

природа

www.baspress.com

природа

МЕЧКАТА

Земетресения сред вечните ледове

Деветашката пещера

Гравитационните вълни най-сетне засечени

Паркинсонова болест



Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“

Списание „Природа“ вече и
в електронен вариант



Уважаеми читатели,
Във връзка с повишения интерес към някои броеве на сп. „Природа“, които вече са изчерпани, Издателството на БАН „Проф. Марин Дринов“ и Редакцията на списание „Природа“ решиха да предоставят на читателската аудитория е-изданията им. Може да ги намерите на сайта на Издателството в секцията Е-КНИГИ. Поръчката им става по електронен път – <http://baspress.com/catalog.php?l=b&t=e>.

www.baspress.com

**Тарифи за публикуване
на реклама в сп. „Природа“**

IV корица – 600 лв.

Вътрешна корица – 500 лв.

Вътрешна страница – 400 лв.

½ страница – 300 лв.

¼ страница – 150 лв.

природа

Научнопопулярно списание
на Българската академия на науките

Излиза от 1893 г.

Редакционна колегия

акад. Евгени Головински (гл. редактор)

egolovinsky@abv.bg

акад. Васил Големански

v.golemansky@abv.bg

доц. Мая Гайдарова

mayag@abv.bg

доц. Стефан Манев

steff56@abv.bg



*На корицата:
Кафява мечка*

*Снимка:
Ловно
стопанство
„Априлци“*

Издава



Издателство на БАН
„Проф. Марин Дринов“

Катя Пеева (редактор)

k_peeva@aph.bas.bg

Десислава Георгиева (графичен дизайн)

Адрес на редакцията

София 1113, ул. „Акад. Георги Бончев“, бл. 6,
ет. 2, стая 208, тел. 02 871 80 78, 02 979 34 50
www.baspress.com

ISSN 0032-8731

СЪДЪРЖАНИЕ

Новини от науката

- Деница Стайкова**
Гравитационните вълни
най-сетне засечени! 4

Човекът

- Николай Лазаров**
Невробиология на емоциите 12
Иван Миланов
Паркинсонова болест 18

Бяла планета

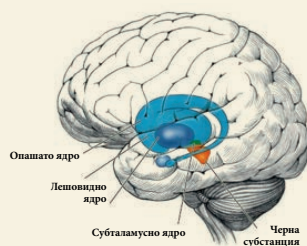
- Гергана Георгиева**
Земетресения сред вечните
ледове 22

Науката не е от гнес

- Стефан Манев**
История на откриването
на химичните елементи
(от древни времена
до декември 2015 г.) 28

Дати от историята на науката

- Евгени Головински**
Фридрих Вьолер и химичният
синтез на карбамида 34



Химията в бита

- Ивелин Кулев**
Берлинско синьо – реактив, боя
и лекарствено средство 38

2015 – Година на светлината

- Веселин Страшилов**
Френел и вълновата оптика 46

Хоризонти на науката

- Чавдар Стоянов, Димитър
Тонев, Динко Динев**
Съвременни приложения
на ядрените методи
в медицината 54

Зелена планета

- Васил Големански**
Живи електрогенератори 64
Петър Генов, Атигдже Ахмед
Мечката 70

Вещества, за които се говори

- Евгени Головински**
Рицинът – коварната отрова 80

Екология

- Васил Симеонов**
Черната смърт и промените
на околната среда
в средновековна Европа 84

Отечество любезно

- Алексей Жалов**
Деветашката пещера 90

Личности

- Мая Гайдарова**
Херон от Александрия –
изобретателят фокусник 102

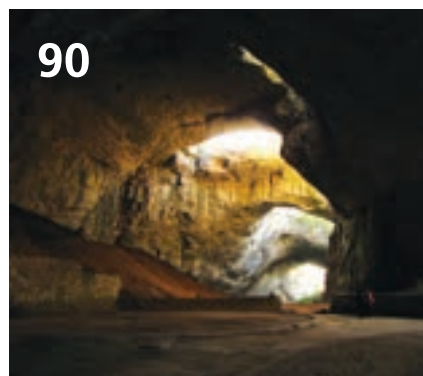
Многостранните таланти

- Евгени Головински**
Голямото дело на един скромен
гений (250 години от рождени-
ето на Джон Далтон) 106

Годишнини

- Пенчо Маркишки**
Един век от въвеждането
на Григорианския календар
в България 110

90



102



CONTENTS



70

News from Science

- Denitsa Staykova**
Gravitational Waves Finally Detected! 4

The Man

- Nikolay Lazarov**
Neurobiology of Emotions 12
- Ivan Milanov**
Parkinson's Disease 18

White Planet

- Gergana Georgieva**
Earthquakes in Permafrost 22

The Science is not from Today

- Stefan Manev**
History of the Discovery of Chemical Elements
(From Ancient Times to December 2015) 28

Dates in the History of Science

- Evgeny Golovinsky**
Friedrich Wöhler and Urea Chemical Synthesis 34

Chemistry in Everyday Life

- Ivelin Kuleff**
Prussian blue – Reagent, Paint and Antidote 38

Year of Light 2015

- Veselin Strashilov**
Fresnel and Wave Optics 46

The Horizons of Science

- Chavdar Stoyanov, Dimitar Tonev, Dinko Dinev**
Modern Applications of Nuclear Techniques in Medicine 54

Green Planet

- Vassil Golemsky**
Living Generators 64
- Petar Getov, Atidje Ahmed**
The Bear 70

Substances We Talk about

- Evgeny Golovinsky**
Ricin – the Insidious Poison 80

Ecology

- Vassil Simeonov**
Black Death and Environmental Changes in Medieval Europe 84

Homeland so Kind

- Alexey Jalov**
Devetashka Cave 90

Personalities

- Maya Gaydarova**
Heron of Alexandria – the Inventor Magician 102

Multi-talented

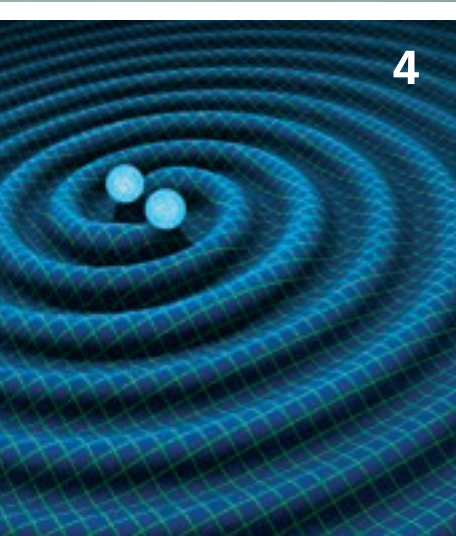
- Evgeny Golovinsky**
The Great Work of a Humble Genius (250th Anniversary of John Dalton) 106

Anniversaries

- Pencho Markishki**
A Century since the Introduction of the Gregorian Calendar in Bulgaria 110



22



4





Гравитационните вълни най-сетне засечени!

Деница Стайкова

Засичането на гравитационни вълни вече десетилетия наред е една от най-големите мечти на астрофизиката. Мистериозни и неуловими, родени от едни от най-зрелищните събития във Вселената, те носят в себе си обещание за ново измерение в познанието ни.

Също както подводните земетресения предизвикват вълни цунами, носещи се на хиляди километри към далечни брегове, така и мощта на някои астрофизични процеси предизвиква вълни

в тъканта на пространство-времето, които пренасят на огромни разстояния информация за източника си. За разлика от разрушителната сила на цунамито обаче гравитационните вълни са почти незабележими, поради което и откритието им бе посрещнато с такава радост от научната общност. Защото на 11 февруари 2016 г. говорители на LIGO (съкращение за лазерно-интерферометрична обсерватория за гравитационни вълни) обявиха пред света, че са засекли гравитационни вълни! Родени най-вероятно от бурното сливане на две черни дупки в трета, тяхното откритие сложи край на продължилата повече от 40 години битка с технологиите и постави началото на нова ера в астрофизиката – тази на гравитационната астрономия.

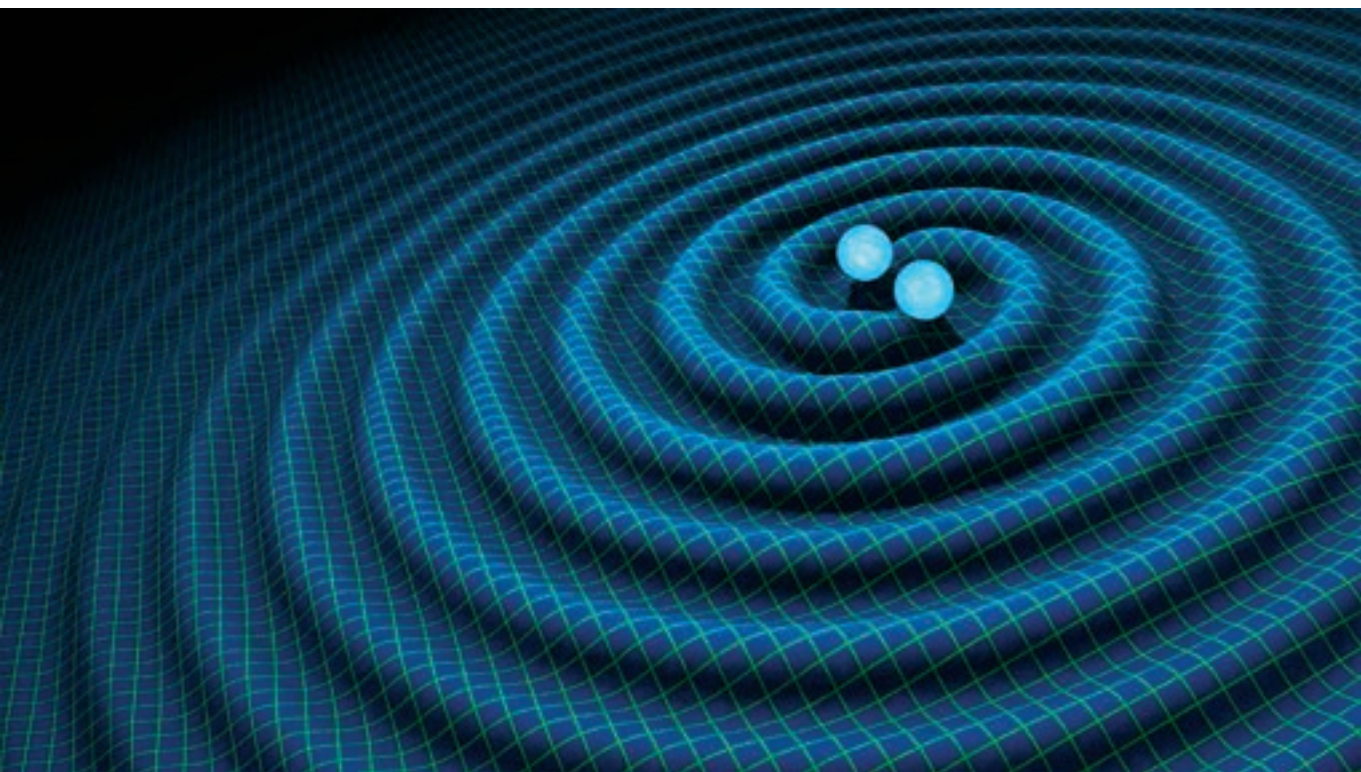
В рамките на първите 24 часа основната статия за откритието беше свалена

над 229 000 пъти. Освен нея същия ден бяха публикувани още 12 съпътстващи статии, а през цялата следваща седмица бяха проведени десетки академични семинари по темата в различни

точки на земното кълбо. За какво е целият този шум?

Гравитационните вълни са предсказани в работа на Алберт Айнщайн (Albert Einstein) през далечната 1916 г. като решения на линеаризираните едноименни уравнения в режим на слаба гравитация. Тогава той ги определя като незначителни поради изключително малката им амплитуда, непосилна за наблюдение с тогавашните технологии. Дълго след това тяхното съществуване е било поставяно под въпрос.

Доказателството идва през 1974 г. от изследването на система от две неутронни звезди, една от които пулсар (обяснението след малко). В двойната система PSR B1913+16, открита и наблюдавана от Джоузеф Теълър (Joseph Hooton Taylor, Jr.) и Ръсел Хълс (Russell Hulse), неутронните звезди обикалят толкова близо и бързо една око-



Артистична представа за сливането на две черни дупки. Когато две масивни тела се слоят, се отделя толкова много енергия, че успява да разлюлее пространство-времето и да предизвика изключително слаби гравитационни вълни, които могат да бъдат засечени на огромни разстояния от сливането. Източник: R. Hurt – Caltech/JPL

ло друга, че теорията на относителността предвижда постепенно намаляване на орбиталните им периоди заради загуба на енергия от системата, излъчена под формата на гравитационни вълни. Наблюденията потвърждават теорията с голяма точност и за работата си Хълс и Тейлър са удостоени с Нобелова награда през 1993 г. Но макар съществуването на гравитационните вълни да е доказано по неоспорим начин, за използването им за астрофизични цели са нужни още цели 100 години след работата на Айнщайн. Защо?

Първо, малко астрофизика. „Масата казва на пространство-времето как да се огъва, а пространство-времето казва на масата как да се движи.“ Това е цитат на извест-

ния американски астрофизик Джон Уилър (John Archibald Wheeler), известен като баща на термина „черна дупка“. Така той синтезира основния постулат на теорията на относителността, а именно, че масата изкривява пространство-времето. Колкото е по-голяма масата и по-малък радиусът ѝ (т.е. тялото е компактно), толкова по-голямо е изкривяването. Когато изключително масивни тела се движат релативистки (т.е. със скорости, близки до тази на светлината), те предизвикват вълни в пространство-времето, които наричаме гравитационни, и които се разпространяват със скоростта на светлината. Тяхната амплитуда е пренебрежимо малка, така че ефектът им в общия случай е незабележим.



Д-р Деница Стайкова работи в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика към БАН и основният ѝ изследователски интерес е численото моделиране на черни дупки и неутронни звезди.

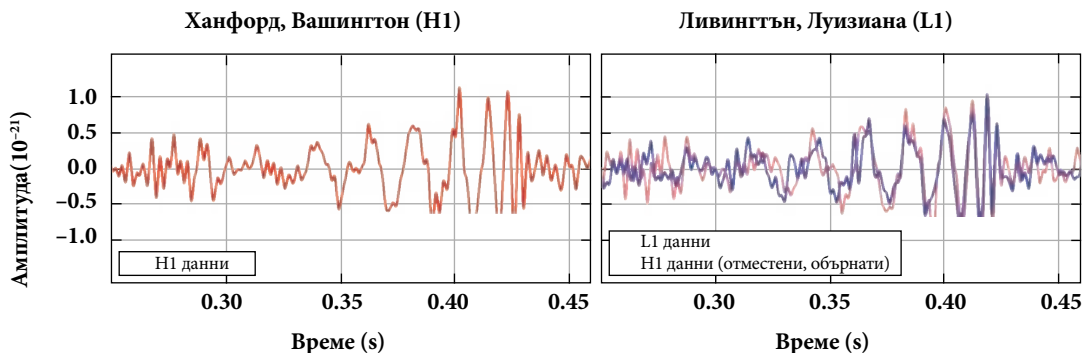
Когато обаче тялото е достатъчно масивно и движението му е достатъчно бурно, като например сблъсъкът на две масивни тела, тези вълни могат да бъдат засечени от изключително чувствителни детектори. Наблюдавали ли сме такива тела? Да.

Астрофизичните черни дупки са тъмни компактни масивни обекти, наблюдавани от астрономите в огромен диапазон от маси – от звездни черни дупки с маса от порядъка на 4 – 5 слънчеви маси (1 слънчева маса е равна на 2×10^{30} kg) до свръхмасивни черни дупки с милиони слънчеви маси, криещи се в центъра на галактиките, включително и на Млечния път. Теоретично, черните дупки са решения на уравненията на Айнщайн, имащи сингулярност (т.е. област, в която кривината на пространство-времето става безкрайна) в центъра си, скрита зад хоризонт на събитията, от който дори светлината не може да се освободи. За описанието на черна дупка са нужни само 2 параметъра – масата и въртенето ѝ.

Неутронните звезди са звезди в края на активния си живот, с маси в интервала 1,1 – 3 слънчеви маси и радиус около 10 km. Често притежават силни магнитни полета (тогава се наричат магнетари) или се въртят изключително бързо, излъчвайки подобно на космически фар лъч от електромагнитна радиация (т.нар. пулсари). Плътноста им е огромна, от порядъка на тази в атомните ядра, поради което представляват интерес не само за астрофизиката, но и за ядрената физика. Описанието им е много по-сложно, тъй като състоянието на веществото при подобни плътности не е ясно.

