът *Chiropsalmus* е изключително Атлантически, докато *Chiropsella* и *Chironex* са към Индо – Тихоокеанската група. Подобно е разделението и при *Caribdeida*, където *Tamoyidae* е ограничен в Атлантика, а видовете от *Carukiidae* са известни от Австралия и Япония, но е много вероятно да са разпространени и в целия Индо – Тихоокеански регион.

Друга характерна особеност, която най-вероятно ще се потвърди за всички видове кубомедузи е, че те не пресичат местообитанията през океана. Обикновено се придържат към шелфа на даден регион. Така разделението на два основни клона –

Индо – Тихоокеански и Атлантически, може да се обясни с древно събитие, което ги е разделило и изолирало. За съжаление фосили от медузи са голяма рядкост и по тази причина трудно би се установило с точност кога и какво се е случило.

Определени са няколко таксономични ключа за определяне на различните видове кубомедузи от *Bentlage et al.* (2010)

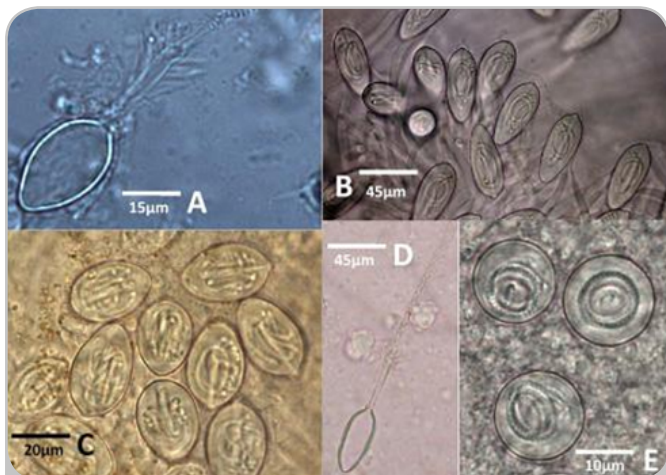


Представители на кубомедузи от всяко семейство на *Carybdeida* (a-e) и една форма от *Chirodropida* (f). Вижда се, че последните имат много тентакли на педалиум. a/ *Tamoya* (*Tamoyidae*); b/ *Malo kingi* (*Carukiidae*); c/ мъжки и женски на *Copula sivitkisi*, копулирайки (*Tripedaliidae*); d/ *Carybdea branchi* (*Carybdeidae*); e/ *Alatina* sp. (*Alatinidae*); f/ *Chiropsalmus quadrumanus* (*Chiropsalmidae*). sb: камбанката, кубът на кубомедузите; pe: педалиум; te: тентакъл





Важен и характерен белег за медузите са техните нематоцисти или копривни (жилещи) клетки. Нематоцистите преставяват сами по себе си капсула с намотан „харпун“, потопен в отрова, със спусък (косъм) в единия край. Бързото му освобождаване, води до експлозивно изстрелване на „харпуна“. Когато е освободен, нематоциста се разделя на три части: луковична капсула, стрела за пробиване, дълга подвижна тубула, която носи голяма част от отровата. Идентификацията на нематоцистите се основава на големината и формата на капсулата, броя и разположението на иглите на стрелата. Ируканджи медузите имат различни типове и раз-



Ируканджи нематоцисти. (A) *Carukia shinju*, освободен нематоцист; (B) *Malo maxima*, неосвободен; (C) *Carukia shinju*, неосвободен нематоцист; (D) *Malo kingi*, освободен; (E) *Carukia shinju*.

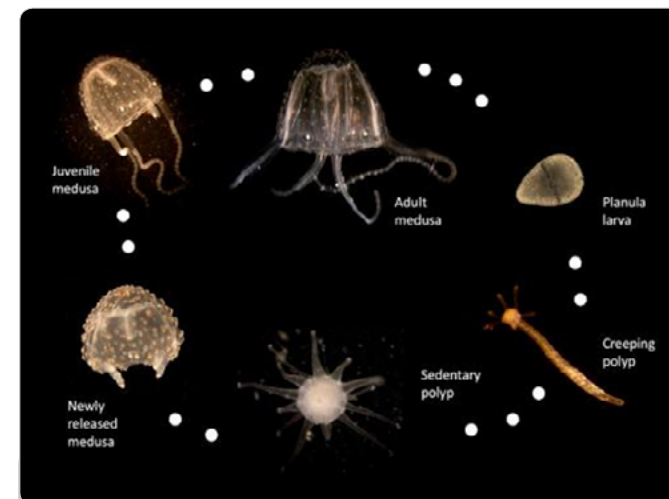


Типове тентакли при Ируканджи медузите. (A) *Carukia* spp.; (B) *Carukia*, отблизо; (C) *Caribdea*, *Malo*, *Gerongia*, *Morbakka*, *Alatina*; (D) *Malo kingi*, отблизо.

мери нематоцисти, които се използват за видово определяне и характеристика на ужилванията. За характеристика на опарването, нематоцистите се получават или чрез остъргване от кожата или чрез стикер - проба, като последната е за предпочитане, тъй като не плаши пациента и не разрушава нематоцистите. При някои видове нематоцистите са различни типове, освен това се променят онтогенетично. Пропорциите на даден тип нематоцисти спрямо друг тип, също се използва като характеристика. По принцип нематоцистите са разположени на тентаклите във вид на ивици (бандове), но при някои видове има и на камбанката. Бандовете

нематоцисти са видовоспецифични и често се използват при определяне на видовете.

Отровите и токсините присъстват при не малко животни, не само за да уловят плячка, но и за собствена защита от други животни, а също така при седентарните форми за превенция на инфекции и болести. Тъй като мешестите успешно се развиват при условията на високо конкурентни хабитати от милиони години, не е изненадващо откритието, че притежават различни клетъчни изобретения и иновации. Биоактивни компоненти са открити при всички класове мешести и то в целия организъм, не изключително свързани с положението на нематоцистите. Химичният арсенал на Ируканджи медузите включва сложна смес от биологично активни вещества, включващ цитолизини, невротоксини и



Хипотетичен жизнен цикъл на *Carukiidae*.



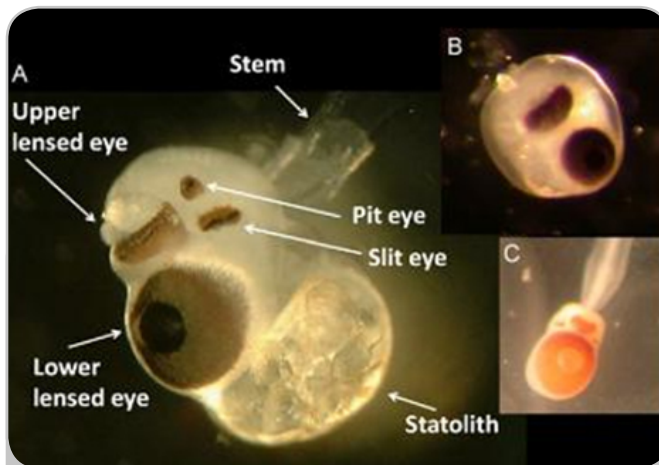


липази, пептидази, протеинови инхибитори и анти-микробни вещества.

Друга характерна особеност на Ируканджи медузите са статолитите или баланс - камъчета. Всеки ропалиум има един голям статолит под клъстера с очите. Статолита расте посредством секреция на дневни растежни пръстени, подобно на отолитите на рибите или годишните пръстени на дърветата. Тези растежни пръстени на статолитите при Ируканджи, се използват за определяне на възрастта, а химичния състав може да покаже къде е живяла медузата. Формата на статолитите е родовоспецифична и служи за таксономичен белег. Тъй като са единствената твърда част, на иначе мекото тяло на медузите, статолитите са важни при идентификацията на фрагментарни проби, проби съхранявани в етанол или замразени, както и при фосили.

Кубомедузите имат комплексен жизнен цикъл, състоящ се от етап на първоначален, прикрепен, бентосен полип; етап на бавноподвижен полип и след почти пълна метаморфоза, етап на подвижна ювенилна медуза; накрая зряла разделнополова възрастна медуза. Точния жизнен цикъл и данни за метаморфозата липсват при повечето Ируканджи медузи.

Най-интригуващата характеристика на кубомедузите е наличието на добре развити очи, въпреки липсата на относително сложно развит мозък. По това свое качество, да притежават комплекс от очи, кубомедузите са изключителни сред медузите, дори и сред безгръбначните въобще. Дълги години



Очи на кубомедуза. – (А) Горно лещовидно око; Долно лещовидно око; цепнатовидно и ямковидно око; статолит от *Chiropsalmus*. (В) Липса на цепнатовидно и ямковидно око при *Malo*. (С) Изключително голямо долно лещовидно око при *Alatina*.

се дебатира, дали тези очи имат физическата възможност да разпознават изображения. Сега е ясно, че кубомедузите използват очите си да навигират, да откриват плячка и да се чифтосват. По-неясно е дали тези очи формират образи по начин, който ние все още не разбираме или се справят с размазани и неясни картини. По принцип кубомедузите имат 24 очи, групирани в 4 групи на всеки ропалиум. На средната линия на ропалиума има две комплексни очи, всяко с леща, ретина и роговица. Отстрани на тези очи има два чифта прости с пигментирани чашки, очи - оцели: един чифт цепнатовидни очи и един

чифт ямковидни. Четирите групи очи имат различна структура и функция. Двете медианни очи са тип камера, със сферична или елипсовидна, подобна на тази при рибите леща, ретина и роговица. Има около 11 000 сензорни клетки във всяко око. Ретината е съставена от четири слоя – сензорен слой, пигментен слой, нуклеарен слой и слой на нервните фибри. Лещата е отделена от ретината с малко камерно пространство. Пигментния слой покрива отвън ретината, формирайки ирис около лещата. Зеницата на долното око може да се променя, съобразно светлинния интензитет, като променя отвора си за по-малко от минута, а на горното око е неподвижна. Горното лещовидно око е насочено нагоре, независимо от позицията на медузата и е установено, че се използва за сухоземна навигация.

Долното лещовидно око е ориентирано надолу и е с малко по-широк диапазон на видимост. Страничните, цепнатовидното и ямковидното, очи имат различни структурни характеристики. Ямковидното око има единствено пигментирани фоторецептори и се счита, че служи за отчитане на осветеността без пространствена резолюция. Цепнатовидното око е съставено от четири типа клетки, включително кануподобна група на стъкловидни клетки, формиращи лещоподобна структура върху ретина. Това стъкловидна група има набраздена повърхност и се смята, че действа като УВ филтър. Предполага се, че това око има пространствена резолюция и служи за определяне на вертикалното движение.

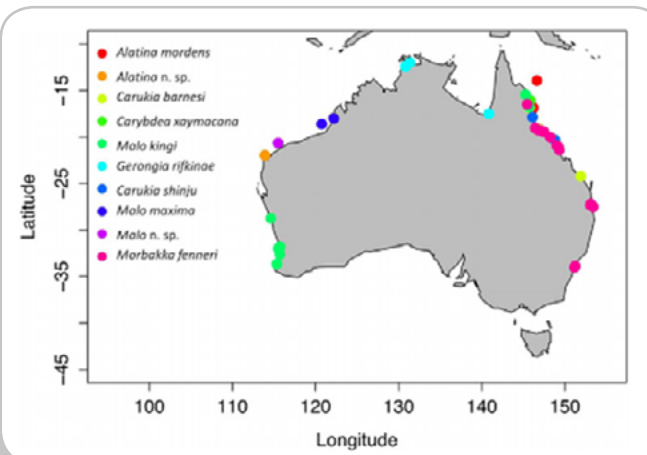
Експериментални изследвания показват, че ком-





плексните очи на кубомедузите могат да формират изображения. Кубомедузите са способни да отговарят на различни сигнали от заобикалящата ги среда, такива като форми, фигури, цветове на светлината и да реагират спрямо тях, обикновено предсказуемо. По-сложно поведение, такова като преследване, избягване, навигиране, ухажване и копулиране, включва използването на визуалните им способности и някои познавателно – поведенчески прояви.

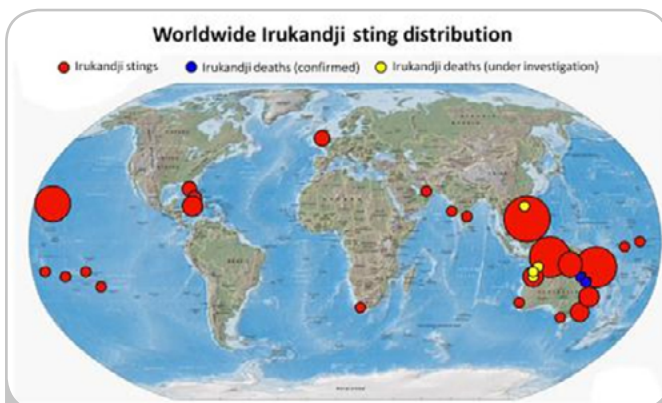
Визуалните способности на кубомедузите определят една от основните поведенчески реакции – фототаксиса. Фототаксис е ориентацията им и придвижването по посока на светлината. Барнс е



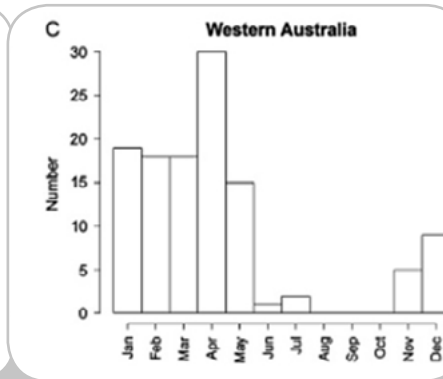
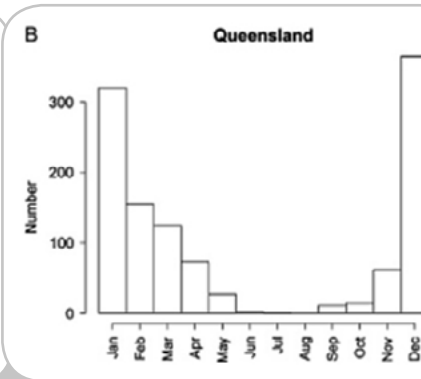
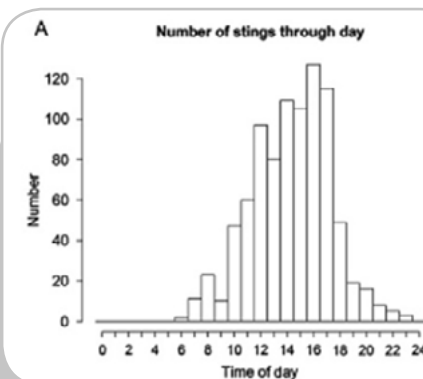
Разпространение на Ируканджи медузи в Австралия: потвърдените места са оцветени със съответния цвят.

уловил своята Карукия именно насочвайки светлина към водата и е уловил привлечения от нея екземпляр. През деня, насочването на светлина не се отразява така, както когато се насочи на сумрак, тогава се вижда ясно как кубомедузите са привлечени от нея. Именно тази им особеност, ги прави лесни за улавяне по този начин. Привличането им от светлината е важна особеност, от гледна точка на предпазните мерки, необходими да се вземат при работа на тъмно, когато се осветява само част от водата при риболов, водни строежи, пристанищни и яхтени съоръжения, както и при любителско гмуркане и други туристически забавления.

Един от основните въпроси, свързани с Ируканджи медузите е опазването на човешкото здраве. В тази връзка се изясняват разпространението на Ируканджи синдрома, биологията и екологията на Ируканджи медузите. Редица учени считат, че про-



Разпространение на ужилвания от Ируканджи медузи по света. Големината на кръговете показва количеството на ужилванията за дадения регион. С червен цвят са регистрираните ужилвания; със син цвят потвърдени два смъртни случая; с жълт цвят непотвърдени четири смъртни случая.



Ужилване от Ируканджи медузи в Австралия: (A) през деня и сезонност на източното крайбрежие (B) и на западното крайбрежие (C).



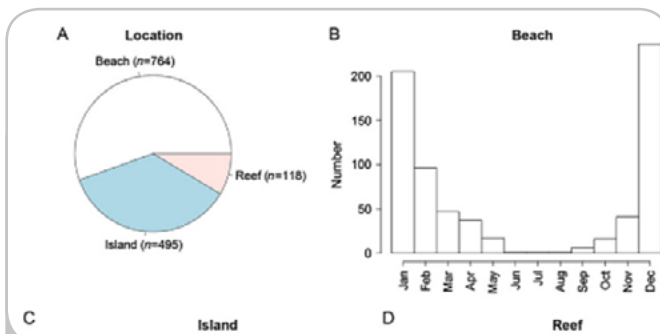


блема със този синдром е донякъде подценяван, защото се отчитат само регистрираните и разпознати като такива случаи, а е възможно те да са много повече, но първо, да не са разпознати проявите на синдрома и съответно да не е регистриран като такъв в болничните заведения; второ при смъртен случай, тъй като еритемата от опарване на Ируканджи медуза е сравнително слаба, напълно е възможно тя да е отшумяла *post mortem* и съответно случая да не е регистриран като причинен от Ируканджи медуза. Редица институции са поели ангажимент да разпространяват информация за характерните особености на медузите и синдрома, който предизвикват, както и насоки за първа помощ в този случай. Прави се статистика на регистрираните случаи по света с цел създаването на обща база данни.

Основния регион, за който Ируканджи медузите и съответно синдрома, са характерни е региона на Австралия.

Всички региони, където са регистрирани Ируканджи медузи се характеризират с това, че представляват олиготрофни шелфови хабитати. Обикновено са богати на водорасли и различно обрасли с тях, както са и характерни честите цъфтежи на салпите, Клас *Thaliacea*. Обикновено местата с най-чести случаи на Ируканджи са свързани с цъфтежи или поне сериозно присъствие на салпи.

Вертикалното разпространение на кубомедузите по принцип се определя от осветеността. Като цяло те са описани, че се придържат към повърхността. Случаите на ужилване от тези медузи основно са по тялото или ръцете по време на плуване или стоене прав във водата. При анализ на данните на опарване по тялото, се прави извод, че най-вероятна дълбочина до която достигат тези медузи във водния слой е 50 см.

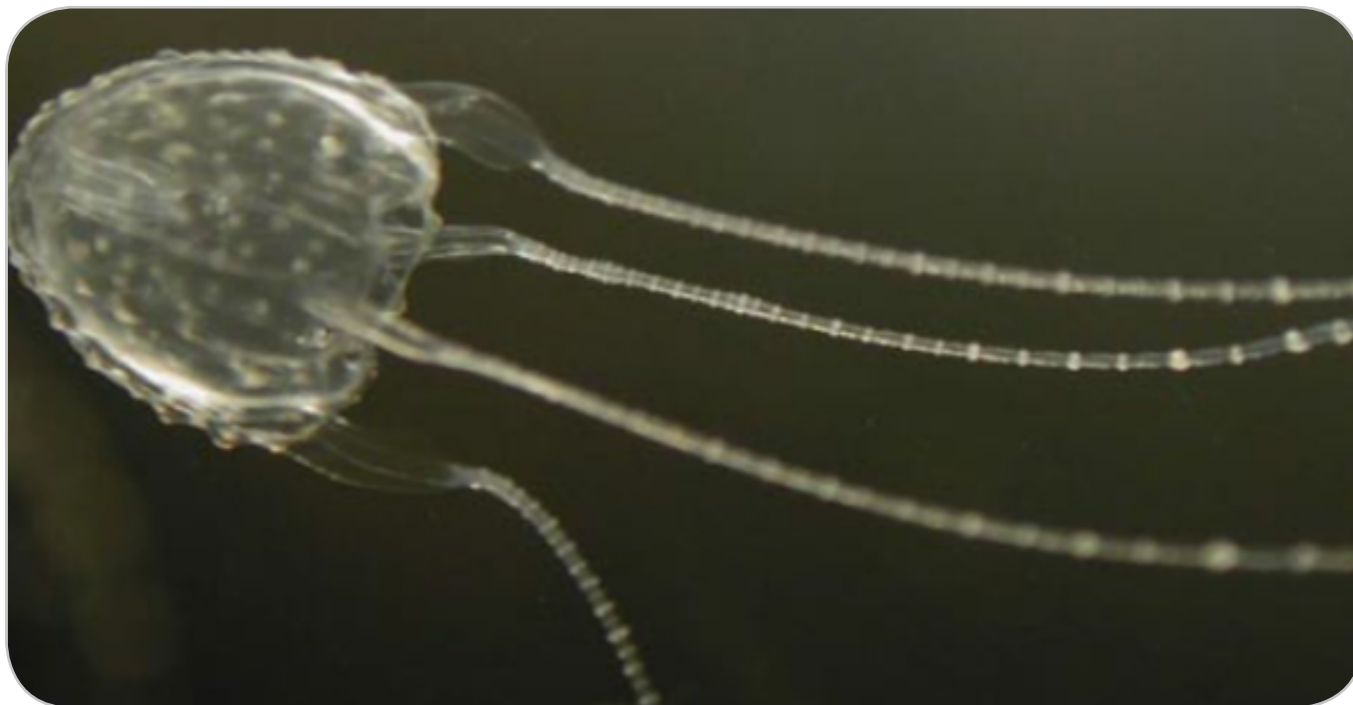


Ужилвания на Ируканджи медузи в Куинсленд по местоположение и сезон.



При анализ на събраните данни на 1629 ужилвания на кубомедузите в Австралия, за периода от януари 1893 до юни 2013, са показани статистически резултати кога това се случва през деня и в различните сезони.





От дългогодишни наблюдения и от информация на спасители на плажа, става ясно че като цяло ужилванията на Ируканджи медузи не са постоянни и целогодишни, има сезонност, освен това тяхната поява и зачестяване се свързва с поява на специфични климатични промени, ветрове, течения и т.н

Местоположението на ужилванията също статистически показва, че най-голям брой от тези случаи са регистрирани за района на плажната ивица и то през лятото. В тази връзка от голямо значение е информираността и вземането на предпазни мерки от страна на туристите.

Наблюдения в Брум, показват, че ужилванията на Ируканджи медузи имат два пика и те се свързват с пиковите на мусоните, което още не е добре изяснено.

Друга особеност е способността им да формират репродуктивни струпвания. Дългогодишни наблюдения свързват появата им с лунарна периодичност. Например *Alatina moseri* формира такова репродуктивно струпване на 10-12 ден всеки месец, след пълнолуние и съответно немалко видове се изхвърлят на брега. Тази лунарна периодичност има малки сезонни вариации, но големи годишни

такива. Например през 2001 г. са преброени повече от 10 000 екземпляра на такова струпване, докато през 2005 едва една четвърт от това. *Carukia barnesi* образува цъфтежи с големи струпвания.

Основните усилия върху изучаването на екологията и биологията на Ируканджи медузите е насочена към установяване на зависимости, които да дават възможността да се предскаже появата им по плажовете и по този начин да се намали риска от ужилвания и проява на Ируканджи синдрома. За главни биоиндикатори се посочват салпите, които неизменно присъстват в големи количества по плажовете, когато са регистрирани случаи на ужилвания. Други индикатори са бризове, духащи към континента и последващо затишие.

Най-ефективното предпазно средство срещу опарванията от Ируканджи медузи е цял предпазен костюм, изработен от ликра. От изпитваните различни видове материи, за създаването на такъв предпазен костюм, най-ефикасна се е оказала тази ликра.

За съжаление все още няма разработена ефикасна противоотрова и ваксина за Ируканджи синдрома. Като най-ефикасно средство за третиране на местата на опарване и намаляване силата на синдрома е обработване на мястото с оцет. В помощ за намаляване на симптомите на синдрома, доказано се използва венозен магнезиев сулфат. Той остава засега най-ефикасното средство за лечение. Обикновено в болниците третират отделните симптоми, засега няма средство, което да повлиява синдрома като цяло.





Какво представлява отровата на медузите Ируканджи, как действа и защо все още няма универсална противоотрова?

гл. ас. д-р Теодора Вукова

Типът *Cnidaria* е много стар и разнообразен биологически тип, който притежава широк спектър от биологично-активни субстанции, които могат да бъдат наречени токсини. Токсините на клас *Anthozoa*, който е отделен клас от *Cnidaria* могат да бъдат разделени на две химически много различни групи, а именно полипептидни токсини, изолирани от морски анемони, и дитерпени, изолирани от октокора-ли. Белтъчните токсини на *Cubozoa* и *Sciphozoa* са най-загадъчните токсини в този тип, и въпреки големите усилия в последните няколко десетилетия, все още малко се знае за тяхната природа. Много малко от тези големи и относително нестабилни белтъци са изолирани.

Факт е, че изучаването на отровата на кубовидните медузи, която причинява ируканджи синдрома, е все още в зародишно развитие. Има и опити за създаване на противоотрова, но досега откритите такива са или частично ефективни при хора, или нямат ефект. Това се дължи на сложния състав на отровата, на вариациите ѝ при различните видове, както и на комплексното ѝ действие върху човешкия организъм.

Отровите в животинското царство

За да може поне до някъде да изясним уникалността на отровите на тези медузи, причиняващи ируканджи синдром, ще се спрем накратко на отровите в животинското царство, които са много по-добре проучени в еволюционно, фармакологично, биохимично и генетично отношение, и следователно тяхното физиологично действие върху човек.

В последните години с развитието на т.нар. „омик“ технологии (цел на омик-технологииите е колективното характеризиране и количествено определяне на съвкупност от биологични молекули, които определят структурата, функцията и динамиката на един организъм или организми. Напр.: Геномика-гени, Протеомика-белтъци, Метаболомика-метаболити, Липидомика-липиди, Интерактомика-взаимодействието на различни биологични молекули) вече има налични данни за състава на различните отрови, разкривайки значителната комплексност в процесите, отговорни за генерирането на генетичното и функционално разнообразие. Отровите предлагат интересни и често уникални вниквания в няколко коренно различни области на биологията, които включват фармакология (разработване на лекарства), имунология (терапия при отравяния) и структурна биология (белтъчно свързване и взаимодействия). Подкрепящи науки към тези области са екологията и еволюцията на отровните животни и на техните отрови. Отровите осигуряват непаралелни модели за взаимодействията между хищник и плячка, влиянието на естествения отбор, и случаите на молекулярна еволюция и белтъчна неофункционализация.

В широк смисъл **отровата може да бъде определена** като секрет, произведен от специализирана жлеза в дадени животни, която се доставя в жертвите чрез нанасяне през рана, независимо колко малка може да бъде тя. Отровата съдържа молекули, които нарушават нормалните физиологични и биохимични





процеси, така че да улесни храненето или защитата на произвелото я животно. Тя има няколко функции в животинското царство, като най-разпространено е включването и в хранителните взаимоотношения между хищник и плячка. Друга функция на отровата е защитна адаптация и потенциални вътревидови конфликти (при птичечовката например).

Повечето животински отрови са комплексни смеси от биоактивни компоненти. Те обикновено обхващат смеси от белтъци и пептиди (с широкото название токсини), соли и органични компоненти, като аминокиселини и невромедиатори. Най-разпространени са белтъчните компоненти, които са разтворими във вода. Защитните отрови, като тези на различни видове риби, на пчели и др., са силно опростени и консервативни. Обикновено тяхното първоначално въздействие е мигновено със силно локализирана болка. За разлика от това, отровите на ловците са много по-сложни и най-често силно вариабилни в състава си и във физиологичните си ефекти.

В допълнение на развитието на устойчивост към отровата на даден вид от неговите естествени жертви, идва и сериозната метаболитна цена, която животното трябва да плати, за да произведе тази отрова. Това води до увеличена метаболитна скорост след екстракция на отровата. Еволюционните резултати са поведенчески адаптации за отделяне на по-малко, или пък точно, колкото е необходимо количество отрова за парализиране на жертвата. При редица змийски линии, които еволюционно са се

приспособили към плячка, която не се бори (например яйца) се развива атрофия на отровния апарат и дегенерация на гените за образуване на токсини.