И неутронните звезди, и черните дупки са дълго изучавани в различни области на електромагнитния спектър – от радиовълни през видимата светлина чак до гама-вълните. В резултат, разполагаме с теоретични модели и съответни числени симулации, обясняващи много от техните характеристики. Но остават и много отворени въпроси, нуждаещи се от нов поглед. Поглед, за който са ни нужни нов тип инструменти, например телескопи, „виждащи“ гравитационни вълни.

Също както през XVII в. Галилео Галилей е отворил нов прозорец към Вселената, насочвайки телескопа си към небето, така и всеки нов тип телескоп ще доведе до качествено ново познание. Електромагнитните вълни страдат от едно важно ограничение – преди да достигнат до нас, преминават дълъг път, осеян с препятствия, с които си взаимодействат – чрез абсорбция, дифракция, гравитационно пречупване и т.н. Преимуществото на гравитационните вълни е, че ни носят пряка информация за източника си, без да бъдат деформирани от взаимодействия по пътя си. Макар и изключително трудни за наблюдение, те са преки свидетели на едни от най-мощните събития във Вселената. Събития, които трудно могат да бъдат видени чрез електромагнитни вълни, защото или не ги излъчват изобщо, или са скрити зад много



Амплитудата на гравитационната вълна, наблюдавана в двата детектора H1 и L1 като функция на времето. Двата сигнала съвпадат изключително добре в рамките на нужната точност. Амплитудата h е отношението на наблюдаваното изменение в дължината на рамото към дължината на рамото на детектора, или $h = \Delta L / 2L$. Източник: Abbott et al. (2016)

материя и/или силни полета, пречещи ни да видим източника.

Но да се върнем на откритието. Анализът на сигнала, засечен от двете обсерватории на LIGO в Ханфорд, Вашингтон (H1) и Ливингстън, Луизиана (L1) на 15.09.2015, показва с голяма вероятност, че е излъчен от система от две въртящи се черни дупки съответно с маси: 29 и 36 слънчеви маси и радиуси от порядъка на 100 – 150 km. Двата масивни обекта са в крайна фаза на сливането си и „пред очите“ на детекторите те се сблъскват и се ражда нова, сравнително бързо въртяща се черна дупка с маса 62 слънчеви маси и параметър на въртене $a = 0,67$ (т.е. 67 % от скоростта на максимално въртяща се черна дупка).

В сигнала се отличават ясно три етапа:

1. Сближаване: Когато две компактни масивни тела образуват двойна система, те прекарват дълъг период на спокойно обикаляне около общия си център на масите. Рано или късно обаче те се приближават толкова, че привличането им става неугържимо. В този период, наричан спираловидно сближаване, двете тела скъсяват разстоянието помежду си все по-бързо и драматично, излъчвайки все повече

енергия под формата на гравитационни вълни. Последните няколко орбити от това сближаване са именно първият етап, видян от LIGO с начална честота 30 Hz и начално ефективно разстояние между черните дупки около 350 km. Системата в този етап се описва със сравнително близка до познатата ни Нютонова физика.

2. Сливане: След около 0,4 секунди навлизаме в същинския сблъсък и сливане на двете черни дупки. То се случва за около 20 милисекунди с максимална честота 150 Hz. През този етап системата се описва със силно нелинейните уравнения на Айнщайн и пиковата ѝ светимост в гравитационни вълни се равнява на 200 слънчеви маси за секунда, огромна енергия, с която за 20 милисекунди сливането засенчва енергетично цялата видима Вселена.

3. Затихване: Последният етап е експоненциално-затихващо звънене на новородената черна дупка (нейните квазинормални честоти). Той продължава също милисекунди и се описва с т.нар. линеаризирана теория на пертурбациите. Именно от честотата в края учените получават параметрите на крайната черна дупка (маса и въртене), а от амплитудата на грави-

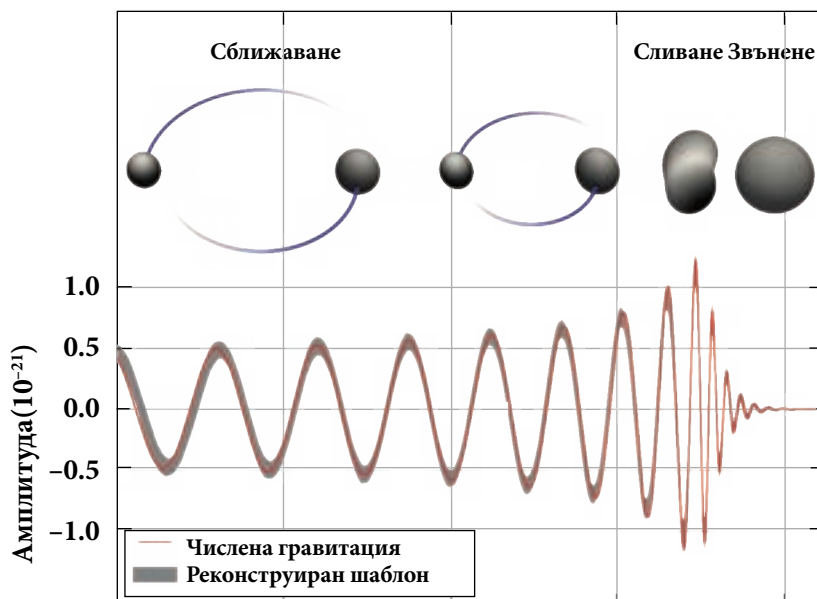


Схема на сливането на двете черни дупки, видени като функция на амплитудата h . Различават се 3 фази: а) спирално сближаване, при което относителната скорост на черните дупки расте (до 0,6 пъти скоростта на светлината), а разстоянието между тях намалява до 0, б) сливане и в) звънене. Източник: Abbott et al. (2016)

тационната вълна – разстоянието до източника ѝ – 410 мегапарсека. Това значи, че събитието се е случило преди 1,3 млрд. години. От разликата между масите на началните черни дупки и крайната се съди, че общата енергия, излъчена от системата под формата на гравитационни вълни, е 3 слънчеви маси.

Какъв е ефектът, отчетен на Земята от това невероятно мощно сливане? Максимумът на амплитудата на отместване, дължащо се на гравитационните вълни в детектора, е ... $h = 10^{-21}$! Или за всеки метър от дължината на детектора пространство-времето се е разпънало и свило с 10^{-21} метра, или около 1/1000 от радиуса на протона. Как бихме могли да наблюдаваме подобно отместване? Време е да представим звездата на вечерта – лазерния интерферометър!

Пътят на LIGO започва преди почти 50 години. Първият лазерен интерферометър е предложен от Михаил Герценштейн и Владислав Пустовойт в Москва и независимо няколко години по-късно от Джоузеф Уебър (Josef Weber) и Рей Уайз (Ray Wise) в САЩ. През 1972 г. Уайз успява да идентифицира всички фундаментални източници на шум, които биха попречили на работата на лазерния интерферометър, и определя методи, за да ги елиминира. Скоро след това прототипи на такива интерферометри са направени в лаборатории в САЩ, Германия и Шотландия. През 1980 г. Националната научна фондация на САЩ финансира първите два прототипа (40-метров и 1,5-метров), а през 1990 г. одобрява строежа на два 4-километрови интерферометъра – в Ханфорд, Вашингтон, и Ливингстън, Луизиана. Развитието на про-

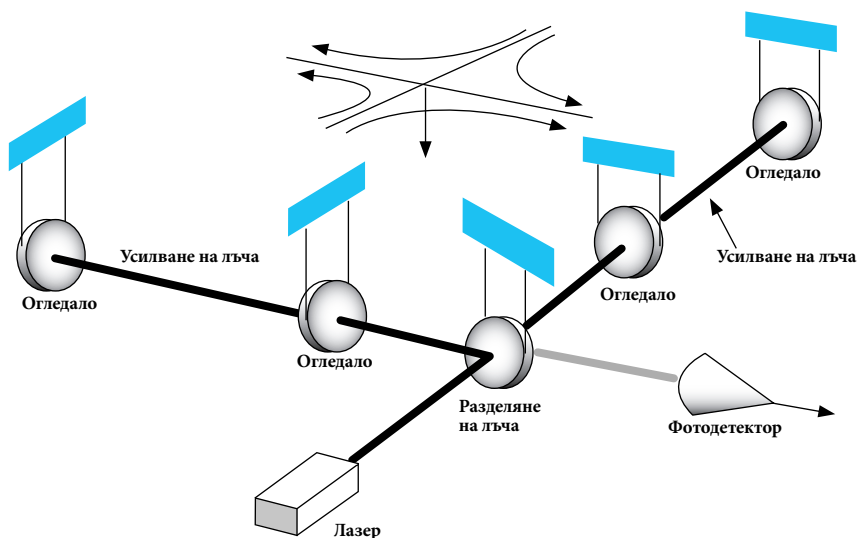


Схема на гравитационния интерферометър. Лазерният лъч се разделя и се пуска по двете рамена на детектора. След многократно отражение между двете двойки огледала във всяко рамо, целящо увеличаването на мощността на лазерния лъч, двата лъча се събират отново и се изпращат към фотодетектор. Когато през рамената на детектора мине гравитационна вълна, тя нарушава фино настроената интерференция между двата лъча и в детектора се засича фотосигнал. Източник: Wikipedia

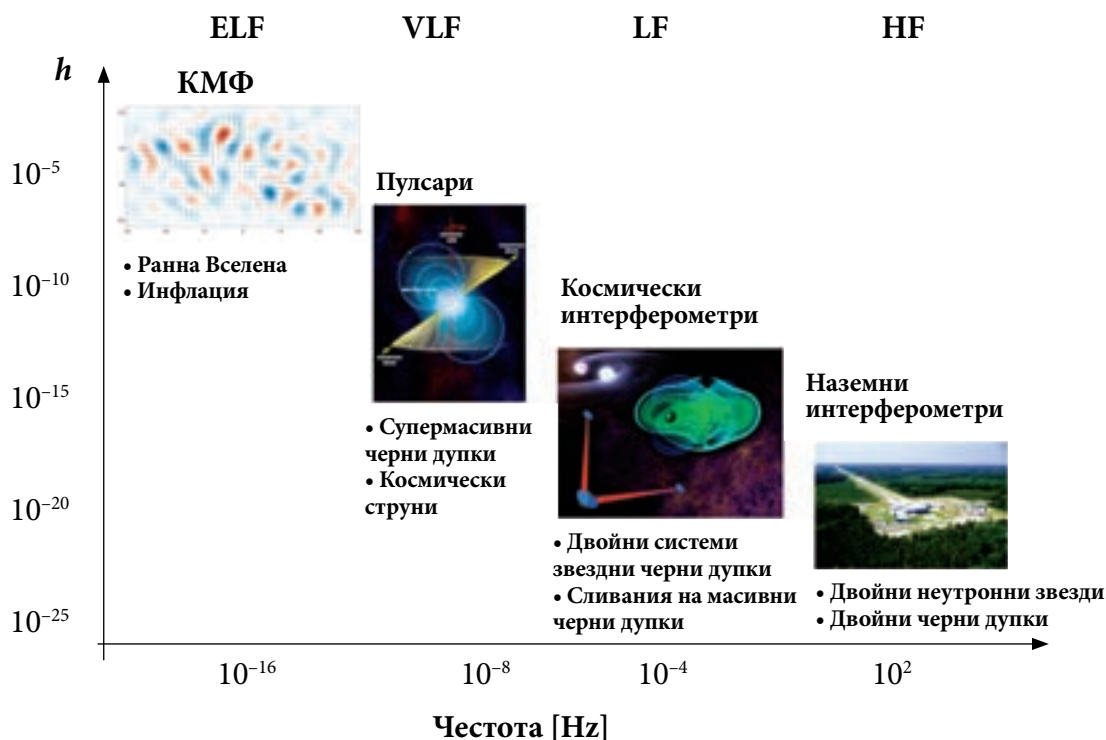
екта минава през 3 фази: начална (2000 – 2005), подобрена (2009 – 2010) и напреднала (от 2015 г.), през които точността на детекторите се подобрява. Данните, събрани от тях, са публикувани в над 75 статии, от които едва последните 12 с положителни резултати. В момента колaborацията LIGO наброява около 1000 учени, от 75 институции от 15 нации по целия свят. Общата инвестиция в детектора надхвърля 1,1 млрд. долара.

Как работи лазерният интерферометър? Тъй като очакваното отместване, дължащо се на гравитационни вълни, е изключително малко (10^{-18} – 10^{-21}), то изисква изключително прецизна технология за неговото измерване. Ако вземем за пример Слънцето и най-близката до него звезда, Проксима Центавър, намираща се на 4,24 светлинни години от нас ($\sim 4 \times 10^{16}$ м), LIGO

трябва да може да измери това разстояние с точността на човешки косъм (около 20 микрона). Как се постига тази невероятна точност?

Всеки от детекторите на LIGO има формата на буквата Г с дължина на рамената от по 4 км. Най-общо принципът му на работа е следният. Лазерен лъч се разделя на две и се пуска по двете рамена на детектора, в края на които има двойка масивни огледала. След многократно отражение лъчите се събират и изпращат към фотодетектор. Лъчът е така разделен, че вследствие на деструктивна интерференция във фотодетектора да не достига никаква светлина. Ако през детектора премине гравитационна вълна обаче, вследствие на свиването и разпъването на пространство-времето светлината в двете рамена ще измине различен път, интерференцията ще се наруши

Голямата картина на гравитационната астрономия



Голямата картина на гравитационната астрономия. На фигурата са показани различните планирани детектори на гравитационни вълни: а) от космическия микровълнов фон (МКФ), б) пулсарни времеви матрици, в) космическите интерферометри и г) наземните интерферометри, както и събитията, които те ще изучават. Източник: NanoGrav

и на изхода ще се наблюдава фотосигнал. Схемата е проста, но истинското предизвикателство е в детайлите.

Тъй като очакваното отместване е изключително малко, всеки шум или смущение може да поречи на работата. Това значи, че трябва да бъдат отстранени или отчетени шумове от сеизмичен, квантов, гравитационен, термичен, оптичен и браунов характер. Например: в тунела в ултрависок вакуум са поставени многобройни сензори, следящи за всевъзможни смущения, огледалата са окачени на електронна система от 4 махала, която постоянно

коригира окачването на огледалата, така че те да са идеално неподвижни. Отчита се дори, че при тази точност отразяващият слой на огледалата проявява квантови ефекти. Самите огледала тежат 40 kg и имат най-високия известен отражателен индекс. За да се избегне фотонният шум, ефективната мощност на лазера е 100 киловата, като целта е да бъде достигнат 1 мегават.

А как протича експериментът? Данните от фотодетектора се събират непрекъснато и се сравняват с оценката на шума в момента. На всеки 3 минути

различни алгоритми претърсват данните и определят потенциалните събития, като отстраняват шума от експерименталните данни и ги сравняват с шаблони за възможни събития, получени чрез методите на числената гравитация. При съвпадение се проверява дали другият интерферометър е засякъл същото с необходимото отместване във времето. Ако сигналят премине всички проверки, се разпраща съобщение до учените от колаборацията, които да се включат в анализа на данните.

За наблюдаването на 14.09.2015 г. събитие вълните пристигат първо в L1, а 7 ms по-късно (или точно времето, нужно на вълна, движеща се със скоростта на светлината, да премине разстоянието между L1 и H1) достигат и до H1. При сравняването на двата сигнала се вижда, че те съвпадат с голяма точност и събитието се отчита като сигнал от гравитационни вълни.

След месеци на обработка на данните резултатът е:

- първо засичане на гравитационни вълни от наземен детектор
- първо пряко наблюдение на сливане на две черни дупки, и то в интервал 30 – 70 слънчеви маси
- първи тест на теорията на Айнщайн за сливане в динамични условия на екстремна гравитация
- раждане на изцяло нова област в астрофизиката.

Какво е бъдещето на гравитационната астрономия? Освен интерферометрите L1 и H1 на LIGO в момента работи и GEO 600 в Германия (който не е работел в момента на събитието), довършва се подобряването на VIRGO в Италия, както и започването на работа на KAGRA в Япония. Планирано е и изграждането на LIGO в Индия. Всичко това говори за бляскаво бъдеще на наземната гравитационна астрономия.

Наличието на повече детектори води до по-добра локализация на сигналите, което ще е от полза при търсене на съпътстващ електромагнитен сигнал с наличните ни телескопи. Сигнал за слабо гама-избухване, съвпадащо с наблюдаваното гравитационно събитие, бе докладвано от гама-обсерваторията Fermi и вече се проучва. Перспективите пред съвместно използване на гравитационни, електромагнитни и даже и неутринни телескопи (като ANTARES и ICECUBE) са огромни.