За много токсини се смята, че се развиват чрез т. нар. процеси на **„раждане и смърт“** в генетичната еволюция, чрез които генът, кодиращ нормален „физиологичен“ белтък (обикновено такива включени в ключови регулативни процеси и биоактивности) се дуплицира, като дуплицираното копие се експресира селективно в отровната жлеза. Тези родови физиологични белтъци се експресират в редица тъканни типове и изявяват редица близки активности. Веднъж рекрутиран определен ген в отровната жлеза, търпи допълнителна генетична дупликация, свързана с белтъчна нео- и/или субфункционализация, което обикновено има за резултат големи мутилокусни генетични семейства. Тези семейства кодират токсини, които изявяват различни функционални активности и ефективности. Филогенетични изследвания в последните години на хомолози на токсинови гени, експресирани в други тъкани, осигуряват доказателства, че токсините могат да бъдат „реверсивно рекрутирани“ от отровната жлеза в други тъкани, докато пък други могат да се ко-експресират в отровната жлеза и в другите тъкани.

Еволюцията на отровните токсини чрез отбора, наречен „раждане и смърт“ се съпровожда със силни доказателства за ускорена еволюция и положителен отбор. Редица проучвания показват, че положителният отбор действа предимно на аминокиселинните остатъци, които са експресирани на повърхността

на белтъчната макромолекула. Чрез поддържане на силно стабилна структурна сърцевина, модификацията на повърхностните остатъци улеснява неофункционализацията на токсина чрез модифициране на взаимодействието между белтъка и прицелната молекула (чрез увеличаване на афинитета към съществувачи прицели или пък улесняване таргетирането на нови рецептори). Генетичната дупликация, положителния отбор и белтъчната неофункционализация изглежда работят заедно за осигуряване на еволюционни промени, които позволяват адаптиране на отровите към различни жертви, както и към защитната адаптация на жертвите към тези отрови.

Трябва да се отбележи, че рекрутирането на гени за експресия в отровната жлеза не е свързано само с генната дупликация. Някои идентифицирани токсинови гени просто се модифицират, сплайсват алтернативно, или се генерират чрез промени в структурата на домените. Екологичната роля на отровите изглежда свързана с еволюцията на начина на използване на токсина. Например много от най-патогенните токсинови семейства на трофично отровни таксони са мутилокусни по природа.

Отровите са един от най-сложните биохимични секрети в животинското царство. Независимо от тази комплексност, последни проучвания показват забележителна степен на конвергенция във физиологичното таргетиране на компонентите и на основните молекулярни строителни блокове, съединени в токсिनната строителна конструкция. Таргетите на действието на отровата включват основните физи-





ологични пътища и видовете тъкани, които са силно кръвоснабдени. Интересно е, че конвергентното таргетиране измежду таксоните е общо и особено видимо за хемостатичната и неврологични системи, където компонентите на отровата рекрутират независимо в различните отровни линии, действайки върху един и същи молекулярен таргет. Токсините увреждат хемостазата чрез инхибиране или тригериране на стъпките от каскадата на коагулация, като причиняват хеморагия. Увреждането на невротрансмитера, било то пресинаптично (Na^+ , K^+ или Ca^{2+} канали) или постсинаптично (мускаринови и никотинови рецептори) също са се развивали конвергентно в редица случаи.

Най-интригуващата част от конвергенцията касае молекулите, селектирани за използване като скеле на токсините. Свойството на такива типове белтъци е стабилизирането на молекулярния скелет чрез широки цистеинови крос-връзки. Тази характеристика улеснява модифицирането на неструктурните аминокиселини и има за резултат широка белтъчна неофункционализация. Наблюденията върху токсиновата конвергенция осигурява моделна система за изследване на структурните, функционалните и регулаторни характеристики, които правят определени белтъчни системи отговорни за „токсичната“ роля в отровата, както и еволюционните промени, включени в промяната на даден физиологичен белтък в токсин.

Токсини в отровите кубомедузи и на същински медузи

За съжаление съставът на отровите от различни видове медузи няма нищо общо с този на различните други видове отровни животни. Освен това еволюцията на техните отрови е вървяла по съвсем друг клон, така че и еволюционно не може да се проследи каквато и да била връзка. За сега се смята, че токсините в техните отрови са нов и различен клас, най-малкото защото не се наблюдават дисулфидни мостчета в техните белтъци.

Въпреки че отровите от кубомедузи като цяло притежават сходни биологични активности, разнообразието на ефектите, причинени от различните видове показват, че те се различават по активността и състава на белтъците.

До сега са охарактеризирани подробно няколко различни белтъка. Предполага се, че кубомедузите синтезират най-малко една група хомоложни биоактивни белтъци, които са лабилни, алкални по характер, хемолитични и близки по молекулна маса (42 – 46 kDa). Непознатите токсини от тези медузи също са потенциално летални и причиняват кожна болка, възпаление и некроза. Анализ на вторичната структура и непреки хомоложни предположения за белтъчната им структура предполагат, че токсините на тези медузи могат да действат като токсини, образувачи α -пори. Въпреки че няколко десетилетия се провеждат биохимични, фармакологични, и токсикологични проучвания, белтъците изолирани от тези медузи остават много малко на брой, нещо повече

механизмите им на действие, за предизвикване на ируканджи синдрома все още остават неясни. Процесът, свързан с биохимичното охарактеризиране на тези белтъци се затруднява от следствия свързани с тяхната нестабилност и хидрофобност, както и вариационността на източниците, екстракционните методи и аналитичните техники. В последно време има напредък в молекулярното характеризиране на белтъци от отровата на кубомедузите, включващо кДНК клониране и секвениране на пет хомоложни протеина, които принадлежат към ново семейство токсини от кубомедузи.

Биохимична характеристика на проблематичните белтъци в отровите

Основните проблеми, с които се сблъскват изследователите при характеризирането на биоактивните белтъци в състава на отровите на тези медузи са: тяхната нестабилност; склонността им да агрегират/дисагрегират и да адхезират по препаративните повърхности или хроматографския разтвор. Трудностите, срещани при характеризирането на отровите на кубомедузите се подчертават от наблюдаваната вариационност, както и често получаването на противоречиви резултати от независими изследователски групи. Различията в източниците на екстрахиране и/или екстракционните и фракциониращите техники също оказват влияние върху различията в резултатите. Например различните групи използват екстракти от цели тентакли, други от изолирани нематоцити. Повечето учени смятат, че по-адекватно е използването на нематоцистни екстракти, по простата при-





чина, че при отравяне медузите вкарват директно отрова само от нематоцистите. Екстрактите от тентакли при всички положения съдържат допълнително белтъци, които не навлизат в кръвотока при отровно опарване. Допълнителни усложняващи обстоятелства при биохимичното характеризиране на отровите са неточното определяне на вида и подвидовете на медузите. Още повече, последни проучвания показват, че отровите изолирани от нематоцисти от чадърчето и от тентаклите на *C. barnesi* се различават по своя токсичен състав. Онтогенетичната промяна в състава на отровата е свързана с промяната на жертвите при ювенилните и при възрастните медузи. Наблюдавани са необясними за сега различия в отровния състав от различни групи нематоцисти, изолирани от *C. fleckeri*, както и от видове събирани от различни географски райони.

Изолиране и пречистване на активните белтъци от кубомедузи

Въпреки че сравнението на експерименталните данни е трудно, изглежда отровата от *C. fleckeri* притежава различни белтъци с летален характер, които варират по своята молекулна маса. Леталните фактори се свързват с кардиотоксичност, и често, но не винаги с литична активност на белтъците. Белтъци с относително ниска молекулна маса (10 – 30 kDa) са общи за SDS-PAGE белтъчните профили на летални хроматографски фракции. Наблюдавани са също белтъци с по-висока молекулна маса (40 – 50 kDa). И накрая се наблюдават два белтъка с молекулна маса 120 и 70 kDa, които се свързват с дермоне-

кротичната активност на отровата, която е допълнителна към хемолитичната и летална активности.

В отровата на *C. marsupialis* се наблюдава цитолизин с молекулна маса 107 kDa, който притежава хемолитична активност към овчи еритроцити, но не и към човешки и към заешки такива. В друго проучване се наблюдава летален невротоксин с молекулна маса 120 kDa и три различни цитолизина (220, 139 и 36 kDa) от нематоцистна отрова от същия вид медуза. Невротоксинът причинява парализа и смърт при раци, а хемолизините лизират човешки еритроцити.

Изолирани са частично пречистен белтък от тентакли на *C. rastoni* (*pCrTX*) и три силно токсични белтъка (*CrTx-I*, *CrTx-II* и *CrTx-III*). Те притежават летална и хемолитична активност, предизвикват агрегиране на тромбоцитите (чрез увеличаване пропускливостта на мембраната за катиони), действат като Ca^{2+} -зависими вазоконстриктори и увреждат механизмите на ъптейка/складирането на норадреналина.

Молекулните маси на *CrTX -I*, *-II* и *-III*, определени чрез SDS-PAGE електрофореза (40, 100 и 51 kDa), не се променят при редуцирани и нередуцирани условия, което предполага, че те не образуват вътрешно молекулни дисулфидни мостове. *CrTX* белтъците не се оцветяват от данзилхидразин, което доказва, че те не са гликозилирани.

Малко се знае за състава на отровата на *C. barnesi* – основната медуза набедена за причинител на симптомите на ируканджи синдрома. Чрез SDS-

PAGE електрофореза са определени 4 основни белтъка (40, 45, 80 и 106 kDa) и няколко по-маловажни такива. Трябва да се отбележи, че белтъкът с молекулна маса 106 kDa е идентичен с цитолизина, изолиран от отровата на *C. marsupialis* и с *CrTX*, изолиран от отровата на *C. rastoni*. В сравнение с това, екстракт от нематоцисти, изолирани от чадърчето на тази кубомедуза, съдържа допълнителен белтък с молекулна маса 40 kDa, който е кръстосано-реактивен с обща противоотрова срещу отровата на *C. fleckeri*.

В последните години проучванията на хидромедузи и на карибдеиди показват наличието на един или два алкални белтъка с еднакви молекулни маси (40 – 60 kDa), които доминират в SDS-PAGE профилите на екстракти от нематоцисти или тентакли. До сега това са единствените белтъци от кубомедузи, които са успешно клонирани и секвенирани.

Ново семейство на биоактивни белтъци, изолирани от кубомедузи

Първите секвенирани белтъчни токсини от кубомедузи са *CrTX-A* и *CrTX-B*, които са изолирани от отровата на *C. rastoni*. В последствие са изолирани и характеризирани белтъчни токсини от още три вида кубомедузи – *C. alata*, *C. quadrigatus* и *C. fleckeri*.

Не се наблюдава значима хомоложност в аминокиселинната последователност на токсините от кубомедузи и на други известни токсини (от други отровни животни), което предполага, че те принадлежат към ново семейство биоактивни белтъци. Харак-





терно за токсичните белтъци, изолирани от отровите на кубомедузи, е че те са лабилни, алкални белтъци (42 – 46 kDa), които проявяват силна хемолитична активност. Анализи на биоактивността на определени токсини показват, че те също така са летални, причиняват локализирана болка, възпаление и дерматонекроза.

Имунолокализационни проучвания на токсините, изолирани от *C. rastoni* (*CrTX-A*, *-B*), показват, че *CrTX-A* е локализиран основно в нематоцистите, докато *CrTX-B* е ограничен в тентакловата тъкан. Кодирание чрез единична кДНК и на двата белтъка, предполага че *CrTX-B* се синтезира в тентаклите, модифицира се до *CrTX-A*, след което се транспортира в нематоцистите.

Две години по-късно е изолиран, клониран и секвениран основния белтък, който се съдържа в отровата на *C. quadrigatus* (*CqTX-A*). Това е белтъкът, който се открива в най-голямо количество в нематоцистната отрова, на базата на което може да се предположи, че той е причинителят на фаталните последиствия, след ужилването на тази медуза. Въпреки че *C. quadrigatus*, се смята за по-опасна за хора от *C. rastoni* и *C. alata*, при сравняване на леталните хемолитични активности на пречистените токсини от отровите на трите медузи, се вижда, че *CqTX-A* има по-слаба такава от *CrTX-A* и *CaTX-B*. Това частично противоречие може да бъде обяснено с факта, че *C. quadrigatus* има по-голям брой тентакли, които са и с по-голяма дължина от тези на другите две медузи и следователно може да инжектира по-големи дози от токсина.

За разлика от горните нематоцисти на *C. fleckeri* са изолирани два хомоложни белтъка (*CfTX-1*, *-2*), за които са изолирани и две отделни кДНК, което ясно показва, че двата белтъка не се кодират в един и същи ген. Тези два белтъка трудно могат да се разделят чрез електрофоретични или хроматографски методи. Двата белтъка обаче, могат да бъдат едновременно пречистени чрез така наречените size-exclusion методи или йонообменна хроматография. В природни условия, измерената молекулна маса на успоредно пречистените белтъци е 370 kDa, което показва склонността им да олигомеризират и да образуват мултимерни четвъртични структури. Хемолитичната активност на *CfTX* белтъците показва сигмоидална крива доза-отговор, която е характеристична за стехиометрични цитолизини.

Структурните особености на токсините на кубовидните медузи все още трябва да бъдат изяснявани, въпреки че няколко метода за анализ на аминокиселинната последователност предсказват, че пет токсина от кубомедузи имат аналогични модели на вторични структури. Общите изводи от моделните методи е, че първите 300 аминокиселини на токсичните белтъци са доминирани от *α-спирали*, примки и вероятно един *β-лист*, докато С-крайните области се доминират най-вече от *β-листовете* и примки. Следователно двете области, които са със значително различна топология могат да се свържат с отделни домени. На базата на предположения за вторичната структура на петте токсина от кубомедузи се наблюдават най-малко две общи структурни характерис-

тики, които биха могли да са свързани с потенциалната цитолитична активност на белтъците. Първо са предположени амфифилните *α-спирали* в *N-крайната област на всеки белтък*, и второ един общ регион, който пронизва мембраната (*TSR1*), съдържащ една или две хидрофобни *α-спирали*. При липсата на 3-D структурна информация не са видими модели на силно консервативни катйонни остатъци, обграждащи амфифилните *α-спирали* или *хидрофобните области на TSR1*, каквито са описани за редица други цитолитични токсини.

Потенциалното включване на *α-спирали* предполага, че токсините на кубомедузите биха могли да действат като образуват *α-пори*, като техните домени, образувачи порите се състоят от една или две, до снопче спирали. Още повече непряк хомоложен белтъчен анализ предполага, че два от белтъците на кубомедузите (*CaTX-A* и *CfTX-2*) имат слабо структурно сходство с *α-порообразуващите инсектицидни δ-ендотоксини*, произвеждани от *Bacillus thuringiensis*.

Цитолизини, изолирани от кубомедузи

Различните кубомедузи продуцират различни цитолитични белтъци. От *C. fleckeri* допълнително е изолиран и кардиотоксин с молекулна маса 20 kDa. Този белтък е летален за мишки, птици кардиомиоцити и повлиява йонната пропускливост на двойнолипидните мембрани чрез образуване на едновалентни катйонни канали. Мембраните са съставени от холестерол и фосфатидилхолин. При третиране на плъши кардиомиоцити с отрова, извлечена от *C.*





fleckeri се наблюдават многобройни овални лезии на мембраната с диаметър приблизително 50 до 80 nm. Има доказателства обаче, че хемолитичната активност на отровата на тази медуза не е отговорна за леталните ефекти като цяло. Хемолизините на кубомедузите проявяват различни афинитети към еритроцитите от различни видове. Например хемолизинът, изолиран от *C. marsupialis* повлиява хемолитично много по-силно еритроцити от овце, отколкото човешки и заешки еритроцити.

Биохимични проучвания показват, че хемолизините, изолирани от отрова на кубомедузи, се стабилизират в разтвори с високо солево съдържание, като активността им зависи от съдържанието на двувалентни катйони. Например активността на отровата, извлечена от *C. alata*, зависи от присъствието на Mg^{2+} , Ca^{2+} или Zn^{2+} и е оптимална при концентрация от 10 mM Ca^{2+} или Mg^{2+} .

Хемолитичната активност на отровата, извлечена от *C. alata* се инхибира от присъствието на някои въглехидрати, и най-вече на **D-лактозата**. Хемолитичната активност на отрова, извлечена от книдария се инхибира също така от някои въглехидрати (**сиалова киселина**, **β -метилгалактопиранозид**) и липиди (**сфингомиелин** и **фосфатидилинозитол**).
Още повече еритроцити преинкубирани с определени гликозиди (**невроинидаза** и **β -галактозидаза**) са значително по-малко податливи на лизиране от хемолизина изолиран от *C. marsupialis*. **Това предполага хипотезата, че въглехидратните части по повърхността на клетъчните белтъци са вклю-**

чени в цитолитичния механизъм на действие. Следователно може да се смята, че има кооперативен механизъм на действие, който включва свързване на токсините с определени въглехидрати и липиди по клетъчната повърхност.

Ефекти на токсините от кубомедузи

Chironex fleckeri

Въпреки че леталните компоненти от отровата на тази медуза не са недвусмислено идентифицирани, всички те продуцират едни и същи ефекти при интравенозно инжектиране, т.е. първоначално повишаване на кръвното налягане, което е последвано от хипотензия. Развива се брадикардия, която е последвана в рамките на минути от атрио-вентрикуларен блок. Наблюдава се вазоконстрикция, след което сърцето спира в състояние на систола. Редовна находка също така е респираторен арест и се предполага, че е с произход от централната нервна система. Интересно е, че експериментални животни оцеляват след инжектиране на големи дози от отровата интраперитонеално, подкожно и интрадермално. Ефектите от отровата на *C. fleckeri* са много подобни на тези на еквинатоксините от морски анемони, инжектирани *in vivo* на изолирано сърце от плъх, което предполага, че промяната на пропускливостта на мембраните и последващото навлизане на Na^{+} и Ca^{2+} йони вътре в клетките е важен механизъм за леталните ефекти на токсините. Наблюдава се увеличено навлизане на Na^{+} в кардиомиоцити след третирането им с отрова от *C. fleckeri*. Този процес е последван от навлизане на

Ca^{2+} , вероятно заради активирането на Na^{+}/Ca^{2+} помпа.

За да стане малко по-ясен евентуалния начин на образуване на **α -порите** от тези токсини, накратко ще обясним начина на действие и структурата на **equinatoxin II**, изолиран от морски анемони.

Equinatoxin II (Eq II) принадлежи към уникално семейство на 20 kDa порообразуващи белтъци от морски анемони. Тези токсини се свързват преференциално към мембрани съдържащи сфингомиелин и образуващи катйон-селективни пори чрез олигомеризация на три до четири мономера. Свързването на този токсин е двустъпков процес, отделно медиран от две области на молекулата на белтъка. Ароматният клъстер, включващ триптофан 112 и 116 медира първоначалното свързване, което е предпоставка за настъпване на следващата стъпка. Стерично покриване на ароматния клъстер или мутация на триптофани 112 и 116 до фенилаланин значително намалява токсин-липид взаимодействието. Втората стъпка се подпомага от **N-крайната амфифилна спирала**, която се транслоцира в липидната фаза на мембраната. Двете стъпки се разграничават чрез използването на двоен цистеинов мутант, като **N-крайната спирала** се фиксира към белтъчната сърцевина с дисулфиден мост. Накрая, чрез потопени в мембраната „гасители“ се вижда, че токсинът не се вмква дълбоко в мембраната.

Насочването и свързването на белтъците към мембраната е една от ключовите стъпки за осъществяване на много клетъчни процеси. Белтък-мем-



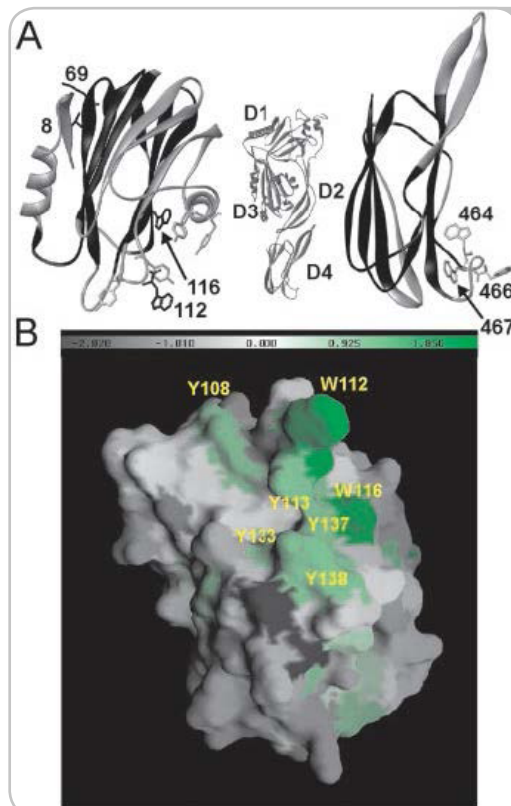


бранните взаимодействия са интензивно изучавани в последните години с много различни примери на белтъци и мембрани. Взаимодействията могат да бъдат стартирани на липидно-водната повърхност чрез така наречените липидни „котви“, електростатични сили, ароматни или алифатни остатъци, намиращи се на повърхността. В сравнение с белтък-белтъчните взаимодействия, взаимодействията между белтък и мембрана са по-слабо описани.

Една група белтъци, взаимодействащи с липидните мембрани са порообразуващите токсини (*pore forming toxins (PFT)*), които се свързват с мембраните преди да предизвикат токсичните си ефекти чрез образуване на трансмембранны пори. Най-изучената група от порообразуващите токсини са бактериалните токсини, тъй като те включват важни вирулентни фактори. Характеризирани са малко на брой еукариотни порообразуващи токсини, като изключение правят актинопорините (цитолизини открити в морски анемони). Членовете на това семейство имат различни свойства от всички останали изучени порообразуващи токсини: те се състоят от 175 – 179 аминокиселинни остатъка, като не съдържат цистеинови такива; притежават $pI > 9.5$; показват предпочитания към сфингомиелин-съдържащи мембрани. Актинопорините действат върху клетъчни и моделни липидни мембрани, образувайки катион-селективни пори с хидродинамичен диаметър около 2 nm. Механизмът на образуване на порите включва най-малко две стъпки: свързване на водоразтворимия полимер към мембраната;

и последваща олигомеризация на три или четири мономера на повърхността на мембраната, което води до образуване на функционална пора. Броят на мономерите във финално образуваната пора е извлечен чрез крос-линк и кинетични експерименти. Предполага се, че N-крайните амфифилни α -спирали, които са добре запазени при актинопорините, участват в образуването на трансмембранныя канал. Това предположение е подкрепено чрез кристалографски структурни изследвания и такива с

ядрено-магнитен резонанс. Молекулата на *Eqt II* се състои от хидрофобна сърцевина, съставена от β -сандвич, фланкирана от всички страни с α -спирали. Първите 30 N-крайни остатъка, включващи амфифилната спирала, образуват най-големия сегмент на молекулата, който може да възприеме различни структури без да наруши общото ѝ *нагъване*. Друга интересна черта на тази молекулна структура е наличието на клъстер на открити ароматни аминокиселинни остатъци по повърхността на молекулата,



Фиг. 1 Триизмерна структура на *Eqt II* и структурно подобния четвърти домен на перфринголизина.

(A) Модели на *Eqt II* (ляво) и четвъртият домен на перфринголизин О (PFO) (дясно). Моделът на цялата молекула перфринголизин О е показан в средата с обозначени домени от 1 до 4. Областите, които са определени като структурно еднакви са подчертани в черно. Показани са страничните вериги на ароматните аминокиселини от консервативните ароматни клъстери на *Eqt II* и PFO. Аминокиселините на *Eqt II*, които са мутирани в това проучване са показани в черно и са указани с номера.

(B) Показана е повърхността на ароматната част на *Eqt II*. Аминокиселините са оцветени според експериментално определена скала за разделяне на липидно-водната повърхност (скала на *White-Winley*). (Hong Q., et al., 2002, JBC)

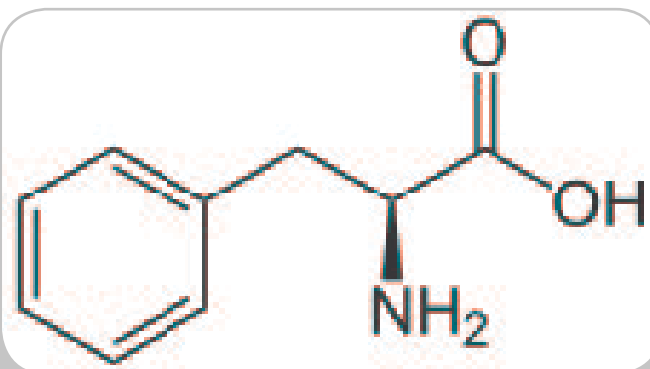




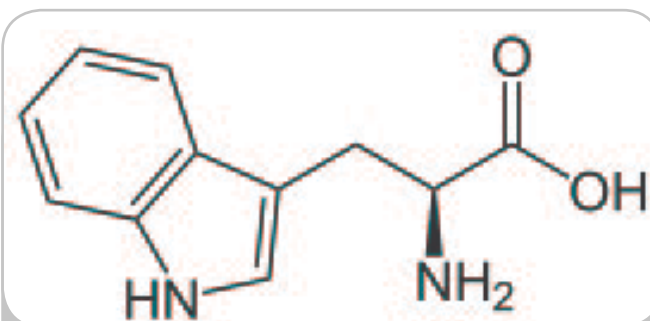
обхващащи Tyr-108, Trp-112, Tyr-113, Trp-116, Tyr-133, Tyr-137 и Tyr-138 (фиг. 1). Те вероятно играят роля за мембранното разпознаване и свързване, тъй като ароматните остатъци притежават афинитет към липидно-водната повърхност. На базата на тези наблюдения може да се формира хипотезата, че токсинът първоначално се свързва с мембраната чрез ароматния си клъстер.

При следващата стъпка N-терминалната спирала се транслоцира от повърхността на β -сандвича в мембраната, и накрая преминава в липидния бислой, образувайки катион-селективна пора.

Актинопорините нямат сходства на аминокиселинните си последователности с които и да било други известни белтъци. Наблюдавано е структурно сходство (и много слабо сходство в аминокиселинната последователност) с таумин (*thaumin*) и с четвъртия C-краен домен на перфринголизина (*PFO*). Тези белтъци са богати на β -листове и тяхното сходство с *Eqt II* се ограничава в областта на β -сандвича. *PFO* е репрезентативен за групата токсини, които са холестерол-зависими цитолизини (*cholesterol dependent cytotoxin* (*CDC*)). Той е белтък, който се състои от 500 аминокиселинни остатъка, състоящ се от 4 домена. Може да образува огромни пори с диаметър до 150 nm, съставени от до 30 мономера. *PFO* се свързва с мембраните чрез четвъртия си домен, който съдържа ундекапептидна последователност (последователност от 11 аминокиселинни остатъка), която е силно консервативна за различните мембрани на *CDC* и е еднаква с богатата на трипто-



Фиг. 2 Структурна формула на фенилаланин



Фиг. 3 Структурна формула на триптофан

фан област на *Eqt II*. Триптофаните, намиращи се в ундекапептидната област имат роля за свързване с мембраната. Тези триптофанови остатъци не се наместват дълбоко в липидния бислой на мембраната. Въпреки че първата стъпка на взаимодействие с мембраната при тези токсини е сходна, което се потвърждава от наличието на триптофан и сходството на структурите на мембранно свързващия домен,

то втората стъпка на порообразуването е различна.

Показано е, че най-важната област за свързване с мембраната на *Eqt II* е ароматният клъстер. Мутацията на откритите Trp-112 и Trp-116 към фенилаланин значително намалява свързването с мембраната. Чрез създаване на дисулфидни мостове, които предотвратяват дислокацията на спиралата от тялото на белтъчната молекула могат да се разделят двете стъпки на порообразуването: 1) първичното свързване към мембраната; 2) въвеждане на *N-крайната спирала* в липидния бислой на мембраната. Последното води до създаване на допълнителни контакти с мембраната и до необратимо включване на белтъка. Първоначалната стъпка на включване на *Eqt II* напомня на тази на *CDC* токсините, което означава, че те имат не само структурно, но и функционално сходство.