Нов етап в изследванията ще отвори и мисията за космически лазерен интерферометър (LISA). Началната ѝ фаза (LISA Pathfinder), спонсорирана от Европейската космическа агенция, бе изстреляна успешно тази година. Работи се интензивно и по търсенето на гравитационни вълни чрез пулсари (мисията NanoGrav).

Всички тези експерименти ще се допълнят взаимно и ще ни позволят да погледнем в различни части от гравитационния спектър, също както правим с електромагнитния. Ще можем да изучаваме началните етапи от развитието на Вселената и може би ще разберем що е то тъмна енергия. Ще изучаваме свръхмасивните черни дупки в центъра на галактиките и може би ще „осветлим“ тъмната материя. Освен тях ще се наблюдават сливания на черни дупки и неутронни звезди, избухването на свръхнови и техният колапс към черни дупки или неутронни звезди (или нещо друго?), звездотресенията на неутронни звезди, както и процесите, водещи до внушителните астрофизични струи във всякакви мащаби. Предстои ни да надникнем в най-съкровениите тайни на Вселена. Както казва Габриела Гонзалес, говорител на LIGO:

„Извървахме много дълъг път, но това е само началото. Сега можем да започнем да слушаме Вселената“. ■



Невробиология на емоциите

Николай Лазаров

Запитвали ли сте се къде се зараждат и съхраняват емоциите в човешкия мозък, каква е връзката между емоция и интелект и какво представлява емоционалната интелигентност? Емоциите възникват винаги при конкретен повод, те са

следователно ситуативни, представляват реални източници на информация за света и зависят от опита на човека, поради това на практика са безкрайно разнообразни. Осемте основни емоции са радост, страх, гняв, тъга, любов, отвращение, изненада, презрение. В човешкото битие тези емоции изграждат средата, в която протичат процесите на възприятие, мислене и памет. Една от главните им функции е да ни помагат да се ориентираме в околната действителност и да я оценяваме в зависимост от желаност, полезност или вредност за самите нас. Наред с това емоциите са регулатор на поведението, особено в случаите, когато е необходима мигновена мобилизация на всички сили и възможности на организма. Интересен факт е, че за емоционалното насищане на човек са необходими не само положителни емоции, но и емоции с негативен заряд.

Много учени вярват, че човешките емоции първоначално са възникнали като оцеля-

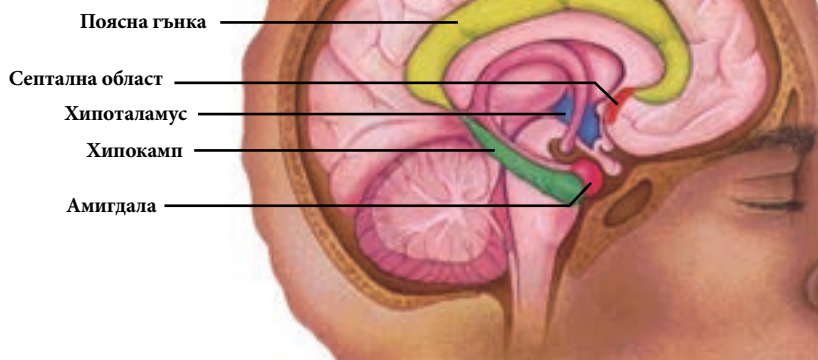
Едно от големите богатства на човека е широката гама от емоции, които всеки от нас изпитва. Без тях, оцветени в хиляди оттенъци, ние бихме водили първосигнално съществуване.

ващ механизъм. Така например страхът е емоция, която възниква при реална или предполагаема опасност и се проявява с вътрешно напрежение и безпокойство, които понякога прерастват в паника. Гневът задейства инстинкта за оцелява-

не и се заражда, за да можем да се борим, да се противопоставяме и да получим това, от което се нуждаем. Тъгата е реакция на загубата и ни помага да се приспособим към променената среда. Радостта дава сигнал, че е достигнат успех и индивидът има сили да се справи и с по-големи трудности. Като оцеляващ механизъм емоциите не просто съпровождат поведението, а в редица случаи го насочват към реализиране на определена реакция. В зависимост от силата и знака на емоциите личността може да усили, отслаби или блокира своята поведенческа активност.

Експерименти върху мишки са показали, че нервните клетки (неврони), които контролират агресивното поведение, са същите, които детерминират сексуалното поведение. Това навежда на логичното заключение, че невроните, контролиращи секса и насилието, са тясно свързани помежду си и изглежда са локализирани в една и съща мозъчна структура. От друга

Структури на лимбичната система



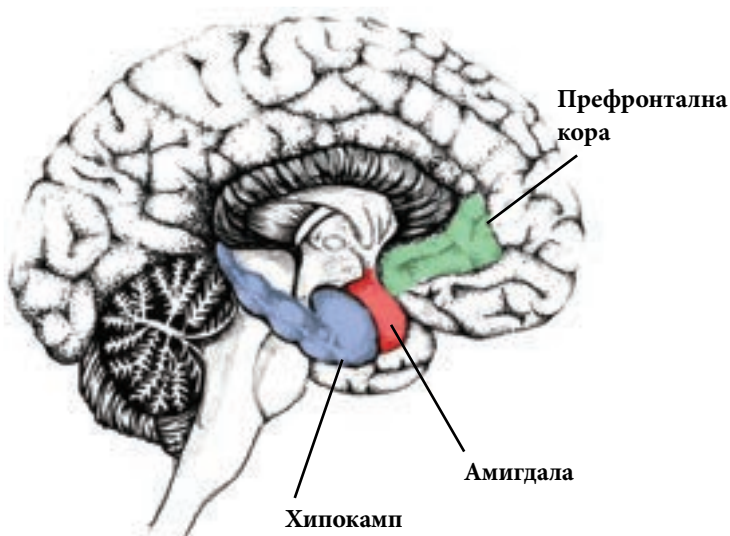
Структури на лимбичната система. Източник: www.stylepinner.com

страна, нито една от структурите, въввлечени в емоционалното поведение, не е единствено отговорна за кодиране на определена емоция. И все пак къде точно в мозъка се разполага контролният център за управление на емоциите?

Личният опит на всеки индивид му подсказва, че в емоционалните преживявания е въввлечена цялата нервна система, но дълго време се е смятало, че мозъчната кора като най-силно развита и висша част на мозъка у човек е седалището на емоциите. Пионерните изследвания на Пол Брока (Paul Broca – 1878), Джеймс Пейпз (James Papez – 1937) и Пол Маклийн (Paul MacLean – 1952) са разкрили обаче, че емоционалната част на мозъка лежи дълбоко в мозъчните полушария и включва т.нар. лимбична система. Тя е изградена от корови и подкорови мозъчни структури, условно наречени лимбична кора и лимбични ядра, свързани чрез лимбични пътища в невронални вериги, подредени в два паралелни кръга. Главните заподозрени лимбични структури като анатомичен субстрат на емоциите са амигдалата и хипокампът.

Амигдалата (*amygdala*, лат. багемовидно ядро) е малка, чифтна подкорова структура с форма на бадем, разположена дълбоко в слепочния дял на мозъка. Изградена е от две групи ядра, които са обединени в голям ядрен комплекс с добре изразена функционална асиметрия и изяви поливариантни различия. Тя играе съществена роля в емоционалния живот на индивида и по-конкретно в чувството за съхранение и себеутвърждаване сред себеподобните.

Дясната амигдала участва във формиране на отрицателни емоции като гняв и агресия,



Основни мозъчни структури, приемани за анатомичен субстрат на емоциите. Източник: guardianlv.com

страх и тъга и е отговорна за манифестиране на наследствените признаци на стреса, които в крайна сметка биха могли да доведат до развитие на посттравматичен стрес, фобии, депресия и дори психози като шизофрения. Наред с негативните психо-емоционални реакции, присъщи на комплекса двустранно, има доказателства, че лявата амигдала опосредства и чувството на удоволствие, което пък е свързано с щастието и се предизвиква от химичен посредник в мозъка, наречен допамин. Тази структура е важна и за създаване на паметови следи след емоционално въздействие и последващо изграждане на адекватно приспособително поведение. Експерименталните лезии на амигдалата блокират запаметяването на емоционално значими стимули и резултират в неадекватни поведенчески реакции при повторното им въздействие. Налични данни подкрепят тезата за полово латерализация на ядрото, което обяснява по-силната емоционална памет у жените.

Друга лимбична структура, част от лимбичната кора, с ключова роля във формиране на емоционалната памет, е хипокампусът (*hippocampus*, лат. водно конче). Той представлява билатерална корова гънка, разположена под мозъчната кора в медиалния слепоочен дял.

Името му идва от външната прилика с извитите опашки на митичните морски коне

от впряга на Нептун, а в специализираната литература като негов синоним се използва терминът Амонов рог (лат. *cornu Ammonis*) поради сходството му със завитите рога на египетския бог Амон. Невробиолозите са убедени в мнестичните му свойства, те вярват, че хипокампусът играе важна роля в дългосрочното запомняне на преживени чувства, способен е да фиксира придобит опит и от наличният опит за минали събития да избере подходяща ответна реакция, която да осигури оцеляване на индивида в недружелюбна среда. Неговата двустранна увреда води до забравя на предишни събития и невъзможност за запомняне на нови такива, нарушение, известно като амнезия.

Важна част на лимбичната кора, тясно свързана с емоциите и паметта, е и т.нар. поясна гънка (лат. *gyrus cinguli*), която представлява дълга, голяма гънка на мозъчната кора, локализирана непосредствено над мазолестото тяло.

Тя осигурява директен път от таламуса на междинния мозък до хипокампа и е отговорна за фокусиране на вниманието върху емоционално значими събития. По-конкретно предната ѝ част координира мирисите и зрителните асоциации с приятните спомени за предишни преживявания. Тази област участва и в емоционалните отговори на болка и регулиране на агресивното



Човешки форникс и хипокамп, сравнени с морско конче (Препарат на Ласло Серес (László Seress), 1980. Източник: en.wikipedia.org)



Схематично представяне на поясната гънка (*gyrus cinguli*) по вътрешната повърхност на дясното мозъчно полукълбо. Източник: www.drzukiwski.com

поведение. Нейното оперативно премахване има успокояващ ефект върху пациенти и значително облекчава състоянието им при особено тежки случаи на тревожност и потиснатост, без да предизвиква отклонения в интелектуалната сфера.

Към лимбичните ядра, освен амигдалата, се отнасят и ядрата в областта на прозрачната презградка, наречена *septum* (лат. презградка). Септалната област се разполага непосредствено пред таламуса и се приема за център на приятните усещания и удоволствието. Тя играе важна роля в процесите на привикване и възнаграждение, свързани с половото удоволствие (достигащо до оргазъм) и регулира индуцираните от музика емоции. Смята се, че тази роля се дължи на участието на областта в отделяне на допамин и медираните от него позитивни ефекти.

Главната таргетна структура на лимбичната система е хипоталамусът, до който достигат влакна от септалната област и хипокампа чрез т.нар. *fornix* (лат. свог). Хипоталамусът представлява малка (тегло 4 – 5 g) група от ядра в междинния мозък, която се разполага под таламуса, встрани от третото мозъчно стоматхче. Основната роля на тази миниатюрна част от мозъка, която заема едва 0,5 % от обема му, е поддържане постоянството на вътрешната среда (хомеостазата) на човешкото тяло, регулацията на редица жизненоважни функции и контролът на целевото поведение. Класическите опити на швейцарския физиолог Валтер Хес (Walter Hess), лауреат на Нобелова награда за физиология и медицина за 1949 г., са показали, че импулсивни първосигнални гранични емоционални реакции като гняв и ярост, а също спокойствие и заспиване, могат да бъдат предизвикани от електрическо гразнене на определени хипоталамични зони. Хипоталамусът се намира в тясна връзка с вегетативната нервна система и ендокринните жлези и въздействайки върху вътрешните органи чрез отделените от тях невромедиатори и хормони, повлиява емоционалната ни експресивност. Казано с други думи, хипоталамусът допри-



Николай Лазаров е доктор на медицинските науки, професор по анатомия и клетъчна биология в Медицински университет – София и Института по невробиология – БАН. Научните му интереси са в областта на невроанатомията и неврохимията на мозъка и периферната хеморецепция. Заместник-председател на Хумболтовия съюз в България (2011 – 2015).

нася предимно за изразяване на емоциите и участва незначително в генезата на емоционалните състояния.

Към ядрата, функционално свързани с обработката на информацията и управлението на емоционалните състояния, се отнасят и подкорови мозъчни структури, означаващи като базални ядра (ганглии). Те включват опашатото ядро (лат. *nucleus caudatus*) и лещовидното ядро (лат. *nucleus lentiformis*) в крайния мозък, субталамусното ядро (лат. *nucleus subthalamicus*) в междинния мозък и черната субстанция (лат. *substantia nigra*) в средния мозък. Базалните ядра играят важна роля в мотивацията и без мотивационен стимул от тях челият дял на мозъка просто спира да функционира. Те са анатомично и функционално свързани и със съседни части на мозъка, принадлежащи към т.нар. паралимбична кора.

Лимбичната система може да се разглежда като основна подкорова структура, която

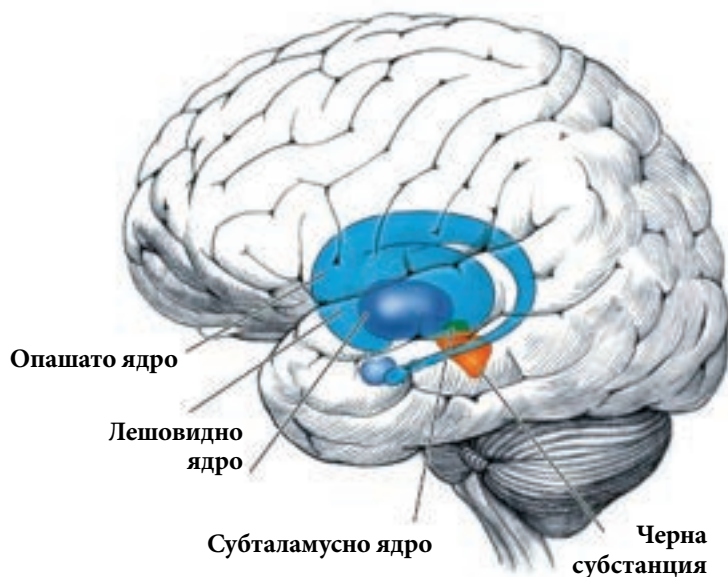


Схема на основните ядра на базалните ганглии. Източник: www.upright-health.com

оказва както стимулиращ, така и потискащ ефект върху дейността на мозъчната кора. Основната част от крайномозъчната кора, която има принос към емоционалността, се разполага в челния дял на мозъка, и по-точно в онази негова силно развита част, която не участва в контрола на двигателната активност. Тя заема най-предната част на фронталния дял, разположена е пред т.нар. моторна корова зона и се нарича префронтална кора. Префронталната кора е много добре развита у човек и макар че не е част от лимбичната кора, тя има двустранни анатомични връзки с нейните и други субкортикални структури, които играят важна роля в генезата, осъзнаването и експресията на емоциите. И наистина, има експериментални данни, че префронталната асоциативна зона на мозъка, която в най-голяма степен определя човешката индивидуалност, е въввлечена в емоционалното поведение. При това избирателно: смята се, че лявата префронтална кора, заедно с някои лимбични структури, участва в кръг, отговорен за положителните емоции, дока-

то дясната префронтална кора е свързана с отрицателните емоции. При увреждане на лявата префронтална кора се наблюдава раздразнителност, агресивност и избухливост, докато при разрушаване на дясната префронтална кора се наблюдава емоционална притъпеност и апатия. При хирургично прекъсване на влакната, свързващи я с останалата част на мозъка – процедура, наречена префронтална лоботомия, оперираният пациент изпада в състояние на емоционален дефицит, без да изпитва никакви чувства на радост, печал, надежда или отчаяние. Тази хирургическа интервенция е използвана през миналия век за лечение на тежки психични разстройства, придружени с изявена агресивност, но както се оказало, последствията от нея са изменения на личността, граничещи с още по-тежка асоциалност. Съвременните данни без съмнение ще допринесат за по-добро изясняване на механизмите на нарушено емоционално състояние при психични разстройства и ще спомогнат за разработване на подходящ терапевтичен модел за тяхното лечение.