Разработени са нови методи за събиране на нематоцисти, обвързани с нови процедури за изолиране и пречистване, осигуряващи нови субстанции, чиито резултати при интравенозно прилагане са почти същите, които следват след прилагане на по-малко пречистени фракции при по-раншни експерименти. *Ramasami* и сътр. (2005) показват, че отрова от *C. fleckeri* причинява двуфазни ефекти върху артериалното кръвно налягане, което накрая води до циркулаторен колапс. Тези ефекти не могат да се потиснат напълно след въвеждане на противоотрова, но профилактичните ефекти са достатъчни за да предотвратят смъртните случаи при 40% от плъховете. Едновременното въвеждане на $MgSO_4$ предотвратява





тява кардиоваскуларен колапс и смърт при експериментални животни, но не ги предотвратява, когато се развие преди това. Въпреки че отрова от пречистени нематоцисти причинява само хипотензивен отговор, екстракти от тентакли без нематоцисти причиняват хипертензивен отговор, който обаче може да бъде предотвратен от prazosin. Този препарат е **α -адренергичен** блокер, специфичен за **$\alpha 1$ -рецепторите**, които се намират по гладките мускулни клетки на кръвоносните съдове. Там те отговарят за вазоконстрикторното действие на норепинефрина.

При нематоцистната отрова се наблюдава кардиоваскуларен колапс при 2 от 5 третирани животни. Показано е още, че отровата от *C. fleckeri* предизвиква продължителни контракции на аортни пръстени с наличен ендотел, както и с премахнат такъв.

Chiropsalmus quadrigatus

Ранни проучвания, направени с отрови и екстракти от отрови на *C. quadrigatus* показват, че ефектите им са идентични, но по-слаби от тези на токсичните субстанции на *C. fleckeri*. Същите ефекти са наблюдавани и при жертви ужилени от тези медузи. Три десетилетия по-късно (след 2005 г.) *Ramasami* и сътр. Наблюдават кардиоваскуларен колапс, който не се повлиява от противоотровата създадена за *C. fleckeri*, приложена самостоятелно или в комбинация с $MgSO_4$ (т.е. противоотровата и магнезиевия сулфат не предотвратяват сърдечния арест и хипотензията, причинени от инжектиране на отрова от *C. quadrigatus* при експериментални

животни). Ефектите от отровата са устойчиви също така на *prazosin*, *ketanserine* и изкуствено дишане (*Ramasami* и сътр., 2005). Ketanserine е препарат с афинитет към редица рецептори, свързани с **G-белтъците**. Той е високоселективен антагонист за серотонин **5-HT_{2A}** рецепторите и има средна селективност за **5-HT_{2C}** рецепторите и **$\alpha 1$ -адренергичните** рецептори, както и много висок афинитет за хистамин **H₁ рецепторите**.

Показано е, че токсините от *C. quadrigatus* индуцират **Ca²⁺** и ендотел зависими контракции на аортни пръстени и увеличаване на тензията в лявото предсърдие при плхове. При зайци отровата предизвиква преходна хипертензия, която е последвана от хипотензия и брадикардия. Артериалният поток намалява и животните умират заради настъпване на сърдечен арест. Тези ефекти могат да бъдат предотвратени от блокери на **Ca²⁺ йонни канали**. Отрова екстрахирана от нематоцисти и инжектирана интравенозно на анестезирани плхове предизвиква рязка хипертензия и брадикардия. Препаратите prazosin, атропин и ендотелинови рецепторни антагонисти не могат да предотвратят тези ефекти при плхове *in vivo*. Блокатори на **Ca²⁺ канали** (никардипин) предотвратяват ефектите на токсините и експерименталните животни оцеляват (*Noguchi* и сътр., 2005).

Carukia barnesi (ируканджи)

Тази медузка вероятно е най-добре познатата карибдея заради потенциално смъртоносният „ируканджи синдром“, който се развива след опарване от

нея. При този синдром най-живото застрашаващият ефект е ужасяващата хипертензия, която може да има за последствие остра сърдечна недостатъчност, съпроводена с белодробен едем и/или церебрална хеморагия. Още няма ясни доказателства дали *C. barnesi* е единственият причинител на синдрома „ируканджи“. Фармакологията на тази отрова слабо се познава. Предполага се, че отровата причинява силно увеличаване на количеството на катехоламините в кръвообращението, което води до горепосочените ефекти. Интравенозно въвеждане на фентоламин или подезични нитрати могат да подобрят или да обърнат симптомите. Прилагането на $MgSO_4$ намалява болката и хиперадренергичните симптоми. Тъй като сърдечната недостатъчност може да предшества хипертензията, директното кардиотоксично действие на токсина също е вероятно, но е наблюдаван само положителен инотропен ефект върху изолирани артерии от плх и морско свинче. Увеличената пропускливост за **Na⁺-йоните** вероятно тригерира освобождаването на катехоламини, тъй като тетродотоксинът блокира тахикардията на изолирани артерии от плх и от морско свинче.

Симптомите и клиничното развитие на ируканджи синдрома са много различни от симптомите на ужилване от *C. fleckeri*, което показва, че токсините, продуцирани от тези два вида са различни, въпреки че компонентите от противоотровата за токсините на *C. fleckeri* се свързват с компоненти от отровата на *C. barnesi*.





***Carybdea rastoni*; *Carybdea alata*; *Carybdea marsupialis*.**

Частично пречистен токсин (pCrTX), изолиран от *C. rastoni* предизвиква Ca^{2+} -зависими контракции в аорта от плъх. Такива не се наблюдават, когато разтворът е без наличие на калциеви йони, или след предварително третиране на аортните отрязъци с блокери на калциевите йонни канали. Тетродотоксинът няма ефект при pCrTX, но при промиване на лентичките от аортата с разтвор с ниско съдържание на Na^+ , значително намалява и количеството на контракциите. В относително малки концентрации (10^{-8} – 10^{-7} g/ml) токсинът причинява контракция на аортата на плъх и на морско свинче, но при по-високи концентрации (10^{-7} – 10^{-6} g/ml) релаксира аортата, която е преконтрахирана с нореpineфрин. Релаксацията се предотвратява от метиленово синьо или при премахване на ендотела, което показва, че pCrTX индуцираната релаксация се причинява от освобождаването на ендотелин релаксиращият фактор (*endothelium derived relaxing factor* (EDRF)).

Показано е също, че pCrTX е мощен активатор на тромбоцитите. Концентрацията, която дава 50% агрегиране на тромбоцитите е 1.8×10^{-7} g/ml от този токсин, докато колагенът, който дава същия ефект трябва да е в концентрация 2.3×10^{-6} . Ефектът на pCrTX е калциево-зависим, но блокерите на калциевите йонни канали са неефективни за предотвратяване на агрегирането на тромбоцитите. Предполага се, че увеличената катионна пропускливост на тромбоцитите в следствие на действието на токсина е на базата на безразборно деполяризиране на тромбоцитната мембрана. Пречистени токсини от *C. rastoni* – CrTX – I, -II, -III, получени от тентакли, също агрегират тромбоцитите чрез увеличаване на катионната пропускливост, допускайки навлизане на Ca^{2+} йони.

Бъдещи проучвания

Молекулярното характеризиране на токсични белтъци от кубомедузи е в зародиш, като до сега е охарактеризирана, успешно клонирана и секвенирана само малка група от такива хомоложни белтъци.

Белтъците от новооткритото семейство на токсините на кубомедузите са изключително интересни, защото те са мощни цитолизини с потенциал да бъдат летални и да причиняват кожна болка, възпаление и некроза. Токсините също така са най-изобилните белтъци в нематоцистните отрови и в тентакловите екстракти, което предполага, че те биха могли да са основната причина за проявените ефекти при хората. До сега са установени само леталните и локализираните ефекти на CrTX-A при системи на бозайници. Необходими са още проучвания, за да се изясни дали другите хомоложни токсини проявяват същите ефекти. Необходимо е и сравнително проучване на свойствата и на нивата на експресия на токсините на кубомедузите, които могат да помогнат да се обяснят вариациите в биологичните ефекти, причинени от отровите на различни видове кубомедузи, и най-вече родове *Carybdeida* и *Chirodropida*.

Механизмите, стоящи в основата на биологичната активност на токсините на кубомедузите са все още неизвестни. Предположения за вторичната структура обаче дават основание да се смята, че това семейство белтъци могат да действат като образуват α -нопу, което повлиява пропускливостта на клетъчната мембрана. Това от своя страна разрушава нормалните трансмембранни йонни градиенти. Валидността на тази хипотеза обаче не може да бъде проверена без да бъдат проведени критични биохимични, фармакологични и структурни проучвания. Предстои да бъде изучен молекулярният механизъм на взаимодействие на токсините с клетъчните мембрани. Изследвания изисква и специфичността на свързването токсин-рецептор. Тъй

като се натрупват все повече данни за секвенциите на хомоложни токсини на други кубомедузи, идентификацията на силно консервативни аминокиселинни остатъци и/или вторични структури, които са критични за механизма на образуване на пори могат да бъдат разграничени чрез насочена кДНК мутагенеза или химични модификации във функционални (експресионни) проучвания.

Трудностите, които се срещат по време на пречистването на биоактивните белтъци от кубомедузи са от основно значение при проучванията на техните отрови. Тези проблеми ограничават изследователите в предприемането на функционални и структурни проучвания, които са необходими за изясняването на молекулярните механизми на изолираните биоактивни белтъци. Продължаващата насока да се използват екстракти от изолирани нематоцисти, вместо интактна тентаклова тъкан изглежда, че ще успее да преодолее трудностите при сравнителните анализи на различните резултати при бъдещи изследвания. Проблемите свързани обаче с лабилността, неспецифичното свързване и лошото разделяне на белтъците по време на тяхното пречистване са по-сложни за преодоляване. Резултатът като цяло е намалено количество добив на чисти биоактивни белтъци. Технологиата на рекомбинантната експресия може да предложи алтернатива на изолиране на белтъците от кубомедузи.

Многогранността на ДНК библиотеките не трябва да се подценява при откриването на нови хомоложни токсини от отровни организми. В момента се използват други протеомни методи за характеризиране на отровата от кубомедузи, които включват 2-D гел електрофореза, пептиден мас-фингърпринтинг (пептиден пръстов отпечатък по маса) съчетан с единична масспектрометрия, и по-софистичния белтъчен анализ, който използва двойна масспектрометрия, която може да бъде свързана с течна хроматография.





Тюленът монах- изпятата песен на един изчезващ вид

Димитра Лефтерова
д-р Чавдар Черников



*„Тюркоазено-синият Протей,
Който пътува сред морската шир,
И колесницата му се движи от впрегнати риби
и двукраки коне.
Него, ние нимфите и древния Нерей поддържахме.
В негова чест, защото той знае всичко.
Така е, така е било и така трябва да бъде.
Знае всичко по волята на Нептун.
Негови са стадата от морски чудовища.
Неприятните тюлени, които той пасе на под-
водните ливади.”*

Вергилий, „Енеида”

Няма по-тъжна роля, от тази на автора, който трябва да пише за смъртта. Смъртта сама по себе си на един индивид е разстройваща, но смъртта на хиляди индивиди и изглежда на вида, поел по пътя на изчезването, е трудно описуема, а излагането и на лист хартия е почти непосилно тежка задача. Ние хората сме отговорни за изчезването или довеждането до изчезване на немалко видове по света. Тюленът монах или морския слон, както го наричат местните жители е един от тях.

Тюлените монаси принадлежат към надсемейство Перконоги (*Pinnipedia*), семейството на същинските тюлени *Phocidae*, подсемейство *Monachinae*. Съществуват три съвременни вида тюлени монаси : Хавайски тюлен монах (*Neomonachus schauinslandi*), Карибски тюлен монах (*Neomonachus tropicalis*) и Средиземноморски тюлен монах (*Monachus*

monachus). Карибският тюлен монах се счита за изчезнал вид, тъй като не е срещан от 1952 г. до сега. Смята се за един от малкото изчезнали видове в сегашно време. Хавайския тюлен монах е застрашен от изчезване вид, като се счита че в момента наброява около 1200 - 1300 индивида, ендемични за Хавайските острови, като бройката им намалява с приблизително 5% на година. Средиземноморския тюлен монах е критично застрашен от изчезване вид, към днешно време се счита, че наброява под 500 индивида. Тюлените монаси се считат за живи фосили.

Средиземноморския тюлен монах, наричан още белокореман тюлен, поради характерното бяло петно на корема е назоваван от местните морска мечка или морско теле. Като всички перконоги, крайниците му са видоизменени за плуване и така



Паметник на тюлена монах в местността Траката - Варна.



той обитава, както водата, така и сушата, близо до морския бряг. Тялото му е приспособено за плуване, закръглено, източено, вретеновидно и покрито с къси косми. Дебел слой подкожна мазнина, спомага добрата плаваемост и предпазва от загуба на топлината на тялото. Крайниците наподобяват плавници и с тяхна помощ, тюлените са добри плувци, а на сушата се придвижват тромаво. Оцветяването на тялото е тъмно кафяво до черно, сивкаво и по-светло коремно. През различните етапи от живота си, тези тюлени менят окраската си. Муцуната е леко издължена и заоблена. Дългите вибриси са бледо жълти до кафяви. Предните плавници са къси и покрити с косми, с малки нокти на всеки от петте пръста. Нокти има на всеки един от предните и задните плавници, но са редуцирани, в сравнение с други тюлени. Първия пръст на предния крайник е приблизително 25 мм дълъг, а останалите намаляват по дължина до петия пръст. Задните плавници са ориентирани назад и не могат да се завъртат напред. Тънка ципа,

покрита с косми свързва отделните пръсти. Опащата е къса и широка. На корема женските имат четири (2+2) сукателни зърна, за разлика от другите тюлени, които имат само две. Череп е по широк, отколкото дълъг и задното разширение на зигоматичната дъга на максилата е по-голямо, отколкото на другите тюлени. Зъбна формула I 2/2, C 1/1, PC 5/5 при възрастните, а млечните зъби са I 2/2, C 1/1, PC 3/3.

Средиземноморския тюлен монах е сред най-големите същински тюлени и има полов диморфизъм, мъжките са леко по-големи от женските. Средна дължина на мъжките достига 250 - 270 см, а женските 210 - 270. На килограми достигат от 220 до 360 кг. В миналото са регистрирани екземпляри, достигащи 3 - 3,5 метра. Новородените са със средна дължина около 100 см и приблизително тежат 14 - 22 кг. Новородените имат характерно бяло петно на корема, което е различно при мъжките и женските и по него може да бъде определен пола.

Въз основа на наблюдения се характеризират следните морфологични стадии на подрастващите тюлени:

- от 0 до 10 дневна възраст - типична много тъмна, черна козина, дълга 2 см, имаща мокър вид; коремното петно има жълтеникаво - оранжев цвят.
- От 10 до 30 дневна възраст – малките имат същата черна козина, която изглежда по-вълнната и пухкава; коремното петно изсветлява до бяло; тялото започва да придобива характерната заоблена, вретеновидна форма.
- От 30 до 50 дневна възраст - започва оформяне на кожата и козината на животното, поради това има петнист вид, една част от тялото е покрита все още с лануго, а друга е с вече оформена козина, къса на дължина и по-светла на цвят.



Female ventral patch



Pup



Male pup ventral patch

Коремно петно при новородени тюлени монаси. Вляво на женски индивид, вдясно на мъжки.





- От 50 дневна и повече възраст - тюленчетата изцяло вече са покрити с нова сивкава козина, по-тъмна на гърба и по-светла коремно; натрупали си известно количество подкожна мазнина, така че тялото изглежда по-дебело; светлото коремно петно постепенно прелива; този вид тюлените запазват до 4-5 месеца.

Тюленът монах има най-късата козина от всички тюлени, само 5 мм при възрастните. За разлика от други бозайници, имат необичайно линеене, като козината опадва на големи парчета, а през втвърдения епидермис пробива новата козина. Женски от колонията в Кабо Бланко линеят веднъж годишно, като пика на линеене е през март. Мъжките линеят от април до октомври, с пик през юни. Възрастните имат забележим полов диморфизъм във възрастовата окраска. Определени са 6 морфологични възрастови групи: 1/ Новородено/малко тюленче от 0 до 70 дневна възраст. Космената покривка е вълнеста, пухкава, тялото е в черна окраска, коремно има жълто-оранжево петно с различна форма при мъжките и женските. Първото линеене започва

приблизително 45 дена от раждането и продължава около 25 дни. 2/ Подрастващо тюленче - от 70 дни до 9 месечна възраст. Окраската е светло сива, видът е закръглен. 3/ Ювенилно - от 7 до 23 месечна възраст. Окраската е тъмно сива, видът на тялото е леко по-слаб от подрастващото. 4/ Юноша – от 18 до ? месечна възраст / все още се уточнява времевата продължителност на групата/. Окраската е от средно до тъмно сива. По гърба се наблюдават редица ивици, белези. 5/ Възрастен женски. Подобен на юношеския, но на гърба има повече белези, които формират отделен гръбен регион, гръбно петно или крило. 6/ Възрастен мъжки. Окраската е черна, с изключение на грлото и корема, където има бяло петно подобно на това при раждането. Гърба е осеян с белези, но нямат гръбно петно като на женската.

Бележите по гърба са в резултат на липса на космена пигментация, причинени от наранявания и търкания на индивидите един в друг. Гръбните петна са по-характерни за женските, отколкото за мъжките, което допуска вероятността да са причинени от мъжките при копулацията.

Къде и как живеят

Средиземноморските тюлени монаси?

Някога Средиземноморския тюлен е обитавал широк географски ареал. Колонии са се срещали по цялото Средиземноморие, Мраморно и Черно море. Бил е чест вид за Атлантическия бряг на Африка, южно от Мавритания, Сенегал и Гамбия, също така на Атлантическите острови Кейп Верде, Канарските острови, Мадейра и Азорите. В днешно



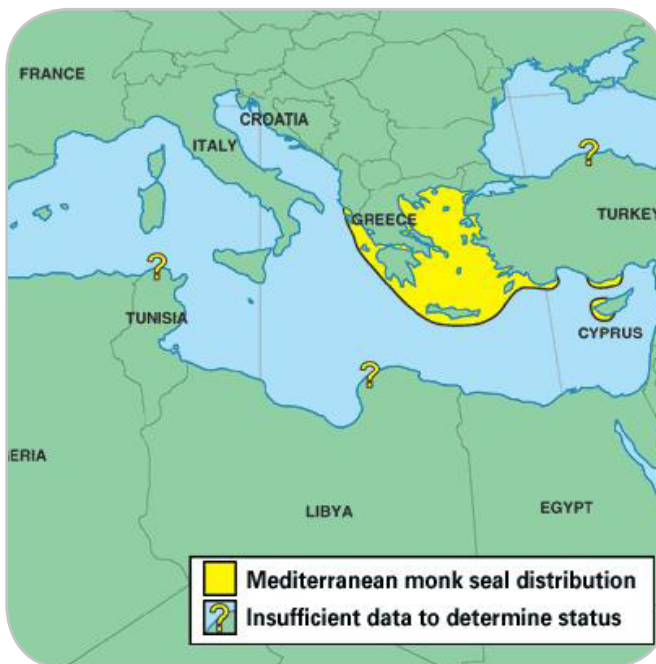
време, видът е изчезнал от повечето свои региони, претърпявайки силно намаляване на популацията си и фрагментиране на две малки, основни, отделни, отдалечени на 4000 км популации. Всичко това се случва за кратко време, основно през 20 век и продължава и до днес. Страните и островите, където се счита, че тюлена е изчезнал през последния век са Франция и Корсика, Испания и Балеарските острови, Италия и Сицилия, Египет, Израел и Ливан. Съвсем скоро видът е изчезнал от Черно море. В България последно е наблюдаван през 1975 г. Въпреки спорадичните наблюдения, *Monachus monachus* може да се счита за ефективно изчезнал в Сардиния, Адриатическите брегове и острови на Словения, Мраморно море, Тунис. Единствените две популации, останали от това популационно свиване са в Егейско море, по бреговете на Гърция и Турция и в североизточния Атлантически океан по брегове-





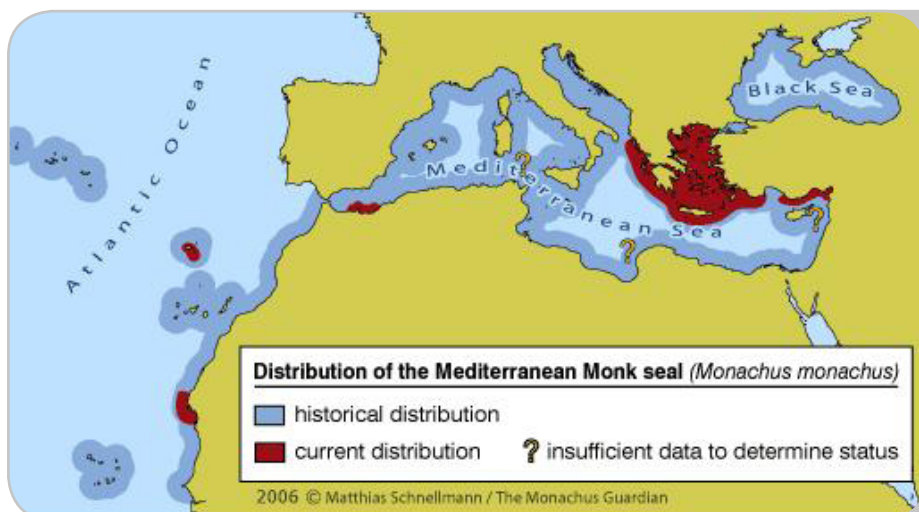
те на северозападна Африка. Счита се, че тези две популации са достатъчно отдалечени една от друга, за да няма контакт между индивидите.

Ако някога тюленът монах е бил обичаен вид за крайбрежните ивици, където стотици са се излежавали по пясъчните брегове, описани като стадата на морския старец Протей, то сега видът изключително само се среща по каменисти брегове, осеяни с подводни морски пещери, където се крие. Естественият хабитат на тюлена е пясъчния бряг, безопасен за новородените. Малките се раждали на плажа и необезпокоявано се излежавали и бозаели от майките си. Женската след 10 - 11 месечна бременност, ражда по едно малко, което бозае 3-4 месеца и след това става самостоятелно. Чест е бил случая, когато малкото бозае не само от своята майка. Сега са изключително редки случаите на раждане на открит пясъчен плаж. Това е наблюдавано в не-



Съвременен ареал на Средиземноморския тюлен монах.

обезпокояваната популация в Африка. Съвременен хабитат на тюлените са станали каменистите брегове, осеяни с различни подводни и надводни пещери, където тюлена се крие, за да се предпази. Това опещеряване на тюлените е станало в следствие на силното стесняване на естествените местообитания от човешката намеса. Хората преследват и убиват тюлените от хиляди години, но през последните два века това става причина за тяхното изчезване. Малкото останали индивиди са се приспособили към местообитания, където да бъдат защитени от намеса. В пещерите се раждат и малките тюленчета. Този нехарактерен, принудителен хабитат има своя риск. Чести се смъртните случаи на подрастващите тюлени, смъртно наранени от скалите при вълнение. Други съвременни фактори за опещеряването на тюлените са туризма (милиони туристи посещават годишно Средиземноморието), замърсяванията на плажовете с петрол и други отпадъци, преследването от рибарите.



Историческо (със син цвят) и съвременон (с керемиден цвят) разпространение на Средиземноморския тюлен монах. Отбелязан е и непотвърдения статус.





Какво яде тюленът монах?

Любимата храна на тюлените монаси са октоподите (обикновен октопод *Octopus vulgaris*). Храни се и с различни видове риба и ракообразни. Храната си търсят в близост до крайбрежията, като най-предпочитаната е тази, която е в най-голямо изобилие и най-лесно може да бъде уловена. Гмуркат се, като са наблюдавани гмуркания от 38 до 70 м дълбочина, с продължителност до 6 мин. Октоподи, омари и големи риби, се улавят най-лесно, като тюлена ги завлича до повърхността и разтърсва. Основно ловуват при прилив, рядко в период на отлив на водата. Преследват рибните стада и така могат да извършват сравнително дълги хранителни миграции. Често влизат в мрежите на рибарите, където доста добре се ориентират в устройството и ако не е обезпокояван тюленът може да влезе и излезе през входа, без да разкъсва мрежата. Когато обаче е изненадан от появата на риболовци, може да разкъса мрежата и да избяга. В мрежите избира от улова големите

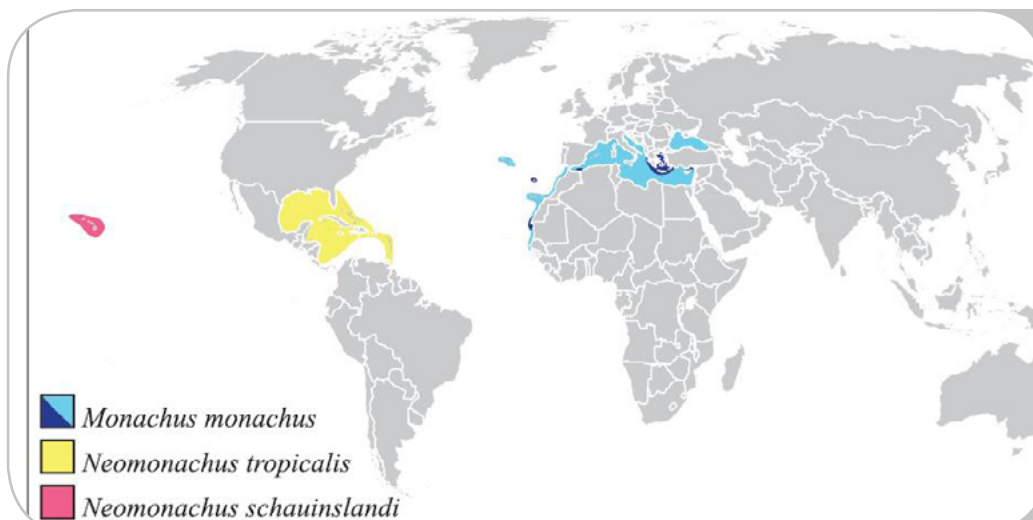
екземпляри, на които изяжда предимно страничните части (филетата), а главата, гръбначния стълб и опашката оставя недоядени. По същия начин „обелва“ паламуди и други риби. Навлизането на тюлена в рибарските мрежи от една страна му е спечелил враг в лицето на рибарите, които от векове го преследват като вредител. От друга страна не са малки случаите на заплитане, особено в полиетиленови мрежи и умъртвяване на тюлена.

Филогеография на тюлените монаси

Изчезването и западането на големи морски гръбначни животни има голямо екологично значение и е критично за морските екосистеми. Карибския тюлен монах *Monachus tropicalis*, последно виждан през 1952, е един от малкото видове изчезнали през историческо време. Все още се изяснява ево-

люционната биогеография на южните тюлени, както и отношенията между изчезналия вече Карибски тюлен монах и двата все още съществуващи Средиземноморски и Хавайски тюлени монаси.

Карибския тюлен монах *Monachus tropicalis* (Gray, 1850), за пръв път е описан от откривателите на Новия свят, експедициите на Колумб през 1494 и Хуан Понсе де Леон през 1513 г, е един от малкото големи бозайници, изчезнали през 20 век. До неотдавна този тюлен е бил широко разпространен в Карибския регион, включително по Карибските крайбрежия на Северна, Централна и Южна Америка, Бахамите и Големите и Малки Антили. Исторически популацията е наброявала 233 000 - 338 000 преди катастрофалния упадък на вида, предизвикан от безразборно избиване от човека, особено през 19 век. Последно видът е описан за видян през 1952 г и



Географско разпространение на Средиземноморския тюлен монах *Monachus monachus* (синьо), Хавайски тюлен монах (*Neomonachus schauinslandi*) /розово/, Карибски тюлен монах (*Neomonachus tropicalis*) (жълто).