Изучавайки сферата на емоциите, изследователите на мозъка са стигнали до убеждението, че емоционалните преживявания са важна част от всекидневния живот на човека и твърдят, че емоциите „оцветяват“ човешкото поведение. Така те постепенно са стигнали до познанията за т.нар. емоционална интелигентност. Идеята за емоционалната интелигентност като важна част на човешкия интелект се появява още в ранните трудове на Дарвин във връзка със значението на изразяването на емоциите за оцеляването и за адаптацията, но нейното същинско изучаване датира от 80-те години на миналия век. Терминът „емоционална интелигентност“ е използван за първи път през 1990 г. от американските психолози Питър Саловей (Peter Salovey) от университета Йейл и Джон Мейер (John Mayer) от университета в Ню Хемпшир, САЩ, за да се опишат емоционалните качества, необходими за постигане на успех в бизнес начинания. През 1995 г. друг американски психолог – Даниел Голмън (Daniel Goleman), публикува световния бестселър „Емоционална интелигентност“ (*Emotional Intelligence*), чрез който насочва общественото внимание към тази концепция. С появата ѝ на корицата на списание *Time* тя се превръща в тема на обществен дебат от класната стая в училищата до заседателната зала в академичните и бизнес центровете за това как да се справяме успешно в живота.

Емоционалният интелект всъщност е способността да усещаме, да разчитаме емоциите и да ги прилагаме ефективно във всекидневния живот. Изграждането на емоционална интелигентност започва с приемането на факта, че всеки индивид е отговорен за собствените емоции и емоционални нужди. Повишаването на емоционалната интелигентност гарантира баланса в межличностните отношения, който е решаващ фактор при всяка комуникация. На практика прекалената емоционалност, съчувствие или съпричастност могат да станат пречка при обективната преценка на ситуацията. Обратното – отсъствието на емоции чес-

то оставя околните с усещането за неразбиране. Друг показател за добро ниво на емоционалната интелигентност е точното оценяване на личните сили, способности и лимити и готовността да се вземат поуки от допуснатите грешки.

Човек е социален и психо-емоционален същество с богат душевен свят и голяма палитра от емоции. Лимбичната система има първостепенна отговорност за регулиране на нашите емоции, импулсивност и „разположение на духа“. Тя съдържа структури, в които се извършва емоционалното заучаване и се съхранява емоционалната памет, и се смята за емоционалния контролен център на мозъка. Без префронталната кора обаче емоциите не биха могли да се осъзнаят като такива, тя играе съществена роля в уникалната човешка способност да модулира рационално емоциите. Мозъчната кора ни дава възможност да усещаме нашите чувства, да изградим собствена вътрешна съзерцателност, която заедно с вродената интуиция ни позволява да управляваме собствените емоции и да реагираме адекватно на предизвикателствата на околния свят. В книгата си „Машина на растежа“ (*The Growth Engine*), публикувана през 2007 година, датчаните баща и син Роланд (Roland) и Рожие ван Кралинген (Rogier van Kralingen) твърдят, че интегрирането на мисли (изразени чрез т.нар. коефициент на интелигентност IQ) и чувства (измерени с коефициента на емоционална интелигентност EQ), или казано с други думи, взаимодействието между „мислещия“ (мозъчната кора) и „емоционалния“ мозък (лимбичната система) е ключът към укротяване на конфликтите и постигане на разбирателство, без което би настъпила „война на всички против всички“. Ето защо, за да откликнем адекватно на предизвикателствата на съвременния свят, породени от технологичните промени и глобализацията, всеки от нас трябва да придобива и развива емоционални умения, а интелигентният и разумен подход при тяхното използване е гаранция за постигане на успех в живота и кариерата. ■



Паркинсонова болест

Иван Миланов

По-късно прочутият невролог Жан-Мартен Шарко (Jean-Martin Charcot) наименува заболяването на името на Parkinson. Първоначалното описание на заболяването е толкова точно, че и досега почти нищо не може да бъде добавено към него.

Паркинсоновата болест е невродегенеративно заболяване с неясна етиология, свързана с генетични и фактори от околната среда. Не е ясно как комбинацията от тези фактори довежда до дегенеративния процес с последваща смърт на неврони в определени структури на мозъка. Патогенезата е свързана с митохондриални нарушения, оксидативен стрес, нарушения в нагъването на протеините и нарушение на множество молекулярни и клетъчни функции. Все още няма създадени медикаменти с доказано сигурно невропротективно действие, които да забавят развитието на дегенеративния процес.

Епидемиологичните проучвания установяват, че тютюнопушенето, пиенето на кафе, физическата активност и използването на нестероидни противовъзпалителни средства категорично намаляват риска от развитие на Паркинсонова болест. Не са толкова категорични данните относно хранителната диета, професията, работата с пестициди и образованието. Влиянието

Заболяването е описано подробно за първи път от общопрактикуващия лекар Джеймс Паркинсон (James Parkinson) през 1817 г., след като наблюдавал хората по улиците на Лондон. Своите наблюдения върху 6 души, които никога не е преглеждал, той описва в монография, под наименованието *paralysis agitans* (трепереща парализа), защото е предполагал, че пациентите имат парализа на крайниците и треперене.

на тези фактори може да се модифицира от индивидуалните генетични вариации. При 10 % от пациентите се установява автоматно доминантно или рецесивно унаследяване на заболяването и при тях заболяването обикновено започва в по-ранна възраст. Вероятно ефектът на кофеина, както и на никотина се осъществява чрез модулиране

на неврорецепторните и невротрансмитерни системи в мозъка.

Никотинът намалява риска от Паркинсонова болест с около 50 %. Протекцията е право пропорционална на броя изпушени дневно цигари, но със спиране на тютюнопушенето протекцията се прекратява. Има данни, че никотинът има ефект и върху намаляването на симптомите при пациенти с късна Паркинсонова болест, депресията, активиране на когнитивните възможности и повлияване на болката. Тютюнопушенето вероятно има директен химичен протективен ефект срещу токсичното увреждане на невроните. Установяването на точните механизми, чрез които тютюнопушенето оказва своите ефекти, може да помогне за установяване на етиологията и патогенезата на Паркинсоновата болест и разработване на нови невропротективни медикаменти, без страничните ефекти от тютюно-

пушенето. В момента се проучва ефектът от прилагането на никотинови лепенки.

Кофеинът е най-широко използваният в света психостимулант. Използването на кофеин намалява риска за развитие на заболяването с 30 – 50 %. Ефектът е право пропорционален на количеството приемани кофеинови напитки. Приемът на чай също намалява риска от възникване на Паркинсонова болест, но приемът на декафеинизирано кафе не оказва никакво влияние. От близо 40 години е известно, че кофеинът има и симптоматично действие при пациенти с Паркинсонова болест, като потенцира антипаркинсоновите ефекти на леводопатерапията и подобрява двигателните нарушения. Кофеинът е антагонист на аденозиновите A_{2A} рецептори в мозъка. Блокирането на тези рецептори обяснява ефекта му и забавянето на невродегенеративния процес, който обуславя Паркинсоновата болест. Синтетичните антагонисти на тези рецептори са нова възможност за симптоматично лечение на Паркинсоновата болест и вероятно имат неввропротективен ефект.

Антидепресантите могат да оказват модифициращи заболяването ефекти при пациенти с Паркинсонова болест. Различни антидепресанти модулират сигналните пътища, свързани с пластичността и преживяемостта на клетките. Антидепресантите от групата SSRI (инхибитори на обратния захват на серотонина) и трициклическите антидепресанти възстановяват серумните нива на достъпния от мозъка невротрофичен фактор (BDNF) и подобряват двигателната активност при пациенти с Паркинсонова болест. Лечението с антидепресанти може да забави скоростта на дегенерация на допаминергичните неврони при пациенти с Паркинсонова болест.

През последните години се появиха данни за обратна връзка между концентрацията на витамин D и риска от Паркинсонова болест. Основни източници на витамина са от храната, от допълнителен прием и през кожата, чрез процес, зависим от ултравиолетовата светлина. Слънчевата светлина е основният източник за витамина, която



Кофеинът намалява риска от развитие на Паркинсонова болест

попълва 90 % от неговите нужди. По-възрастните хора, жените, тези с тъмна кожа, хората, престояващи по-малко време навън и използващите слънцезащитни методи синтезират по-малко количество витамин.

Високите нива на общ и LDL холестерол намаляват риска от Паркинсонова болест и прилагането на статини повишава риска от Паркинсонова болест. Прилагането на невролептици също може да доведе при генетично възприемчиви пациенти до развитие на Паркинсонова болест, като отключва прогресираща невродегенерация.

На базата на тези епидемиологични данни се разработват критерии за диагностициране на продромалния стадий на Паркинсонова болест. Това ще даде възможност застрашените пациенти да бъдат третирани рано с модифицираща хода на заболяването терапия.

Причината за смъртта на невроните в мозъка остава неясна. Възможно е някакъв причинител да прониква от външната среда и по-късно да се разпространява към мозъка. Последните данни говорят в посока на прионна етиология на заболяването. В невроните на пациентите се установява един неправилно нагънат протеин (алфа-синуклеин), в хистологично установяващи се телца на Lewy. Наличието на тези телца в невроните е маркер за Паркинсоновата болест. Алфа-синуклеин протеинът в телцата на Lewy е ключовата причина за невронната смърт при пациентите с Паркинсонова



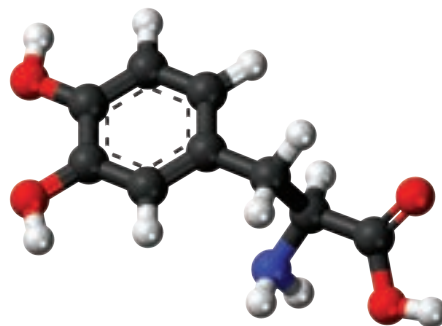
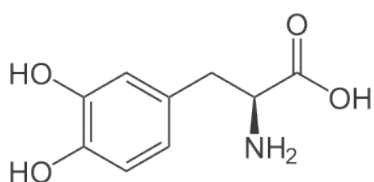
Акад. д-р Иван Миланов, проф. д.м.н., е невролог и неврофизиолог, прокурист на Университетската болница по неврология и психиатрия, председател на Дружеството по неврология и национален консултант. Работи основно по проблемите на болката, главоболието, Паркинсоновата болест, двигателните нарушения и множествената склероза.

болест. Вътреклетъчните агрегати от неправилно нагънатия алфа-синуклеин протеин са токсични. Той се намира в мозъка и кръвта, но неговите физиологични функции не са ясни. Също така той играе ключова роля в разпространението на невродегенеративния процес посредством прионо-подобен механизъм. Абнормно нагънатият α -синуклеин мигрира към незасегнатите неврони и действа като шаблон, който предизвиква патологично нагъване в α -синуклеина на здравите неврони. Разпространението на телцата на Lewy следва определен ред. Първоначално протеинът се установява в ядрата на краниалните нерви, които инервират носа, устата и храносмилателния тракт, където сигурно се осъществява връзката с етиологичния причинител. С прозресията на заболяването протеинът се разпространява и обхваща областите на мозъка, свързани с развитието на Паркинсонова болест. При някои хора разпространението продължава и тогава към паркинсоновия синдром се добавя деменция, подобна на тази при болестта на Алцхаймер (Alzheimer). Много вероятно е прион от външната среда да про-

никва първоначално в ядрата на краниалните нерви и после да се разпространява към групи невронни популации, като предизвиква тяхната смърт. Прионите са инфекциозни протеинни частици, без ДНК и РНК, съставени само от абнормно нагънат протеин. Прионният протеин възниква чрез промяна в структурата на нормалния клетъчен протеин в неправилно нагъната изоформа. Тази изоформа образува амилондни фибрили и плаки и предизвиква невродегенерация. Не е изяснен въпросът какво предизвиква превръщането на нормалния α -синуклеин протеин в патологично нагъната β форма, която има прионни свойства. Това превръщане е бавно, в продължение на много години. Вероятно нарушеното почистване на натрупаната нормална (α форма) от убиквитин протеозомната, автофагната и лизозомна система води до неговото натрупване и последващо превръщане в патологична форма. Нарушеното почистване може да се дължи на токсични фактори, оксидативен стрес или възпаление. Нарастването с 50 % на нормалния протеин е достатъчно, за да отключи процеса на трансформация. Тази теория поражда надеждата, че е възможно прилагането на ваксина срещу α -синуклеина. В момента се провеждат първите клинични проучвания с тази ваксина.

Загиването на невроните в мозъка основно е съсредоточено в т.нар. черна субстанция. Оцветена е в черно поради голямото количество невромеланин в невроните. Тази част на мозъка синтезира невромедиатора допамин, който е свързан основно с двигателната дейност. Намалването на количеството синтезиран допамин довежда до основните симптоми на заболяването.

Началото на заболяването е толкова постепенно и незабележимо, че болните не могат да посочат първия симптом. Появяват се различни неспецифични симптоми (прогреси), като бърза уморемост, неразположение, намалено обоняние и личностови промени. Двигателните симптоми се усещат от пациентите като слабост, затруднения при писане, леко нарушение на координация-



Химическата формула и молекулата на леводопа

та, болки в рамото, в гърба, в мускулите и стегнатост на крайниците. При някои болни симптомите се появяват само при стрес и чак след известно време те стават постоянни. Това води до трудности при поставяне на диагнозата и закъснение с лечението.

Треморът на ръцете се приема като основен симптом при пациентите, но трябва да се знае, че треперене на ръцете настъпва 10 пъти по-често при друго заболяване – тремор на Минор. Това води до свърхдиагностика и неправилно лечение на пациентите с есенциален тремор на Минор.

Постепенно се развиват основните симптоми на заболяването – тремор на ръцете, повишен тонус на мускулите, нарушения в позата и походката, забавеност на движенията, масковидно лице. Симптомите на заболяването първоначално обхващат едната страна на тялото, но бързо (до 2 години) се обхваща и другата страна. Симптомите се засилват, добавят се когнитивни нарушения и депресия. Еволюцията на заболяването е обикновено бавно прогресираща, продължаваща 10 и повече години. Инвалидността приковава към леглото болните средно след 14 години. Тежестта на симптомите се засилва във времето, появяват се нови симптоми и се обхващат нови анатомични области.

С поставянето на диагнозата се започва лечението на заболяването, като основното лечение е с леводопа – субстанция, която в мозъка се превръща в допамин и по този начин се замества липсващият в мозъка допамин.

Лечението на заболяването е успешно през първите 5 години, след което постепенно медикаментите намаляват своята ефективност. Основна причина за това е промяната в активността на допаминовите рецептори поради краткотрайния

ефект от прилаганите леводопа-медикаменти. Поради тази причина не се бърза с прилагането на леводопа-медикаментите, а се предпочита, докато е възможно, лечението да се провежда с други групи лекарства, които, макар и по-слабо ефективни, дават възможност за по-дълготрайно лечение на пациентите. Когато възможностите за лечение се изчерпят и пациентът остане прикован към леглото поради невъзможност да се движи, се започва прилагането на леводопа-медикаментите в течен вид директно в дванадесетопръстника. Подаването на медикамента става чрез тръбичка, изведена през кожата и свързана с компютър, който подава плавно медикамента. По този начин двигателната активност на пациента се възстановява и той може да продължи да живее пълноценно. По-малко приложение в тази фаза на заболяването намират неврохирургичните методи на лечение с имплантиране на електроди в мозъка, през които се подава електрически ток. Методът има строги индикации за приложение и сериозни странични ефекти. Може да се приложи и течен допаминов агонист (апоморфин) подкожно чрез компютъризирана система за повлияване на двигателните нарушения.

В заключение, съвременната медицина е на прага на създаване на принципно нови модели за лечение на двигателните симптоми на Паркинсоновата болест и на усложненията от дълготрайното лечение. Вероятно скоро ще разполагаме и с първите медикаменти, модифициращи хода на заболяването, които ще забавят неговото развитие и ще удължат живота на пациентите. Това ще наложи диагнозата на Паркинсоновата болест да се поставя в предклиничния стадий, за да може да се предотврати нейната прогресия. ■

Земетресения сред вечните ледове

Гергана Георгиева

Антарктида, голямата ледена пустиня. Мястото, където са вечните ледове, айсбергите, пингвините... Мястото, където са най-ниските температури на Земята... Едва ли обаче някой се сееща за земетресения, когато чуе за Антарктида.



Българска полярна база „Св. Климент Охридски“, о-в Ливингстън

Има ли изобщо земетресения на обратната страна на Земята, където всичко е замръзнало и сякаш нищо не се движи? Много дълго

време се е смятало, че в тази част от планетата не се случват земетресения. Инсталирането на сеизмични станции показало, че ис-

тината е съвсем различна. Днес вече никой не смята, че Антарктида е асейсмична област.

Сейсмичните събития обаче не се ограничават само със земетресенията. Освен тях се регистрират и много други колебания с природен или антропогенен произход. За разлика от останалата част от Земята, в района на Антарктида почти липсва човешка дейност. Затова и повечето регистрирани сейсмични събития имат природен характер – земетресения, вулканична активност, ледотресения (ледени шокове и ледени вибрации), срутване на лед и др.

Земетресенията около континента се групират в две зони – Море на Скот (Scotia Sea), намиращо се в северна посока от Антарктическият полуостров, и Източно-Австралийски антарктически хребет (East Australian Antarctic Ridge).

Тектонските събития на континента се локализиращат в областта на Трансантарктическите планини (Transantarctic Mountains). Случват се и изолирани събития във вътрешността на континента.

В региона съществуват три активни вулканични центъра – остров Десепшън, планините Еребус (Erebus), 3974 м, и Мелбърн, 2732 м.

Сейсмичните събития, свързани с ледници, се наричат „ледени трусове“ за по-силните и „ледени шокове“ за по-слабите, но нека тук да ги наречем просто „ледотресения“ по аналогия със земетресенията. Най-често те се дължат на придвижването на ледниците и движения на ледените слоеве в полярните области, причинени от земните приливи и отливи, промени в климатичните условия и други.

Сейсмичност в района на о-в Ливингстън

Остров Ливингстън се намира в близост до сейсмичната зона около Морето на Скот. Той е вторият по големина остров в Южношотландския архипелаг. Разположен е между Южношотландския жлеб от север и рифтовата структура на протока Брансфилд (Bransfield Strait) от юг.

Районът на Южношотландските острови е с уникална геоложка история. Преди около

220 милиона години трите континента Антарктида, Южна Америка и Африка започнали да се раздалечават. Тогава тази част на Земята е била рифтова зона, или зона, където се е образувала нова земна кора. Сега този район се е превърнал в зона на субдукция, или зона, където земната кора се унищожава. Т.е. една част от земната кора се подпъхва под друга и по контактната повърхност възникват земетресения.

Земетресенията в северната част на Антарктическият полуостров и остров Ливингстън са свързани със зоната на субдукция в областта на протока Брансфилд. В близост се намира и активният вулкан на о. Десепшън. Ето защо остров Ливингстън е идеална лаборатория за изследване на природни сейсмични явления като: вулканична дейност, тектонска сейсмичност и сейсмичност, свързана с движението на лед. Изключително ценно е, че изследванията се извършват в среда без наличие на антропогенен шум.

Българска полярна база „Св. Климент Охридски“

Българската полярна база „Св. Климент Охридски“ се намира на о-в Ливингстън. Тя е разположена на полуостров Хърд в залива Емона. Базата е основана през 1988 г., а от 1993 г. с указ на президента Желю Желев ѝ е дадено името на св. Климент Охридски. Близко до базата се намира ледник Перуника. В района се извършват национални и международни изследвания в областта на геологията, биологията, глациологията, метеорологията, медицината, топографията и географията.

В рамките на договор ДФНИ И02/11/2014 „Създаване на информационна база за изследване на сейсмичността и структурата на о. Ливингстън и околностите чрез провеждане на комплексни проучвания в района на Българската антарктическа база“, финансиран от ФНИ на МОН, на 19.12.2015 в близост до Българската антарктическа база „Св. Климент Охридски“ беше инсталирана първата българска ширококолентова сейсмична станция на



Инсталиране и стартиране на сеизмичната станция

Антарктида. Основната цел на проекта е да се проведат комплексни изследвания, използвайки данните, регистрирани от широколентова сеизмична апаратура и два GNSS приемника. Резултатите от тези изследвания ще послужат за създаване на информационна база за изследване на сеизмичността в района на о-в Ливингстън, идентифициране на източниците на сеизмични събития в района на българската база, изследване строежа на Земята и в частност земната кора. Информацията ще помогне за цялостното изучаване на един район от Земята с изключително сложен строеж и интересно геоложко развитие. От друга страна, липсата на антропогенен шум е чудесна предпоставка за изучаването на вълновите форми на сигналите, породени от различни природни източници, каквито са например вятърът или свлачищата. Регистрираните ледотресения от ледник Перуника ще ни дадат информация за характера на движението на самия ледник. Определянето на местата от ледника, които генерират ледотресения, ще помогне за локализирането/идентифицирането/определянето на тези части от ледника, които се движат най-бързо. Тази информация ще

допълни резултатите, получени от измерванията с GNSS апаратурата.

Земетресения в ледниците

Ледотресенията са открити като нов вид земетресения едва през 2003 г. при изследване на ледниците на Гренландия. Първоначално се е смятало, че се срещат само при континенталните ледници, които се движат с голяма скорост – около няколко километра за година. Такива земетресения обаче са регистрирани и при Антарктическите ледници, които за разлика от континенталните се придвижват много бавно (само няколко см за година). Някои от тези земетресения може да имат сравнително висок магнитуд. В научната литература се съобщава за събития, чийто магнитуд достига 5. Появата им има сезонен характер. Те се наблюдават основно когато температурата на повърхността на леда е сравнително висока.

Интересен е механизмът, по който се случват ледотресенията. Той все още не е напълно изучен, но едно от предположенията е следното:

При повишаване на температурите част от ледника започва да се топи. Водата навлиза през пукнатините във въ-



Според опитните полярници друг път не е имало толкова много айсберги в залива. Този айсберг беше най-големият от всички

трепнатостта на леда. Там се е натрупало напрежение от движението на ледника. По аналогичен начин напрежение се натрупва и по разломите в земната кора. Когато натрупаното напрежение стане много голямо, то се освобождава и става земетресение. В ледниците навлязлата в дълбочина вода подпомага освобождаването на натрупаното напрежение. Така при топенето на ледника се получават повече ледотресения, което обяснява сезонния им характер.

Причината за ледотресенията не е само в топенето на леда. Силни земетресения, които се случват близо до Антарктида, също могат да предизвикат ледникови трусове. В този случай появата им се свързва с преминаването на определени сеизмични вълни през ледника. Най-често това са повърхностните вълни, които имат много по-големи амплитуди от обемните вълни.

Какво още можем да научим от сеизмичните данни на Антарктида?

Записите на земетресения, които наричаме сеизмограми, носят информация за строежа на земните пластове, през които преминават сеизмичните вълни. Така всяко едно земетресение ни помага да разберем все по-добре строежа на Земята като цяло или на отделни нейни части. Анализирайки сеизмограмите, учените получават също така и информация за процесите, които се случват под краката ни.

Сеизмичните вълни се пречупват и отразяват при преминаването през слоеве с различна плътност. Ефектът е аналогичен на отражението на слънчевите лъчи от огледало или пречупването им през лещи. В Земята съществуват множество слоеве, които оказват влияние на разпространението на сеизмичните вълни. Допълнително влияние оказват и различни структури, каквито са корените на вул-



Гергана Георгиева е главен асистент в катедра „Метеорология и геофизика“ на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Завършва докторантура по сеизмология в НИГГ на БАН през 2015 г. Научни интереси: сеизмология, вътрешен строеж на Земята, индуцирани земетресения.

каните или части от земната кора, които потъват в дълбочина в зоните на субдукция. Всяка една от сеизмичните вълни пренася информация за средата, през която е минала от огнището на земетресението до сеизмичната станция. Регистрираните в станцията вълни представляват сеизмограма. Използвайки различни техники, както и различни групи регистрирани вълни, можем да извлечем информацията за изминатия от вълната път и оттук да определим строежа на тази част от Земята.

От сеизмограмите учените получават и необходимата информация за механизма на земетресенията и така могат да изяснят движението на земната кора в района.

Инсталиране на сеизмичната станция – не е лесно да се работи при екстремни метеорологични условия.

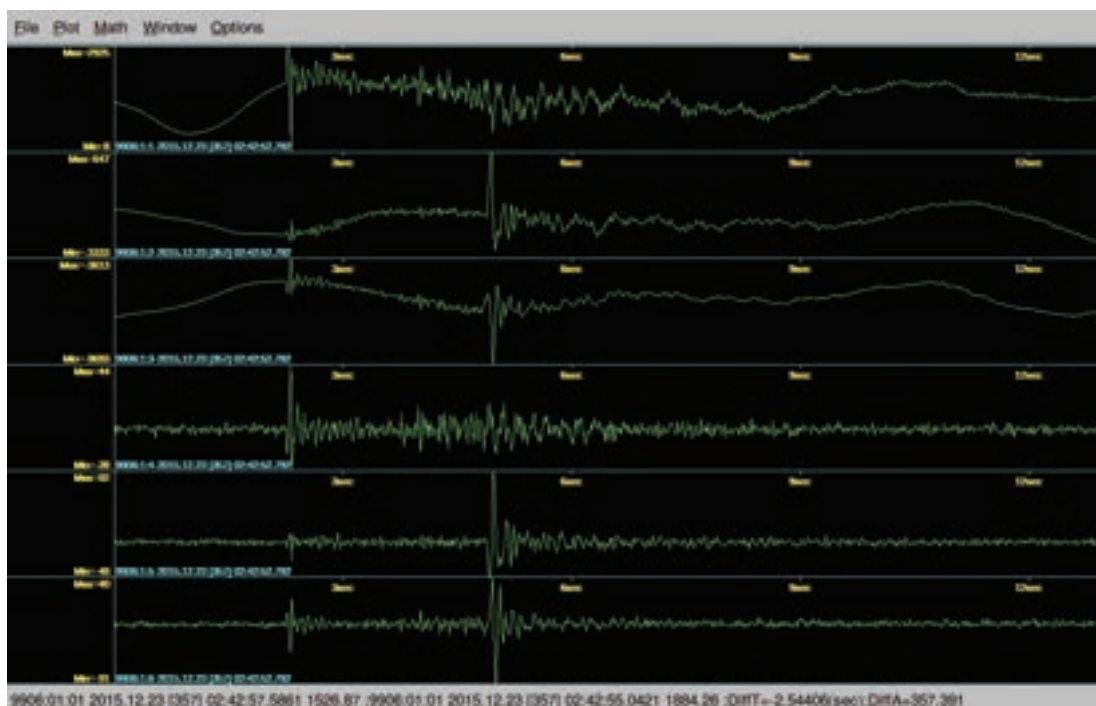
Пропътувахме повече от 16 000 км от София до о-в Ливингстън, преминахме с

кораб през най-бурните води на планетата – протока Дрейк, за да направим тази историческа крачка в развитието на българските сеизмични наблюдения. Всъщност на острова е работела сеизмична станция през 2000 – 2001, с непостоянен режим на работа и късопериоден сеизмометър, с който могат да се регистрират единствено локални събития. Затова ние занесохме широколентов прибор, с който да можем да регистрираме голям спектър от сеизмични събития – от сеизмични събития, които се случват около станцията, до далечни земетресения. Занесохме и втори сеизмометър в случай, че първият се повреди по време на дългото пътуване.

Избрахме мястото за сеизмичната станция на около 1 км от базата в дъното на Южния залив. Мястото е съвсем близо до ледник Перуника. По този начин изключихме регистрацията на шума, породен от живота в базата – генератори, шейни, хора, които се придвижват по снега, и други човешки дейности. Близостта с ледника, от друга страна, дава възможност за регистрацията на по-голям брой и по-слаби ледотресения, както и срутвания на лед в морето.

Преди да сложим цялата апаратура на избраното място, трябваше да я тестваме, за да определим дали работи добре след транспортирането до острова. Оставихме я да работи на пода в лабораторията на базата. Въпреки многото шумове от отоплението и движението на хората в къщата успяхме да регистрираме срутване на лед в морето от един огромен айсберг, който беше навлязъл в залива.

Инсталацията на апаратурата на терен продължи по-дълго, отколкото бяхме планирали, а студеното и влажно време я прави и доста екстремна. Заради близостта с Южния полюс трябваше да отчетем магнитната деклинация и да ориентираме сеизмометрите спрямо географския север. За тази цел извадихме 12° от показанието на компаса, т.е. направихме корекция за магнитната деклинация, която има тази



Локално земетресение, регистрирано от сеизмичната станция на о-в Ливингстън

стойност за геомагнитна епоха 2015. Поставихме термална и хидроизолация на сеизмометрите, а останалата апаратура и акумулаторите поставихме в специална изолационна кутия.

Съществена част от инсталацията на сеизмичната станция беше укрепването с въжета и фиксирането с камъни на всички елементи от апаратурата. Причината е силният, духащ на пориви вятър, чиято скорост надхвърля 20 м/с. Вятърът може да повреди апаратурата (в случай, че не е стабилно укрепена) и да създаде вибрации, влошаващи качеството на записаните данни.

Само за 5 дни успяхме да регистрираме около 300 сеизмични събития. Сред тях има локални и далечни земетресения, ледотресения, срутвания на лед. Успяхме да регистрираме дори поривите на вятъра. Следващата стъпка от обработката на записаните

данни е локализирането на регистрираните земетресения и групирането им по вид, както и подробното анализиране на сеизмограмите и извличането на допълнителна информация от тях.

Сеизмичната станция ще работи на о-в Ливингстън до края на 24-тата полярна кампания и ще бъде върната в България в началото на месец март, за да бъде подготвена за следващата полярна кампания.

Изказваме благодарности на командира на базата Йордан Йорданов и на Станимир Модев за пряката помощ при инсталирането на сеизмичната станция, на Божил Василев за чудесните снимки от инсталацията. Благодарим и на останалите участници в XXIV антарктическа експедиция за оказаната помощ и разбира се, специални благодарности на проф. Христо Пимпирев за възможността да осъществим този проект. ■

История на откритието на химичните елементи

От древни времена до декември 2015 г.

Стефан Манев

Откриването на съществуващите в природата елементи е ставало в продължение на хилядолетия. То зависело от интереса на хората към познанието и разбира се, от нивото на развитие на методите на изследване в природните науки.

Първата среща на човека с химичните елементи се губи в древността. Това са били елементи, които се срещат като самородни или могат почти спонтанно да се получат от съдържащите ги минерали. Самородни се срещат злато, желязо, мед, сребро, сяра, въглерод. Лесно се получават живак, калай, антимон, олово. Някои от тези елементи се срещат и в самородно състояние, и могат да се получат лесно от минерали. Не е възможно да се гатува точно времето, през което е започнало използването им. До голяма степен причина за това е, че данните имат случаен характер, тъй като се основават на археологически разкопки, а откриването на предмети зависи и от стабилността на съответния елемент на въздуха. Все пак най-старите данни са от около 6000 – 7000 г. пр.Хр., като постоянно се откриват нови все по-древни находки.

Значителен принос към откриването на химичните елементи имат алхимиците.

Въпреки неверните им представи за превръщането на веществата, алхимиците разработват основни методи на изследване като нагряване, разлагане, дестилация, методи за пречистване,

не, реализират значителен брой химични процеси, синтезират нови вещества. През времето на алхимията били открити арсенът, антимонът, бисмутът, цинкът и фосфорът. Например откритието на арсена се приписва на известния алхимик и философ Алберт Велики (Albertus Magnus) през 1250 г., а Хениг Брант (Hennig Brandt) открива фосфора през 1669 г. Данните за откритите елементи до края на XVII в. не са пълни и точни, тъй като алхимиците пазили в тайна откритията си.

Масовото откриване на нови елементи започва през втората половина на XVIII в. Изследванията в областта на т.нар. пневматична химия (изучаването на свойствата на газовете) довеждат до откриването на важни елементи, като водород, азот и

кислород. Много елементи са открити благодарение на развитието на аналитичните методи за анализ. Могат да се споменат около 30 нови елемента.

Използването на електрическият ток като редуктор с помощта на електролизата позволява получаването на химически активни метали като натрий, калий, магнезий и калций.

Развитието на спектралния анализ също води до откриването на елементи като рубидий, цезий, индий и талий. Особено интересна е историята на откриване на хелий. Той е открит през 1868 г. от Пиер Жансен (Pierre Janssen) и Норман Локиър (Norman Lockyer), които наблюдават слънчеви затъмнения и забелязват неизвестна до този момент жълта спектрална линия на Слънцето. Новооткритият химичен елемент е наречен хелий по името на древногръцкия бог на слънцето Хелиос. Но едва през 1903 г. в Съединените щати са открити големи залежи от хелий.

Интересен факт е, че елементът с най-голям номер в Периодичната таблица, който може да се намери на Земята – уранът (№ 92), е открит сравнително рано. Това става през 1789 г. от Мартин Клапрот (Martin Klaproth).