Фотография на Карибски тюлен монах, направена през 1910 г в Ню Йорския аквариум.

от тогава се счита за изчезнал. Това е единственият пример за изчезнал вид морски бозайник в тропиците и сред малкото изчезнали видове в историческо време.

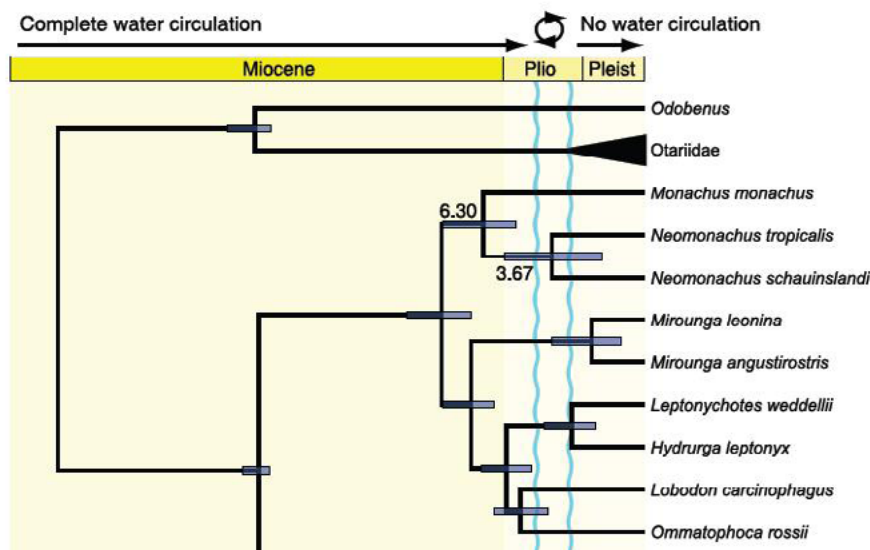
В началото на 19-ти век, хиляди Хавайски тюлени монаси (*Monachus schauinslandi*) били избити заради месото, кожата и маста. От 1893 до 1913 са били срещани само няколко тюлена около Северо-западните Хавайски острови и видът е бил на крачка от изчезването. След което започва бавно възстановяване на популацията и през 1958 г., популацията наброява приблизително 1182 индивида, а към днешно време около 1400 индивида. Ежегодно популацията бавно намалява, поради ниската ювенилна преживяемост, гладуване, преследване от акули, вируси, замърсяване и унищожаване на хабитати, заплитане в морски ловни мрежи. Видът е включен в Червената книга на IUCN като критично застрашен.

Филогенетичните и филогеографските отноше-



Хавайски тюлен монах

ния между трите вида тюлени монаси, както и систематичното положение на триба *Monachus* се изясняват и до днешен ден. Съвременни изследвания, основани на ДНК анализ на проби от трите вида тюлени монаси, сравнително анатомичен и морфологичен анализ отговарят на доста въпроси. Родът на тюлените монаси *Monachus* е монофилетичен и е възникнал от общ предшественик в източната част на Средния Атлантически океан преди около 6 милиона години. Следва разпространение на запад на общ предшественик за Карибския и Хавайски тюлени монаси и на изток, даващ съвременния Средиземноморски тюлен монах. Доста фосили на тюлени монаси са датирани от среден миоцен и плиоценски



Филогенетично дърво, основано на ДНК анализ на нуклеарни и мтДНК локуси. Ясно се обособява монофилетизма на *Monachus*, появата му преди около 6млн години и разделянето му на два триба - Средиземноморски тюлен монах *Monachus monachus* и отделените в нов род *Neomonachus*, Хавайски (*Neomonachus schauinslandi*) и Карибски (*Neomonachus tropicalis*) тюлен монах. Горе е указано циркулацията на вода между Тихия и Атлантическия океани преди и след появата на Панамския провлак.





находища в Европа, северозападен Атлантик, Тихоокеанските брегове на Южна Америка, което кара редица автори да твърдят, че най-вероятно този вид тюлени да се били доминиращи за Северния Атлантически океан до плиоцена, като съвременното разпространение може да се предположи, че произтича от изчезване на видовете от по-високи географски ширини и заместването им с други видове тюлени.

Филогенетично дърво, основано на ДНК анализ на нуклеарни и мтДНК локуси. Ясно се обособява монофилетизма на *Monachus*, появата му преди около 6 млн години и разделянето му на два триба - Средиземноморски тюлен монах *Monachus monachus* и отделените в нов род *Neomonachus*, Хавайски (*Neomonachus schauinslandi*) и Карибски

(*Neomonachus tropicalis*) тюлен монах. Горее е укавано циркулацията на вода между Тихия и Атлантическия океани преди и след появата на Панамския провлак.

Морфологични и генетични изследвания потвърждават близостта на двата тюлена монаси на Новия Свят - Карибски и Хавайски. Разликите на тези два вида, спрямо Средиземноморския тюлен монах са такива, че позволяват отделянето им в отделен род *Neomonachus*. Анализа потвърждава, че затварянето на Централно Американския воден път след завършването на Панамския провлак играе съществена роля в еволюцията и разпространението на двата тюлена монаси от Новия Свят. Ясно е, че двата вида се отделят именно по това време и остават изолирани от двете страни на Панамския провлак. Точната датировка на завършването на Панамския континентален мост, който води до Големата Американска Биотична Обмяна на суходоземните екосистеми, не е точно определен, но е около от 4 до 2 млн години. За дивергенцията на двата тюлена от Новия Свят е изчислено време отпреди 3,67 млн години, което съпада с появата и завършването на Панамския провлак и ограничаването на циркулацията на вода между двата океански басейна, Тихи и Атлантически, което именно подкрепя идеята за видообразуване вследствие на изолация. Най-вероятно общия предшественик на двата вида е бил широко разпространен по крайбрежията на Централна Америка през късен плиоцен. Окончателното затваряне на водния път от Панамския провлак, което е

станало преди около 2,5 - 2 млн. години, създава две алопатрични популации, дали появата на двата вида тюлени монаси - Карибски и Хавайски.

Защо тюлените монаси се наричат така?

Името монах е предложено от Йохан Херман през 1779 г., когато този естественик публикува първото модерно описание на вида, основано на наблюдения върху затворен екземпляр, който той открива в едно пътуващо шоу в Страсбург. Херман предлага името на животното *Münchs-Robbe* (*Phoca monachus*), поради това, че той смътно си спомнял описание на животно, приличащо на отшелник в Марсилия, за което предполагал, че е същото това животно. По някакъв начин тюленът при своето движение и заставане на края на басейна, с раменете





и главата, му наподобявал молец се монах. Херман не смятал да променя името. Името се свързва и с антични описания още от времето на Римската империя. Плиний Стари отбелязва поразителната прилика между налягалите по плажовете тюлени и шествие от монаси. Аристотел също описва този вид в своите трудове. Де факто в римско време тюлен монах е бил познат като Фока или морско теле (*Vituli marini*), поради характерните звуци, наподобяващи мучене.

Тюлен монах в античността

Не малко са свидетелствата, че това животно е било познато, и то много добре, на хората от античния свят. Нещо повече, тюлен монах е бил много числен и обичаен вид за крайбрежните ивици. Споменат е в над 200 съчинения на автори от Елинския, Римския и Византийския период. Тюленът монах е играел важна роля в много митове и легенди. Негово описание има в „Одисея“ на Омир и други старогръцки извори. Според старогръцките легенди и митове, Протей е „старецът от морето“, който „пасял многобройните стада“ от морски същества, включително и стадата от тюлени. Описанието на самия Протей, съгласно Омир, доста наподобява тюлен монах. Протей е считан, че притежава магически сили и поради това, неговите „овце“ тюлените, също са били магически животни и са считани за много полезни при правенето на магия. В по-късен фолклор, тюлените са свързвани с носенето на нещастие. Макар това поверие да се счита, че се основава на желанието за освобождаване от угризения на съ-



вестта на ловците, избивали тюлените – „хората на морето“, носещи мистични сили, които са плачели, когато ги убиват.

Тюленът монах е вдъхновявал не малко митове и легенди от фолклора на античността и на Средновековието, където най-често е описван като русалка, нимфа или сирена. Одисей прибирайки се към дома, по пътя е привлечен от коварната песен на сирените, които привличали моряците към каменисти брегове. Клавдий Елиан също пише за „морските тела“, които лежейки по плажовете и скалите, издавали смразяващ вик. Който чуел този вик, скоро след това умирали. Сега е ясно, че майките предупрежда-

ват малките тюленчета за приближаваща опасност с пронизителен вик. Но за хората от античността, плаващи с месеци в необятната морска шир, налягали-те тюлени и виковете, които издават, им се стрували мистични и опасни.

По-нови елински легенди разказват, че майката на Александър Велики е била тюлен, а сестра му русалка. След смъртта на Александър, сестра му пресрещала корабите и питала моряците дали е жив. Ако моряците отговорели, че е мъртъв тя предизвиквала бури и смъртта им. Затова се носел мита, че ако моряците срещнат сестрата на Александър, трябва да и отговорят „Той живее и царува“.

Фокида и Фокея носят името на тюлена и са го поставили като свой символ. „*Phokos*, *Φῶκος*“ е древногръцкото наименование на тюлен. Една от легендите разказва, че Фок е син на Еак, цар на Егина и nereидата Псамате. Псамате, бягайки от Еак се превръща в тюлен и после ражда в морето Фок. В „Метаморфозите“ на Овидий се разказва за старецът Цефизус, речен бог във Фокида, който се оплаква от зловещата съдба на внука си, превърнат от Аполон в дебеличко морско теле. Фокида е бил силен икономически район в Древна Гърция. Името му се свързва с легендата за Фок, който бива убит от полубратята си и заровен в гората. Фокея е старогръцки град, върху който сега съществува турския град Фоча на Егейското крайбрежие. Легендите за града също разказват за Фок и неговата майка тюлен. Основаването на града се записва от Павзаний, който през 2 в. в своя „Пътеводител на Гърция“





отбелязва, че Фокейците са родени на земята под Парнас, която все още се нарича Фок (тюлен).

Образът на тюлена монах присъства и в античното изкуство. От областта Фокида са намирани съдове с изобразени тюлени, сребърни и златни монети, печатани с образа на тюлен. В разцвета си Фокея е бил важен военен и търговски център. До 6 век преди н.е. е бил един от най-големите градове в света, а неговите крепостни стени са били 5 км дълги. Според Херодот, фокейците са били най-добрите елински мореплаватели и техните кораби достигали до бреговете на Испания. Фокейците се считат за основатели на Марсилия (тогава Масалия), град който също избира за емблема тюлен.

Въпреки мистичното му описване в легендите, тюленът монах е бил определян от хората като мръсен, миризлив и със зловен характер. В редица творби тюлените са описани дори като разкъсващи човешка плът. Демонизирането му опрощавало и извинявало безмилостното му избиване през вековете. В Ливан и Турция по-нови легенди твърдят, че нараняването на тюлена носи смъртен грях, но въпреки това той е повсеместно избит. Негативните описания на тюлена датират от ранна история и редица автори като Теокрит, Овидий, Аристотел и Плутарх, не остават безпристрастни в своите творби.

Хората са гледали на тюлените като ценен природен ресурс още от времето на заселването си по Средиземноморските брегове. Кости на тюлени са намирани при археологични находки на хора от палеолита, т.е. тюлените са ловувани за храна и дрехи

още от каменната ера. Ловът на тюлени е бил важна дейност на хората по крайбрежието, особено на бедните рибари, които са използвали за основни нужди кожата, месото и маста. Но основните виновници за упадък на вида не са бедните рибари, а всички доказателства сочат към Древен Рим и неговата историческа роля в унищожението на Средиземноморската флора и фауна. Тюлените биват избивани не само заради месото, ценни и скъпо са се продавали кожата им, както и редица техни части, участващи в магически и медицински ритуали. Безспорно най-сериозен дял в тяхната участ има уловът им за римските църкове. Хиляди животни са умирали на път или на арените, убивани за удоволствие на тълпата. Това е продължавало хилядолетие. Древните текстове показват, че дълги години пазарът на тюленови кожи и техни субпродукти е бил изключително активен. Това продължава до около 300 г. от н.е., когато вече видът бележи явен упадък и става изключително рядък. Въпреки това все още продължава търговията му. Стадата от мръсни и миризливи тюлени присъстват само в легендите за Протей.

Необичайните качества на тюленската кожа се споменава в много древни текстове, включително в Библията, Одисея, Дионисиада и др. Нейната здравина и износоустойчивост е била забележителна и редица владетели са се възползвали от това нейно предимство. Когато видът запада, цената на тази кожа се вдига неимоверно и тя се превръща в луксозна вещ, привилегия само на богатите. Тюленската кожа е имала едно качество, което я е правило

изключително ценна за всички мореплаватели. Козината на кожата настръхва, когато приближава буря и времето се разваля, а се сляга когато времето се оправя. Този естествен барометър и това така чудно свойство, правели тюленската кожа желана от всеки пътешественик, който обикновено купувал скъп колан от тюленска кожа и го слагал на пояса си. Изключително популярно било суеверието, че тюленската кожа предпазва от светкавици и гръмотевици. Ако човек прекара тюленска кожа през имота си, то никога гръм няма да го удари. Наметало от тюленска кожа предпазва човек от гръм. Задължително било на корабите да има парче тюленска кожа, която да ги предпазва от гръм и буря.