Първият списък на химични елементи е направен от Антоан гьо Лавоазие (Antoine de Lavoisier) през 1789 г. и съдържа 33 елемента, част от които не са истински. Дмитрий Менделеев включва 63 елемента в своята периодична таблица през 1869 г. и предсказва още 3. Около 1919 г. елементите са вече общо 72.

През 1933 г. започват опитите за получаване на елементи, по-тежки от урана, т.нар. трансуранови елементи. Италианският физик Енрико Ферми (Enrico Fermi) прави опит с цел да получи по-тежък от урана елемент, като облъчва урана с неутрони. Въпреки че при опитите на Ферми, както и при повтарянето им от групи изследователи били получени трансуранови елементи, те не били доказани. През 1940 г. е синтезиран и доказан елементът с номер



Желязото не се среща в самородно състояние на Земята, но древните хора са разполагали с железни метеорити. Хоба е най-големият метеорит, открит някога. Тежи 60 т, а обемът му е 9 m³. Състои се от 84 % желязо и 16 % никел

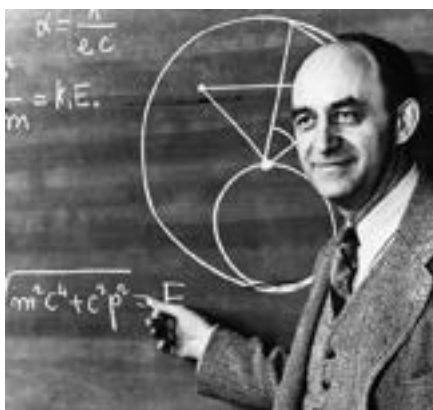


Откриване на фосфора от Хениг Брант. Първоначално той приел светещото със студена светлина ново вещество за философски камък

93. Той е получен от американските учени Е. Макмилан (E. McMillan) и Ф. Ейбълсън (Ph. Abelson) в Националната лаборатория на САЩ в Бъркли, която сега носи името на



Американският физик Ернест Лорънс и изобретеният от него първи циклотрон през 1931 г.



Енрико Ферми – човекът, който първи синтезира трансуранови елементи, но не можа да ги докаже



Част от апаратурата в Обединения институт за ядрени изследвания в Дубна, Русия



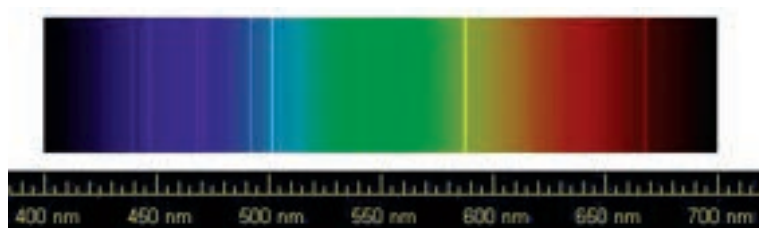
Общ вид на Ливърморската национална лаборатория Лорънс (Калифорния, САЩ)

Е. Лорънс (Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL), по същата ядрена реакция, използвана от Ферми. Времето на полуразпадане на елемента ($T_{1/2}$) е 2,35 дни. Названието на новия елемент произлиза от названието на планетата Нептун, която е след планетата Уран в Слънчевата система. Следва синтезът на още 14 трансуранови елемента: плутоний, америций, кюриум, берклиум, калифорний, айнщайний, фермий и менделевий, който завършва през 1955 г. При тези синтези уранът бил бомбардиран с α -частици, неутрони и деутериеви ядра с помощта на циклотрон. Със синтезирането на менделевия възможностите на този метод били изчерпани. Главно действащо лице в тези синтези е Г. Сиборг (G. Seaborg), разбира се, с участието на значителна група изследователи. Всички тези елементи са радиоактивни с къс период на полуразпадане.

Оказва се, че елементите с пореден номер над 100 още по-лесно се разпадат чрез спонтанно делене и живеят само секунди или по-често части от секундата. При това синтезираното количество е от няколко единични до няколко десетки атома. Поради тази причина за признаването на синтезиране на новите елементи е необходимо потвърждаване на синтеза от втори независим източник. Затова след елемент №102 за автори са посочени по два института. До 1970 г. това са Г. Н. Фьлоров и гр. от Обединения институт за ядрени изследвания (Объединенный институт ядерных исследований – ОИЯИ), Дубна, Русия и А. Джорсо и гр. от Бъркли, САЩ. Последният синтезиран от тях елемент е с №105. След това в синтезирането на трансуранови елементи се намесват и CERN в Женева и GSI Хелхолмц центърът за откриване на тежки йони (Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung) в Дармщат, както и други институти. От 1981 г. насам учените откриват шест химични елемента, номерирани от 107 до 112, като през 2011 г. са признати и именувани и елементите 114 и 116.

Международният съюз за чиста и приложна химия (IUPAC), глобална организация, която управлява химическата номенклатура, терминология и мерки, събщи, че руско-американски екип от учени от Обединения институт за ядрени изследвания в Дубна и Ливърморската наци-

онална лаборатория Лоурънс (Калифорния, САЩ) са предоставили достатъчно доказателства, за да претендират за откриването на елементи 115, 117 и 118. За откриването на елемент 113 честта за това се пада на група от Института за физикохимични изследвания RIKEN в Япония.



Жълтата линия в спектъра на Слънцето е причина за откриването на хелия

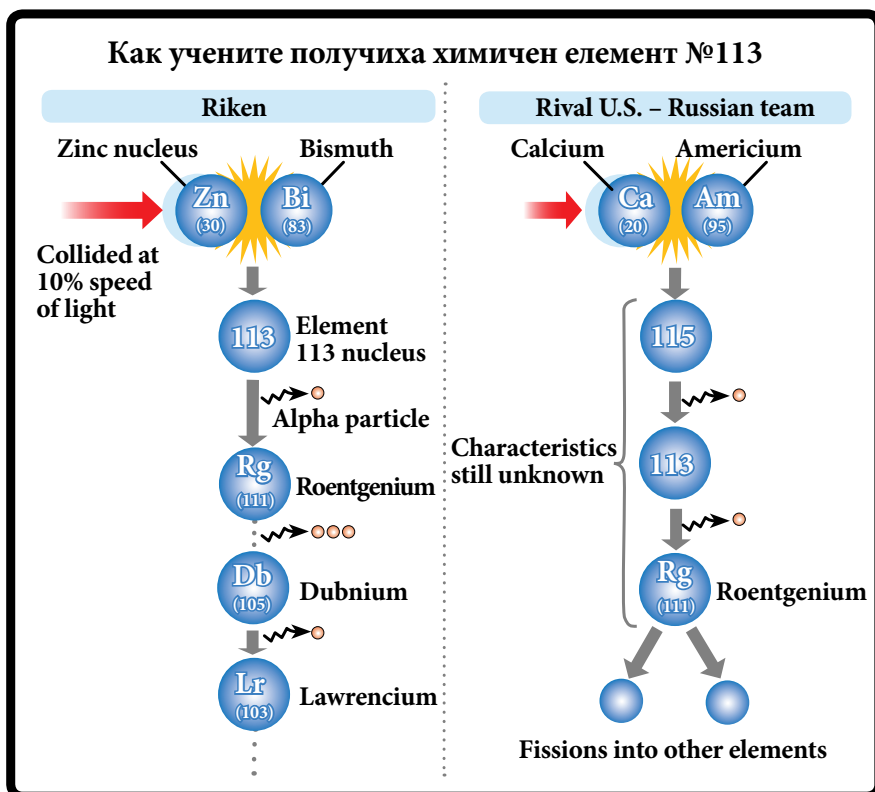


Схема за получаване на елемент № 113 от японските, американските и руските изследователи. Облъчване на бисмут с цинк и облъчване на америций с калций



Доц. д-р Стефан Манев е завършил Химическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“. В последните години интересите му са насочени към въпросите на обучението по химия и опазване на околната среда в средното училище. Бил е зам.- декан на Химическия факултет на СУ и Природоматематическия факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски“.

Елементите ще бъдат официално наименувани от екипите, които са ги открили, през следващите месеци.

Със синтезирането на елементите 113, 115, 117 и 118-и се завършва седмият ред на Периодичната таблица на Менделеев.

Докъде ще успеят да стигнат ученици при синтеза на трансуранови елементи? Съществува хипотеза, според която съществуват елементите с „магически“ поредни номера като 114, 126 и дори с номер 164. Те може да се окажат относително стабилни, т. е. да имат сравнително големи периоди на полуразпадане при спонтанното делене. В такъв случай си заслужават опитите за изкуствено синтезиране на тези елементи. Подобни опити, както и търсенето на тези елементи на Земята и Космоса вече са правени, но те все още са без резултат. Надяваме се, че елементи от осмия ред на Периодичната таблица ще бъдат синтезирани скоро. ■

Група	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Период																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* 	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	** 	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
* Лантаниди			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
** Актиниди			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Последно издание на Периодична таблица с нанесени новите елементи № 113, № 115, № 117 и № 118. Както се вижда, седмият период е запълнен изцяло



ЛЮБОПИТНО

И враните извършват криминални разследвания

В науката за поведението на животните – етологията, отдавна се знае, че враните са едни от най-умните, съобразителни и находчиви птици между своите събратя. На страниците на „Природа“ също сме публикували съобщения, показващи техните високи умствени възможности (№ 2/2015). Нови данни, публикувани в научни списания през последните 2 – 3 години, доказват, че някои видове врани извършват и „разследвания“ в случаи на смърт на някои себеподобни за изясняване на причините и предпазни действия.

Повечето диви животни подминават без особен интерес умрели или убити индивиди както на други видове, така и от собствения си вид. Малко са познатите случаи, и то главно при животни, които водят стаден начин на живот, когато остават известно време около своите умрели събратя и проявяват интерес към тях. Такива случаи са наблюдавани напр. при слонове, делфини и някои видове човекоподобни маймуни, но в орнитологичната литература се появиха съобщения и за някои видове вранови птици, които също реагират в случаите на смърт на индивиди от тяхното ято. Така например американски учени съобщават, че враните от вида *Corvus brachyrhynchos* понякога остават за различно време около мястото на смъртта на своите събратя и като че ли искат да разкрият причините за тази смърт и да избягват в бъдеще тези места и опасности. Като доказателство за това твърдение американските учени g-р Кей-

ли Суифт (Kaeli Swift) и g-р Джон Марцлаф (John Marzluff) направили интересен експеримент.

Те организирали няколко места в гората, на които редовно давали храна за враните от околността, т.е. изкуствени хранилки. От време на време поставяли в близост чучело на мъртва врана или на хищник, който напада и убива враните. А храната на хранилките носел човек с маска, за да не могат враните наоколо да запомнят и разпознават лицето. Във всички тези случаи враните проявявали явно безпокойство, обикаляли около чучелото на мъртвата врана или това на хищника и като че ли „разследвали“ причините за смъртта на жертвата и връзката на смъртта с хищника. Но когато експериментаторите поставяли вместо чучело на мъртва врана такова на гълъб, птиците не проявявали никакъв интерес и нормално се доближавали до хранилките. Даже поставянето само на чучело на хищник или появата на човек с маска отново предизвиквало страх и безпокойство при враните, които явно са запомнили добре евентуалните причинители на смъртта на техния събрат и се пазели от тях. Авторите на експеримента заключават, че струпването на враните около трупа на умряла птица от техния вид е не само действие за разследване и разкриване на станалото произшествие, но и за добиване на опит за избягване на подобни случаи.

По Animal Behavior

Фридрих Вьолер

и химичният синтез на карбамид

Евгени Головински

Едно от най-забележителните научни постижения от началото на деветнадесетия век не само в областта на химията, но и на природознанието изобщо е химичният синтез на едно органично вещество от неорганично съединение.

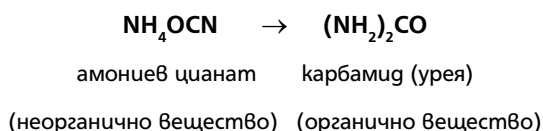
Става дума за получаването на органичното вещество карбамид (урея) от неорганично – от амониев цианат. Особено важно е това, че карбамидът е продукт

от нормалната обмяна на веществата в живите организми и неговото образуване извън тях се приемало за невъзможно. Това лежало в основата на светогледа на „виталистите“ – учениците, които поддържали концепцията за „вис виталис“, според която процесите в живите организми се определят от някаква нематериална, свръхестествена сила. Явленията в живата природа според представите на привържениците на „вис виталис“ – „виталистите“ – не могли да бъдат обяснени със законите на физиката и химията. Така че между живата и неживата природа съществувала непреодолима преграда. Вратата за всякакъв вид ненаучни спекулации остава отворена.

В историята на химията витализмът изиграва определена отрицателна роля, който продължително време поставя граница между неорганичните и органичните вещества. Това в някакъв смисъл е

отражение на господстващата столетия наред Аристотелова представа за някакви коренни отличия между царството на минералите и царството на

животните и растенията. Решаващ удар върху виталистичната догма нанася тъкмо синтезът на карбамид от едно неорганично вещество. Това е амониевият цианат – една амониева сол на циановата киселина. В случая синтезът на карбамид представлява процес на изомеризиране, който може да се изрази със следната химическа реакция:



Тази класическа реакция е осъществена за пръв път от един забележителен немски химик. Това е Фридрих Вьолер (Friedrich Woehler, 1800 – 1882), професор в университета в Хайделберг и ученик на Леополд Гмелин (Leopold Gmelin, 1788 – 1853) и на шведския химик, един от бащите на съ-

временната химия, Йенс Якоб Берцелиус (Joens Jacob Berzelius, 1779 – 1848). Синтезът на карбамид на Вьолер по достойнство и с пълно основание е включен в средношколски и университетски учебници, в монографии и енциклопедии. По повод на тази реакция обаче трябва да се направят някои уточнения и да се посочат полезни подробности, които са от значение за историята на науката. На тези детайли неотдавна обърна внимание руският учен В. А. Красицки, който се занимава с историята на химията (вж. *Chemistry-Chemists.com*). Първото, което мнозина сигурно не знаят, е, че получаването на карбамид от амониев цианат не е била целта на изучаваната от Вьолер реакция. Негова цел е било задълбоченото изследване свойствата на едно интересно вещество, което е било получено наскоро, през 1815 г., от забележителния френски химик Жозеф Луи Гей-Люсак (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778 – 1850). Така бил дицианът (NC-CN), върху чиито свойства Вьолер публикува няколко статии, в които той описва своите експерименти. Едната от тях под заглавие „Върху съединенията на циана“ е публикувана през 1824 г. в Списание на Стокхолмската академия на науките, а година по-късно, през 1825 г., и в немското списание „Анали на физиката и химията“ (*Annalen der Physik und Chemie*, 1825, Bd. 79, S. 177-182).

Конкретната изследователска цел на Фридрих Вьолер е била да получи амониев цианат чрез пропускане на дициан през воден разтвор на амоняк. Реакцията обаче протича по-сложно, отколкото ученият предполага. Получават се няколко крайни продукта, единият от които се оказва кристално вещество, което обаче не е очакваният амониев цианат. Вьолер изследва грижливо това кристално вещество и доказва, че това е карбамид (урея). Той установява, че „... при съединяването на цианова киселина с амоняка се образува урея – един забележителен факт и в това отношение, че той представлява пример за из-



Фридрих Вьолер – химикът, който чрез лабораторни експерименти доведе до премахването на господството на теорията за „жизнената сила“ в химията

куствено получаване на органично, а именно тъй нареченото животинско вещество от неорганични вещества...“. Нещо повече, Вьолер задълбочено сравнява получения от него по синтетичен начин карбамид с такъв, получен от природни източници, и установява пълната им идентичност. Тези резултати ученият публикува през 1828 г. пак в списанието „Анали на физиката и химията“ в статия под заглавие „Върху изкуственото образуване на карбамид“. Тъкмо тази статия и посочената година на публикацията е причината откритието на Фридрих Вьолер за синтеза на карбамид от неорганично вещество да се отнася от историците на науката неточно към годината 1828. Виждаме обаче, че синтезът на карбамид е публикуван от нейния автор четири години по-рано. Буди възхищение настойчивият стремеж на Фридрих Вьолер да анализира

VII.

Ueber Cyan-Verbindungen

von

F. WÖHLER.

(Aus den Abh. d. K. Akad. d. Wiss. zu Stockholm, 1824. H. 11. p. 271.)

1. Verhalten des Cyans zu Ammoniak.

Wenn man Cyangas in liquides Ammoniak leitet, so entsteht 1) blausaures Ammoniak, 2) sehr viel der dunkelbraunen kohlenartigen Materie; die sich so oft bei Zersetzungen von Cyan-Verbindungen erzeugt, und noch wenig untersucht ist, 3) oxalsaures Ammoniak, 4) eine eigenthümliche krySTALLisirte Materie, die aber kein cyansaures Ammoniak zu seyn scheint. — Die braune kohlenartige Materie setzt sich theils von selbst ab, theils durch Erhitzen und Abdampfen der Flüssigkeit. Die Oxalsäure trennt man durch Kalkwasser, behandelt den Niederschlag mit kohlensaurem Kali, zerlegt das oxalsaure Kali durch Bleizucker, und das oxalsaure Blei durch Schwefelwasserstoffgas, wodurch man eine saure Flüssigkeit erhält, die beim Verdampfen krySTALLisirte Oxalsäure hinterläßt. Bei Absorption des Cyans von andern Alkalien bildet sich diese Säure nicht. Die eigenthümliche krySTALLisirte Materie erhält man endlich durch Verdampfen der Flüssigkeit, woraus die Oxalsäure gefällt ist. Sie ist aber dann sehr unrein. Rein erhält man sie, wenn cyansaures Blei durch kauftisches Ammoniak, oder

Annal. d. Physik, B. 79 St. 2, J. 1825, St. 2.

M

Страница от статията на Фридрих Вьолер „Върху съединенията на циана“, публикувана през 1825 г. в немското списание „Анали на физиката и химията“ (Annalen der Physik und Chemie)

задълбочено хода на изучаваните от него химически реакции и получаваните при тях продукти. Тъкмо това му позволява да установи със задоволство, че е успял да получи органично вещество от неорганично съединение.

Подробностите, съпътстващи всяко експериментално изследване и неговите резултати, не са за пренебрегване. Тяхният анализ разкрива сложния път на научното дирене и довежда до уточняването на пътя, по който се стига до научната истина. ■

Нови свойства на кравето мляко



Освен отдавна познатите хранителни свойства на кравето мляко корейски учени твърдят, че то има и успокояващо или сънотворно действие. Но това се отнася само за краве мляко, наоено през нощта от сънени крави! Като доказателство за своето твърдение те провели серия от експерименти с плъхове, част от които хранили с дневно наоено мляко, а друга част – с наоено през нощта мляко от едни и същи крави.

Резултатите от експериментите показали, че плъховете, хранени с мляко, наоено през нощта от „сънени“ крави, били по-спокойни, спели по-дълго от хранените с дневно мляко свои събратя и били физически по-пасивни. Освен това те проявявали по-малко страх, когато в будно състояние ги поставяли на нови непознати територии и ги изследвали спокойно, без признаци на стрес. Подобно състояние на плъховете се наблюдавало и при даването им с храната на познатото сънотворно и успокояващо средство „Диазепам“. За доказателство корейските учени провели и опит с въртящ се барабан, в който поставяли плъхове, хранени с

нощно мляко, и контролни животни, хранени с дневно мляко. Оказало се, че плъховете, хранени с нощно мляко, падали два пъти по-често в барабана поради нарушаване на координацията на движенията им в сравнение с контролните плъхове.

За изясняване на причините за тези резултати били направени и биохимични изследвания на „дневно“ и „нощно“ мляко, получено от едни и същи крави. И в този случай резултатите показали, че нощно наоеното мляко съдържало над 20 % повече от аминокиселината триптофан, която действа сънотворно, и около 10 пъти по-малко мелатонин, който регулира денонощните ритми при животните и човека.

Резултатите от експериментите на корейските учени са интересни от теоретично гледище, но дали ще имат и някакво практическо значение е трудно да се предвиди, предвид на етичните и законодателни изисквания към отглеждането и използването на домашните животни от човека.

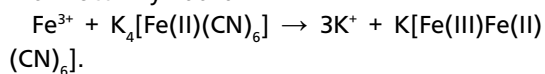
По Наука и живот

Берлинско синьо – реактив, боя и лекарствено средство

Ивелин Кулев

Днес вече е добре известно, че синьото оцветяване се дължи на неизбежното присъствие на непознатото все още тогава химическо съединение – калиев хексацианоферат(II) ($K_4[Fe(CN)_6]$). Няколко години по-късно се появява и първото научно съобщение за новополученото съединение, който не е отровно, малко разтворимо е във вода, масло и груги течности, но се разпределя добре между тях. Следователно това съединение е един много добър синьо оцветен пигмент, който под името „берлинско синьо“, „парижко синьо“, „антверпенско синьо“, „пруско синьо“, „турнбулово синьо“, „хамбургско синьо“ и така нататък, завладява света.

Ако калиев хексацианоферат(II), т.нар. жълта кръвна сол – $K_4[Fe(CN)_6]$, се добави към разтвор, съдържащ желязо(III), пада тъмносиня утайка:



През 1704 г. берлинският бояджия Диисбах (Diesbach) чрез смесване на разтвор от железен сулфат $[Fe_2(SO_4)]$, калиева основа (KOH) и продължително варене на тази смес със стипца ($KAl(SO_4)2 \cdot 12H_2O$) получава един синьо оцветен разтвор. Този резултат представлява голяма изненада за бояджията, а и за много химици от неговото време.

Тази утайка се нарича „берлинско синьо“ – $[Fe(III)]_4[Fe(II)(CN)_6]_3$.

Ако обаче към разтвор, съдържащ в излишък $Fe(II)^{2+}$ -йони, бъде добавен разтвор на $K_3[Fe(CN)_6]$, така наречената червена кръвна сол, т.е. разтвор, съдържащ желязо(III), се

получава отново синя утайка: $Fe^{2+} + K_3[Fe(III)(CN)_6] \rightarrow 2K^+ + K[Fe(III)Fe(II)(CN)_6]$, но тази утайка е известна като „турнбулово синьо“ – $[Fe(II)]_3[Fe(III)(CN)_6]_2$.

Ако към разтвор, съдържащ незначителни количества от йони на желязо(III) (Fe^{3+}), се прибави излишък от калиев хексацианоферат(II) – $K_4[Fe(CN)_6]$, се получава колоиден разтвор, съдържащ $KFe(III)[Fe(II)(CN)_6]$. Интензивният цвят и малката разтворимост на утайката правят тази реакция много специфична и чувствителна за установяване на йони от желязо(III). По този начин тези реакции са едни от най-чувствителните реакции за доказване на присъствието на желязо(III) в т.нар. *мокър химичен анализ*.

Същевременно ако към разтвор, съдържащ Fe^{2+} , бъде добавен разтвор на калиев хексацианоферат(II), $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, се получава бяла утайка, която на въздуха синее, поради окислението на Fe^{2+} в Fe^{3+} , т.е. поради превръщането на $\text{K}_2\text{Fe}(\text{II})[\text{Fe}(\text{II})(\text{CN})_6]$ в $\text{KFe}(\text{II})[\text{Fe}(\text{III})(\text{CN})_6]$.

Утайките от „берлинско синьо“ – $\text{KFe}(\text{III})[\text{Fe}(\text{II})(\text{CN})_6]$ и „турнбулово синьо“ – $\text{KFe}(\text{II})[\text{Fe}(\text{III})(\text{CN})_6]$ имат променлив състав, но съгласно съвременни кристалоскопски данни, получени с помощта на рентгенова дифракция, електронен парамагнитен резонанс и Мьосбаурова спектроскопия, те са идентични, т.е. „берлинското синьо“ и „турнбуловото синьо“ са едно и също съединение.

От структурата на пигмента берлинско синьо са известни и други имена – желязо-цианидово синьо, фери-цианидово синьо или фери-фероцианидово синьо, както и стоманеносиньо. Поради различните свойства на съединението обаче, получено по различните методи на синтез от фирмите-производители, са известни и други названия на този пигмент. Тези и още названия се държат на разнообразните фирми – производители на пигмента, които го предлагат на пазара под различни имена, но винаги става дума за берлинско синьо.

Синият цвят на пигмента се изявява, когато към него бъде добавена вода, етанол

или метилетилкетон, т.е. от полярни минерални разтворители. Синият цвят се изявява и в неполярни масла – например ди-н-октилфталат или ленено масло. Същевременно обаче берлинското синьо е неустойчиво към алкални разтвори, но се разлага само от горещи киселини.

Тъй като притежава изключително наситен син цвят от много ситни кристалчета, берлинското синьо намира място както в живописата, в автомобилната индустрия, така и на много други места. Синьото лаково покритие на много автомобили е получено с помощта на берлинско синьо. В областта на машиностроенето този пигмент намира също приложение, тъй като под формата на паста, нанесена върху метала, дава възможност на иначе зрапавата метална повърхност да изглежда гладка и много привлекателна. Намира приложение и като прозрачна апретурна на метални фолия, както и за отпечатване върху ламарина. Берлинското синьо е особено подходящо в смес с алуминиев прах, когато то служи за производството на блестящи повърхности.

Берлинското синьо намира употреба и при рисуването на акварели и картини с маслени бои. Първата картина, в която е установено използването на берлинско синьо, е нарисувана от Питер ван дер Верф (Pieter van der Werff, 1665 – 1722) и се нарича



Кристали от берлинско синьо, т.е. калиев фери-фероцианид



Изворът на нимфата, рисуван от Антоан Вато (Jean-Antoine Watteau, 1684 – 1721) през 1708 г. Синият цвят в картината е резултат от използване на берлинското синьо

„Полагане на Христос в гроба“. В двора на пруския крал, където Антоан Вато и неговите последователи Никола Ланкре (Nicolas Lancret, 1690 – 1743) и Жан-Батист Пате (Jean-Baptiste Pater, 1695 – 1736), всички те са френски художници от времето на барока и рисуваха, използвайки за син цвят берлинското синьо. Известни са и други картини, рисувани с маслени бои, в които за синия цвят е използвано берлинското синьо. Така например картини на италианеца, наречен по-късно Каналето, на импресионистите, сред които изпъква името на Клод Моне (Claude Monet), на експресионистите или символистите, сред които е норвежецът Мунк (Edvard Munch, 1863 – 1944) и т.н.

Същевременно обаче за изписването на стени берлинското синьо е неподходящо, тъй като синият цвят много бързо се превръща в кафяв. Следователно за изрисуване на фрески берлинското синьо е напълно неподходящо. Това се дължи на ниската му устойчивост на алкално действащи съединения, каквито са например хоросанът (смес от калциев хидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) и пясък).

Сравнително малко количество от берлинското синьо намира употреба и при про-

изводството на хартия, тъй като по-големи количества от пигмента придават много тъмен, почти черен цвят на хартията. Докато големи количества от пигмента намират приложение при производството на пластмаси.

Като синя боя берлинското синьо притежава сравнително добра покриваемост, тъй като са достатъчни 20 г, за да бъде покрит 1 квадратен метър, т.е. 20 г/м².

Без берлинско синьо не би бил познат и процесът, известен днес като цианотипна фотография. Той е изобретен през 1842 г. от английския физик и астроном Джон Хершел (John Frederick William Herschel, 1792 – 1871), син на астронома Уилям Хершел (Friedrich Wilhelm (William) Herschel, 1738 – 1822). Процесът се състои в следното: 8,5 % разтвор на амониев феро-цитрат – $\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{II})\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7]$ и 20 % разтвор на калиев ферицианид – $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{III})(\text{CN})_6]$ в подходящи количества се смесват и се нанасят върху акварелна хартия. След нейното изсъхване на тъмно върху хартията се поставя негатив на това, което желаем да бъде отпечатано, и се облъчва с ултравиолетова светлина. (Възможно е да бъде използвана и слънчева светлина.) Ултравиолетовата светлина редуцира $\text{Fe}(\text{III})$, превръщайки го в $\text{Fe}(\text{II})$. То реагира с ферицианида, при което се получава берлинско синьо. При това хартията се оцветява в приятен син цвят. Въздействие от 10 – 20 минути на ултравиолетовата светлина е достатъчно, за да бъде получен крайният резултат. Разбира се, този метод е възможно да бъде приложен върху всяка повърхност, която може да бъде напоена с изходните разтвори. Това ще рече, че за целта амониевият феро-цитрат и калиевият ферицианид могат да бъдат нанесени върху текстилни тъкани, изработени от памук или вълна.

За синтезиране на берлинското синьо съществуват множество методи. При това се получават съединения, които са оцветени в синьо, зелено или дори във виолетово,

т.е. невинаги методите за неговата синтеза водят до желаното синьо оцветяване.

Неговата структурна формула, която е причина за появата на различно оцветени съединения, остава неразгадана много дълго време. Това става възможно едва през 1977 година, т.е. почти 275 години след неговото откриване. Едва тогава се разбира, че различният строеж, а оттам и различното оцветяване на получените кристали се дължат на факта, че в кубичната кристална

решетка на съединението: $[\text{Fe(III)}]_4[\text{Fe(II)}(\text{CN})_6]_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, на всеки 5 ангстрьома двувалентното желязо (Fe^{2+}) се заменя периодично с тривалентен железен йон (Fe^{3+}). При това зарядът на всеки четвърти йон желязо(II) (Fe^{2+}) остава некомпенсиран и се компенсира от йона във външната координационна сфера. Обяснението, разбира се, е твърде просто. Кристалната решетка на феро-фероцианида е твърде рехави и поради това е изпълнена с множество празнини, в които могат да се предвиждат йоните на желязото. Така се получават различно оцветените съединения, въпреки че рецептата за неговото получаване се спазва много стриктно. Същевременно фероцианидният йон – $[\text{Fe(II)}(\text{CN})_6]^{4-}$ е много стабилен, тъй като не дава реакции нито за железни йони (Fe^{2+}), нито за цианидни йони (CN^-).

Тази структурна подвижност на желязото се използва много умело от една немска фирма, която произвеждаща съединението $\text{KFe(III)}[\text{Fe(II)}(\text{CN})_6] \cdot x\text{H}_2\text{O}$ като лечебно средство. Лечебният характер на берлинското синьо се дължи на факта, че при



Гранд канале във Венеция, гледан от палата Фланджини към по-лето Сан Маркуола, рисуван от Каналето (Giovanni Antonio Canal, 1698 – 1768) през 1738 г. Картината е в Музея Пол Гети, Лос Анджелис, САЩ. Синият цвят в картината е получен чрез използване на берлинско синьо

синтеза му присъстващият едновалентен калиев йон (K^+) може да бъде заместен от други едновалентни йони като тези на талия (Tl) и цезия (Cs), т.е. Tl^+ или Cs^+ . При прием от 3 до 10 г берлинско синьо двата метала могат да бъдат извлечени от стомаха и червата на животното или човек, като след това се отстраняват чрез фекалиите. При това няма никаква опасност за човека, въпреки множеството цианови групи в съединението. Неговата разтворимост във вода възлиза на $2 \cdot 10^{-6}$ mol/L, а стабилитетната константа на берлинското синьо възлиза на $4 \cdot 10^{-36}$. Това означава, че възрастен човек би могъл да поеме орално 500 г от берлинското синьо, без това да застраши неговото здраве, докато същото количество например от готварска сол (NaCl) би означавало летален край за него.

Първото приложение на берлинското синьо като лечебно средство бе през 1987 г. Тогава в Бразилия от една болница е откраднат източник от радиоактивния цезий-137 (^{137}Cs). Такива източници се използват при лъчева терапия на болни. Активността



Водни лилии, картина, нарисувана от Моне (Claude Monet, 1840 – 1926), основател на художествения подход, известен като импресионизъм. Синият цвят в картината е резултат от използване на берлинското синьо

на източника възлиза на 55 TBq , т.е. $55 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$, единица с 12 нули след нея. Един от крадците на източника успява да го отвори и забелязва как белият прах, който се съдържа в източника, свети със синя светлина. Дъщерята на един от крадците се забавлява с това, като дори нанася по тялото си белия прах. Високата радиоактивност на източника е причина скоро да се появят изгаряния по кожата и тогава хората се обръщат за лекарска помощ. От момента на кражбата на източника до установяване на неговото нахождение са изминали 2 седмици. Време, достатъчно щото почти 250 човека да се окажат контаминирани с ^{137}Cs . От тях 30 дори биват третирани с берлинското синьо, за да бъде намален т.нар. *период на биологично полуизвеждане*. (Периодът на биологичното полуизвеждане на цезий-137 възлиза на 110 дни, т.е. след 110 дни остава половината от погълнатото количество на радиоактивния цезий в човешкия организъм. След още 110 дни в него остава една четвърт от първоначалното количество и т.н.). Използването на берлинското синьо като лекарство сред-

ство понижава този период на биологично полуизвеждане от 110 дни до 36 или дори до 10 дни. Този период зависи от формата, в която се намират цезият или талият, от времето, което е изминало от неговото поглъщане и др. Въпреки усилията на лекарите и употребата на берлинското синьо за понижаване на срока на изхвърляне на радиоактивния цезий (^{137}Cs), четирима от пострадалите завършват преждевременно своя жизнен път...

Следващото приложение на берлинското синьо като лекарство средство бе при лечението на пострадали животни в района на Чернобил. Там в резултат на аварията в ядрената централа от горящия ядрен реактор биват изхвърлени огромни количества от радиоактивния цезий в околната среда. Особено приложение берлинското синьо намери при лечението на редица домашни и горски животни от района на Чернобил, погълнали големи количества от радиоактивния цезий по време на пашата си по откритите терени. Такова лечение в България след аварията в Чернобилската ядрена централа не бе предприето, поради сравнително ниските количества от радиоактивността на цезия-137, погълнати от населението.

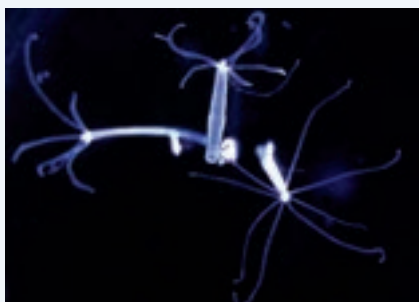
И така, от реактив за установяване присъствието на желязо(III), през употребата му като пигмент за син цвят в акварели и картини с маслени бои, в автомобилната промишленост и машиностроенето, за производството на синьо оцветени хартии, на цианотипната фотография и като лекарство средство за отстраняване на попаднали в човешкия организъм цезий и талий, берлинското синьо се утвърждава като химично съединение с много широка употреба. Настоящата статия разказва за някои от приложенията на пигмента берлинско синьо, представяйки неговото разнообразно използване в различните области на човешкото познание. ■

Има ли уста при примитивните животни?

Огромната част от познатите днес животни имат развита храносмилателна система и поемат храната си чрез постоянен орган – уста. Естествено тя е най-сложно устроена при гръбначните животни и човека. Към нея е развит сложен комплекс от спомагателни органи, мускули и жлези, които подпомагат поемането, глъчненето, омекотяването и поглъщането на разнообразната храна, с която се хранят висшите животни и човекът. Устата е сложен устроен орган и при повечето от по-висшите безгръбначни животни – охлюви, ракообразни, насекоми, стоножки и др., при които към нея също има комплекс от спомагателни органи като устни, челюстен апарат и глъкателни мускули, които улесняват улавянето, раздробяването и подаването на храната към глътката. Но при най-нисшите и примитивно устроени животни като еноклетъчните животни или протозои (Protozoa), пластинчатите животни (Plasozoa) и водните гъби (Ротифера или Spongia) такъв специализиран орган липсва и храненето се осъществява по много различен начин.

Като специализиран орган във връзка с храненето примитивна уста се появява за първи път в еволюцията на животните при мешестите животни, между които е и познатата ни от учебниците по биология сладководна хидра (*Hydra vulgaris*). Известно е, че хидрата има удължено цилиндрично тяло с дължина около 1,5 – 2 см, изградено само от 2 пласта клетки, и на задния край има прикрепителен диск, с който се захваща върху субстрата. А на предния край на тялото се намира къс затворен конус, около който са наредени няколко (обикновено 7 – 9) гълки подвижни пипала, които помагат за улавянето на храната. В центъра на предния конус се намира и устният отвор на хидрата, който въвежда директно в затворената гастроинтестинална празнина, където се осъществява смилането на храната. А храна на хидрата са различни гребни животни – водни бълхи, циклопси, гребни нематоди или ларви на водни насекоми, които тя улавя с подвижните околоустни пипала и поднася към устата.

Но как по-точно функционира устата при сладководните хидри е въпрос, който дълго време нямаше задоволителен отговор? Такъв предлагат проф. Джейсън



Картър и неговите колеги от Калифорнийския университет Сан Диего, които са публикували резултатите от своите изследвания в авторитетното международно списание *Biophysical Journal*. Те установяват, че в спокойно състояние на хидрата устният конус и устата, изградени също от 2 пласта клетки, както и тя-

лото, са плътни затворени и въсъщност животните нямат уста. В такова състояние и без храна хидрата може да преживее няколко седмици. Но когато пипалата уловят и парализират с копривните си клетки някоя жертва, например водна бълха, те започват бавно да я поднасят към устния конус на предния край на животното. В този момент започва сериозно клетъчно придвижване на клетките и преустройство в устния конус, в резултат на което започва бавно да се отваря първоначално микроскопичен, а по-късно и по-разширен отвор – устата. Това е процес, който трае около 60 секунди, докато пипалата поднасят уловената жертва към новоформирания устен отвор. Диаметърът на устата при хидрата винаги е различен и зависи от големината на уловената жертва. По-подробни хистологични изследвания на устния конус по време на формиране на устата показали, че придвижването на клетките и образуването на устния отвор става с помощта на специални мускулни израстъци на клетките – мускулни мионери. Когато по експериментален път, чрез въздействие върху хидрата с магнезиев хлорид поднасяли нова водна бълха, устата оставала постоянно затворена, тъй като той влияе обездвижващо на мускулните мионери и те не реагират.

Новите резултати имат важно значение за изясняване на формирането и усложняването на храносмилателната система и нейните органи в еволюцията на животинското царство. Те показват, че един от основните фактори при формирането и функционирането на устата и устния апарат при съвременните висши животни – мускулните клетки и мускулните групи, са еволюционно заложили като мускулни клетъчни мионери още при най-примитивните многоклетъчни животни – мешестите.

По *Biophysical Journal*

НОВИНИ ОТ НАУКАТА

Микроорганизми разграждат синтетични полимери



Един от големите проблеми при опазването на чистотата на природната среда е нейното замърсяване с отпадъци от предмети, изработени от синтетични полимери. Много често се получават сведения за замърсяването на водните басейни, както и почвата с неконтролируемо изхвърляни пластмасови съдове и остатъци от разрушени пластмасови уреди. Полимерните замърсители имат много лошото свойство да остават непроменени в околната среда практически неограничено продължително време. Причина за това е своеобразната „инертност“ на синтетичните полимери. Тези материали трудно се разграждат под действието дори на много активни и продължително действащи физични, химични и биологични фактори. Списание „Природа“ е информирало неведнъж за обезпокоителни случаи на замърсявания на природата с пластмасови отпадъци.

Важен фактор, който допринася за пречистването на околната среда от всевъзможни замърсители, е въздействието върху тях на различни микроорганизми. Въпреки че те допринасят за разграждането на най-различни вредни за здравето вещества като например пестициди, промишлени отрови, различни въглеводороди, миещи средства и други, синтетичните полимери не се повлияват от действието на обитаващи природата микро-

организми. Ето защо едно научно съобщение за откриването на бактерия, способна да разгражда ензимно един от видовете полимери, беше посрещнато от еколозите като научна сензация.

Едно от най-авторитетните научни списания, „Science“, публикува в един от последните си броеве на март 2016 г. труда на изследователски екип от Технологичния институт в Киото за резултатите от твърде интересните и много важни проучвания върху разграждането на синтетичния полимер **полиетилентерефталат (PET)** под действието на бактерията *Ideonella sakaiensis*. Шосюке Йошида (Shosuke Yoshida) и съавтори откриват, че *Ideonella sakaiensis* може да разгради практически напълно полиетилентерефталатов филм за непродължително време. Авторите на забележителното откритие пишат, че под действието на бактерията изследваният от тях „PET филм беше силно увреден и след шест седмици при 30 градуса практически напълно разграден“. За да стигнат до този резултат, учените е трябвало да проучат 250 проби от отпадъци на PET материали. Те показват, че откритата от тях бактерия има способността да разгражда от полимерния филм 0,13 милиграма за квадратен сантиметър на ден.

Откритието на японските изследователи има както много важно теоретично значение, така и непосредствена практическа стойност. Полиетилентерефталатът е синтетичен полимер от групата на полиестерите, създаден още през 1941 г. от английските химици Джон Рекс Уинфилд (John Rex Whinfield) и Дж. Т. Диксън (J. T. Dickson), който бързо намери широко приложение в различни области на медицината, всекидневния бит и промишлеността. Днес в световен мащаб се произвеждат около 50 милиона тона PET годишно. След като престанат да бъдат полезни, изделията от PET и техни части биват изхвърляни и така попадат във водните басейни и почвата, като ги замърся-

ват трайно. Лесно е да си представим, каква би била ползата от целенасоченото използване на бактерията *Идеонела сакаиензис*, под действието на която замърсяванията с PET биха престанали да създават екологични проблеми.

Много важен е въпросът за механизмите, които осигуряват разпадането на полиетилентерефталата. Д-р Йошида и сътрудници показват, че за разграждането на макромолекулата на полиестера решаваща роля имат **два неизвестни гомогава ензима. Това са PET-азата и МНЕТ-азата.** Първият от тях катализира разкъсването на химичните връзки в молекулата на синтетичния полимер, а вторият довежда до образуването на основните градивни молекули остатъци – етиленгликол и терефталова киселина. В последните етапи на биохимичното разграждане се стига до образуването на въглероден диоксид. Интересно е, че разграждането на полиетилентерефталата е толкова ефективно, че се оказва достатъчно за покриването на енергийните и веществени потребности на бактерията.

Значимостта на направеното от Шосуке Йошида и съавтори откритие има няколко изме-

рения. На първо място, трябва да се подчертае, че разграждане на синтетични полимери (и в частност на PET) под въздействието на микроорганизми е практически почти непознато. Особено важно е това, че пред глобалния проблем за опазването на околната среда от полимерни замърсители се разкриват реални перспективи. Реална също става и възможността за рециклиране на замърсяващия материал, тъй като продуктите от въздействието на МНЕТ-азата етиленгликол и терефталова киселина биха могли отново да се използват за синтетичното получаване на полиетилентерефталат.

Откритието на бактерията *Идеонела сакаиензис* и на продуцираните от нея специфични ензими повдига и някои неизяснени въпроси. Нека си пропомним, че полиестерният материал PET намира приложение само от около 70 години. Как за този твърде кратък за процесите на еволюцията период спомената бактерия е успяла да създаде двата високоспецифични ензима остава загадка, която тепърва ще трябва да намери своя отговор.

По scinexx.de



Полиетилентерефталатът (PET) е синтетичен полимер от групата на полиестерите. Това е термoplastичен материал, който се получава чрез поликондензация на терефталова киселина и етиленгликол. Има широко приложение за получаването на пластмасови съдове, фолия и текстилни материали

■ 2015 – ГОДИНА НА СВЕТЛИНАТА

Френел и вълновата оптика

Веселин Страшилов

Изминалата 2015 година бе определена от Общото събрание на Организацията на обединените нации за Международна година на светлината. Този избор не бе случаен – ролята на светлината в живота, в развитието на науката и техниката и в цялостното обществено развитие е известна.

The International Year of Light and Light-based Technologies 2015



INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015

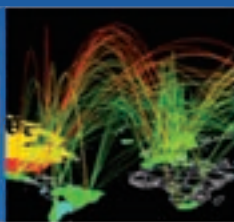
Health

Communications

Economy

Environment

Social



*„Дори признанието на знаменитите колеги
не може да се сравни с удоволствието
от откритата теоретична истина
и експерименталното ѝ потвърждение.“*

Огюстен-Жан Френел



За науката за светлината през вековете годините, отстоящи назад на 50, 100, 150 и т.н., сякаш са белязани с открития. Само да споменем – отбелязваме 1000 години от пионерните творби по оптика на учения Ибнал-Хайтам, известен и с латинизираното си име Алхазен (вж. бр. 4/2015 на сп. „Природа“), 150 години от електромагнитната теория за същността на светлината на Максвел, 100 години от публикуването от Айнщайн на общата теория на относителността, също свързана с представите ни за светлината. Но най-значимото според нас събитие в тази поредица идва през 1815 г. с публикуването от Френел на по същество първия научен труд върху вълновата природа на светлината. Нека да се опитаме да обосновем защо отдаваме такова значение на този голям френски учен и на ролята му за развитието на оптиката през вековете и до днес.

Огюстен-Жан Френел (Augustin-Jean Fresnel) е роден през 1788 г. в консервативно семейство. Остава на този свят само 39 години поради крехкото си здраве, а и вероятно поради трудностите, които го съпътстват неизменно. На осем години все още не може добре да чете, но после бързо наваксва – през 1804 г. вече е инженер по пътно строителство в различни области на Франция. Инженерният му профил (който се проявява по-късно и в областта на изграждането и поддръжката на морските фарове) оказва

влияние върху научната му дейност с изявения му интерес към експеримента като решаващ фактор за признаването на истинността на научния резултат. С оптика всъщност Френел започва да се занимава чак през 1814 г., само година преди пионерната му работа по дифракция на светлината, за която става дума по-долу. Приживе този бележит учен остава непризнат. Упрекват го, че си присвоява резултати, постигнати от други, води битката за вълновата теория практически сам. Търпи и житейски несгоди. След завръщането на Наполеон от Елба заради монархистките си възгледи е уволнен и дори поставен под домашен арест, където вероятно създава най-солидните си творения. След смъртта му започва постепенен процес на реабилитация. Името му е гравирено върху Айфеловата кула, редом с имената на други велики французи. Постиганията му са в основата на редица съвременни оптични приложения. Днес има много почитатели по цял свят, които ревностно отстояват достойното му място в развитието на оптиката.

През октомври 1815 г. Френел пише до Френската академия на науките обширна статия върху своите изследвания по дифрак-

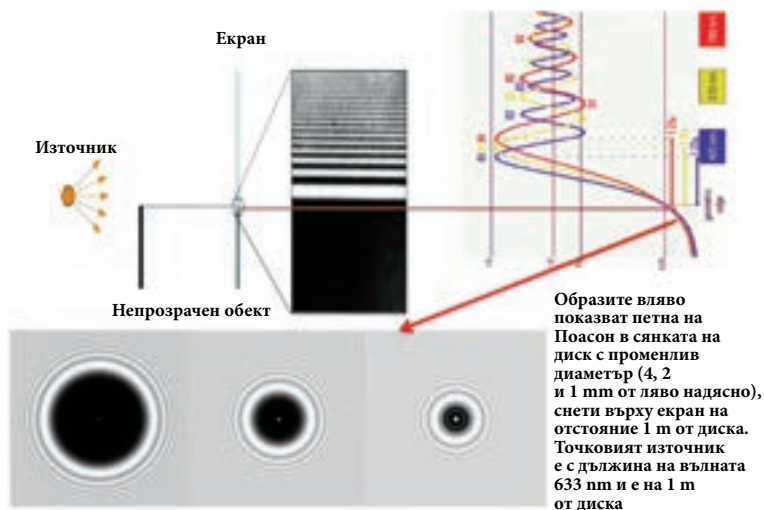
цията на светлината. Още първите редове, които се виждат на приложеното тук копие, сочат обзелата го голяма амбиция – да се противопостави на Нютоновата теория за същността на светлината. В тези времена възгледът на Нютон за светлинните лъчи като съставени от частици (корпускули), които се разпространяват праволинейно и се улавят от чувствителните ни сетива, е неоспорим, въпреки очевидните трудности, които той среща при обяснение на дифракционните явления. В този обширен трактат Френел обосновава теоретично идеята за светлината като вълново явление и на тази основа обяснява цветните дифракционни ивици, появяващи се в сянката на препятствията. Изводите му са подкрепени с множество експерименти, при които проявява впечатляваща находчивост – използва канки от мед като лещи и парче тел като препятствие, поставено на пътя на светлината от ярка звезда като източник. Самият акт на противопоставяне на утвърдените представи е изисквал голяма смелост и решителност, като имаме предвид авторитета на Нютон и факта, че Френел няма много поддръжници в тази битка. Решително се оказва едно състезание, спонсорирано през 1819 г. от Френската академия на науките, за изясняване на светлото петно в центъра на сянката на кръгло препятствие (обяснение е дадено по-долу в текста). Въпреки че в съдийската комисия е имало редица видни поддръжници на Нютоновата корпускулярна теория като математика Симеон Дени Поасон (Siméon Denis Poisson), Френел печели под натиска на неопровержимите факти. Триумфът на вълновата теория за светлината слага началото на редица нови изследвания и представи, част от които са също дело на самия Френел. Например той пръв получава кръгово поляризирана светлина, което го води до извода, че светлината не е надлъжна вълна, както винаги дотогава се е смятало.

Днес е лесно да създадем контрастна дифракционна картина, защото разполагаме с добри монохроматични източници на



Първата страница на знаменития трактат на