В античността суеверието, поверията и изцелението са се преплитали. Така тюленът, като магическо животно е намирал най-странни приложения за медицински цели. Едни от най-популярните медицински приложения на тюленът по това време са: десен плавник под възглавницата лекува от безсъние, а стомашно съдържимо от тюленче кърмаче е било незаменимо и сигурно средство за лечение на епилепсия. Жени с проблеми на гениталиите са лекувани с дишане на пушек от горена тюленска козина. Плиний Стари в своята 37 томна „Естествена история“ включва няколко хиляди лекарства, включително и тези от тюлени. Този негов труд е бил изключително популярен не само в античността, но и в Средните векове и по време на Ренесанса, втори по признание след Библията и Евклидовата математика. Аристотел и Хипократ също включват редица ме-





дицински приложения в своите трудове. Именно тези рецептури, основани до голяма степен на суеверия и легенди, играят не малка роля в преследването на вида с цел търговия. Рецептурите са били предавани и преписвани от антични до ренесансови времена и активно прилагани в действие.

Двубоя между рибарите и тюлените по исторически данни датира от древни времена до днешен ден. Още от древни времена тюлените са набеждавани, че крадат рибата на рибарите и вредят на улова им, поради това биват безмилостно преследвани. До днешен ден продължават да умират тюлени заплетени в рибарски мрежи.

Тюленът монах от падането на Римската империя до 20 век

Макар към 300 г.от н.е, тюленът монах да бележи видим спад и вече да се среща рядко по крайбрежията, по време на Тъмните векове той по някакъв начин частично възстановява ръста на популацията си. Многобройни са свидетелствата, че видът е преследван основно за кожи и мас до 20 век.

След падането на Римската империя през 5 ти век, Европа навлиза в тъмните векове. Единствените източници за знания за природата са били пречупени през призмата на юдео - християнството и оформени от мирогледите на църквата. „Физиолог“ е един сборник от описания и легенди, чиито автор се отнася в Александрия през 2 - ри век от н.е, е единствената и най-влиятелна книга, освен Библията, даваща сведения за естествения свят през времето на тъмните векове. В началото на 11 век



в Бенедиктинското абатство Монте Касино попадат творби на Гален и Хипократ, а също така и сборник наречен *De quadrupedibus*, описващи медицински приложения, лечение на редица болести, рецептури и предписания. Там Константин Африкански, лекар познаващ древните езици, превежда и преписва 37 медицински трактати от арабски, гръцки, латински и персийски източници. Тогава се завръщат и рецептурите, свързани с тюлена монах. През 13 век фламандския духовник Гийом де Мьорбек се счита, че пръв превежда на латински трудове на Аристотел и по този начин възстановява Аристотеловите трактати за ранните естественици от Средните векове и Ренесанса. Така отново се реабилитират описанието, приложенията и рецептурите, преплетени с легендите и поверията за средиземноморския тюлен. Основен привърженик, наложил аристотелизма в Европа през Средните векове е Алберт Велики. В

„За животните“, Алберт Велики преписва Аристотеловото описание за средиземноморския монах. Така влиянието на античните автори върху развитието на зоологията в Ренесансова Европа е било толкова голямо, че повечето от трудовете на авторите са били преплетени с древни поверия и погрешни схващания и дори описания. Конрад Геснер от Цюрих се счита за баща на съвременната зоология със своя труд *„Historiae Animalium“*, публикуван през 1551 г. в 5 тома и хиляди страници, посветени на животните от Стария и Новия свят. Конрад полага основите на съвременната зоология с описания, заимствани от Аристотел и Теофраст. Редица други автори от това време, като Гийом Ронделе, Пиер Белон, Улисе Алдрованди и Иполито Салвиани също са повлияни от Аристотеловите трактати, но те всички заедно павират пътя на Карл Линей и неговата *„Systema Naturae“*, излязла 1735 г. и положила основата на съвременната видова биноминална номенклатура. Всички тези автори, въпреки своята ерудиция, заслуги за развитието на съвременната зоология, все пак се повлияват от преданията и легендите и преписвайки информацията, предават едно свръхестествено описание на средиземноморския тюлен. Това се случва, защото в онова време, за тези натуралисти е било по-важно да се работи с книги и в кабинет, отколкото да се обикаля и да се прави действително описание на място.

Средиземноморския тюлен монах продължава да е част от фолклора и през този период. Описание за „хората от морето“, морски чудовища, сирени,





русалки и nereidi, увличащи моряците към смъртта им, продължават да се носят от древна Гърция, през средновековна Мадейра към ренесансова Италия. Тези застрашителни, опасни и по най-различен начин зловещо набедени тюлени, отвличащи жени и атакуващи рибарите, намерили различни преобразувания в хорските поверия, са вкоренени от античните митове и дори намират отражение в сериозните научни трудове и енциклопедии от времето на Ренесанса. Така може да се проследи отношението на човека от Античността до Ренесанса към средиземноморския тюлен, като същество зловещо, вредно и неприятно, което трябва да бъде унищожавано. Отношение потопено в суеверие, страх и невежество. Избиването на тюлените продължава до почти пълното им изстребване през 20 век, основно за кожи и мас. Един от последните „бастиони“ на средиземноморските тюлени остават западно африканските брегове, където те са се излежавали с хиляди по плажовете и каменистите брегове. През 1434 г. португалски изследователи на нови земи акостирали по тези брегове и откриват „находището“ на тюлените. Веднага се започва активно печалбарско избиване на тюлените за кожи и мас. Колонизаторските кораби продължават „златните“ си похождения по африканските брегове и през следващите векове. Автори отбелязват за успешно натоварване на кораби с кожи и тюленска мас, които струват скъпо по онова време, през 1562 г. През 1932 г. френския натуралист Теодор Монод вече критикува сериозното разграбване на Африка и отбелязва, че

това води до застрашаване на природата и нейните богатства, отбелязва сериозния упадък на животинските видове и предупреждава, че се налага те да бъдат опазвани.

Атлантическите архипелази – Мадейра, Азорите и Канарите, също са били населявани обилно със средиземноморски тюлени монаси. При първите им описания, те са определяни като островите на морските хора или на морските вълци. След колонизирането им през 13-14 век, започва усилено избиване за кожи и мас на тюлените и през 16-ти век тези животни стават изключително редки.

В страните от Средиземно море, кожата на тюлените продължават да са много ценни и широко потребявани с различни цели, от волски впряг до колани на моряците, от туники и ръкавици до обуца (навуца). От бедните моряци, кожата са се използвали за завивки и зимни облекла. Макар и по-рядко, но има случай на използването на месото на тюлена за храна. Продължава употребата на тюлена по вярвания и предубеждения, а също така и за медицински цели.

Тюлените са се убивали трудно, поради дебелината на кожата и натрупаната подкожна мас. Хиляди описания има на ловни тактики, успехи и неуспехи в лова и убиването на тюлени.

Макар римските циркове, където тюлените са пускани срещу мечки и тигри, да са останали далеч в миналото, в Ренесанса обичайно било да се ловят животни за пътуващи циркове и атракции. Тъй като много хора от континента не са били виждали



такова животно, интереса към „човека от морето“, „говорещата риба“ е бил голям. За съжаление не малка част от тези тюлени са умирали бързо, поради невежеството на своите надзорници и тежките условия на пътуванията. Тюлените били лесни за опитомяване, бързо усвоявали различни номера и били много привързани към своите дресьори. Противно на много митове, легенди и древни предания, тюлените имали благ характер, добронамерени към хората.

Не малко средиземноморски тюлени са улавяни и убивани за колекциите на музеи, зоопаркове и менажрии. Редица известни, реномирани музеи и колекционери плащали добре за улавянето на тюлени за своите колекции. Естествено никой по-късно не обявявал официално как насилствено е придобил своя екземпляр, а напротив тюлените са излагани с благовидните описания на злощастно събитие, кое-





то е довело до тяхното препариране. Зоопарковете давали мило и драго за жив екземпляр. За съжаление много е ниска преживяемостта на тюлените в зоопарковете, поради трудна адаптация на вида и небрежно и неправилно отглеждане.

Съвременен състояние на тюлените монаси

Средиземноморски тюлен монах

Средиземноморският тюлен монах е най-застрашен морски бозайник, включен в Червената книга на IUCN като критично застрашен вид. Причините за това положение са: висока смъртност на възрастни и ювенилни форми от директно убиване, най-вече от рибари; от оплитане в рибарски мрежи; от човешка намеса – най-вече туризъм, риболов и корабоплаване; повишена смъртност на новородените, поради загуба на естествения хабитат; гладуване; заболявания; намалена раждаемост и смъртност на новородените поради инбридинг. Популационният статус на вида по географски региони:

- Кабо Бланко - През 15 век тюлените монаси са наброявали поне 5000 индивида само на залива Дакла, а като цяло са били хиляди и поради това са били убивани за кожи и мас. Преексплоатацията и разрушаването на хабитати води до бърз упадък на вида. До 1997 г. там все още е била най-многочислената популация, наброяваща около 300 индивида. През 1997 2/3 от популация измира поради токсини от морски цъфтежи или от морбили

вирус. Днес популация наброява не повече от 130 индивида.

- Мадейра - Поради масово избиване, тюлена монах е на път окончателно да изчезне. Днес има не повече от 26 - 28 индивида.
- Егейско море, Гърция и Турция - Днешната популация наброява около 300 индивида, разпръснати на дългата няколко хиляди километра крайбрежна ивица на малки и големи острови.

Двете основни популации са отдалечени на близо 4000 км. Малка е вероятността те да си комуникират помежду си, поради голямото разстояние. Въпреки това, генетични изследвания показват ниска хетерозиготност на двете отдалечени популации - в Егейско море и в Атлантика. Това се обяснява, с това, че разделението е настъпило твърде скоро в историческо време и все още не са стабилизирали каквито и да са генетични различия. Освен това общата популация е преживяла сериозно свиване и инбридинга е висок. Учените препоръчват изкуствено смесване на двете отдалечени популации, за да се засили хетерозиготността на вида и по този начин да се увеличи шанса му за оцеляване.

Тюлена монах е защитен от редица международни конвенции и закони в целия си ареал. Защитени територии са създадени на островите Десертас, архипелага Мадейра и Северните Споради в Гърция. В ход са редица планове за създаване на още защитени територии по местообитанието на вида. Вниманието на природозащитниците е насочено към



В случай, че разпознаете тюлена монах на територията на нашето Черноморие, важно е да направите следното:

1. В никакъв случай не го безпокойте, освен ако не е ранен.
2. Фотографирайте го, за да може да се установи наистина ли сте срещнали морска мечка. Отбележете датата и мястото на фотографянето.
3. За да съобщите се свържете с:
**професор, д.б.н Златозар Боев от
Национален
Природонаучен музей - София:**

087 7089048 / 02 9885115 (в. 620, 640)
boev@nmnhs.com / zlatozarboev@gmail.com
<http://boev-nmnhs.hit.bg>





Хавайски тюлен монах

Този тюлен монах е избиван за кожи и мас почти до пълното му унищожение през 19 век - от 1805 (годината на първото му описание) до 1886г. Днес видът е ендемичен и основно е разпространен на Северозападните Хавайски острови, където по съвременни данни наброява около 1400 индивида. Видът е описан като критично застрашен в Червената книга на IUCN. Съвременни причини за намаляване на популацията са основно антропогенни. Оплитане в рибарски мрежи; натравяне с токсини; гладуване поради намаляване на рибата от прекален улов от човека; разрушаване на хабитатите; обезпокояване от туристи; военните американски бази и техните учения, свързани с замърсяване и разрушение. Тези основни фактори заедно с нападения от акули, нисък репродуктивен успех и висока ювенилна смъртност, вирусни заболявания, са също решаващи за тежкото положение на популацията. Генетични изследвания показват изключително ниска хетерозиготност на популацията, което е показателно, че тя е силно застрашена поради липса на адаптивност. Териториите на Хавайските острови, населени с тюлени са защитени територии. Има създадени много програми за консервация, предпазване, отглеждане на наранени и изоставени тюленчета, както и многобройни изследвания за статуса и положението на вида. Всички те се правят така, че видът да не се чувства обезпокояван.

Важни връзки:

<http://www.monachus-guardian.org/index.html>

<http://www.mom.gr/displayTM1.asp?ITMID=31&LANG=EN>

Карибски тюлен монах

Наблюдавайки Карибските „морски вълци“ на брега на Санто Доминго през 1494 г., Колумб нарежда да се убият осем от тези животни за храна и така открива експлоатацията на вида от Европейските емигранти, които идват тук. Това унищожение продължава до 20-ти век, като ловците понякога са убивали стотици животни на вечер. Карибския монах тюлен е бил избиван и от учени за своите научни и музейни колекции, улавян за зоопаркове. Така последния видян тюлен е бил на Серанила Банк през 1952г, с което се слага точка на съществуването на този вид. От хиляди тюлени, излежаващи се необезпокоявано по плажовете на Карибите, до последния видян жив тюлен.

В онова време, Карибския или още Западно Индийския тюлен монах, обитавал Карибско море, северозападно от Мексиканския залив, от Бахамите до Полуостров Юкатан, южно по продължението на Централно Американските крайбрежия, на изток до Северните Антили. Има данни и за югоизточните САЩ.

Видът е включен в Червената книга на IUCN като напълно изчезнал от природата. Описван е като добродушен и лесно достъпен, неагресивен вид. Живял е по пясъчните и каменисти крайбрежия и острови. Хранел се е със змиорки, омари, октоподи и риби.

литация на наранени и изоставени малки тюлени. Въпреки всички усилия, спадът на вида е все още голям и не е изключено той напълно да изчезне в близко време.

В България средиземноморския тюлен монах за последно е бил виждан през 1975 (Созопол) и после 1979 (Калиакра). Единични непотвърдени съобщения има през 1981 и 1985 г. Видът масово е избиван от рибарите в средата на века, като вредител на мрежите и улова. Тюлените са се срещали край Маслен нос, от местността Кастрич до с. Резово, край нос Калиакра. Село Тюленово е кръстено на тюлена, поради подводните пещери в местността, които са били населявани от потомствата на двойка тюлени, пуснати на свобода тук от румънската кралица Мария. Днес тюлена монах се счита за изчезнал вид за българската фауна. Макар местообитанията, подходящи за неговото завръщане да са включени в защитени зони, бъдещето е негативно.





You Tube

*Mittelmeer-Mönchsrobbe /
Mediterranean Monk Seals*



You Tube

diving with monk seal



You Tube

*MOM - Hellenic Society for the Study
and Protection of the Monk Seal*

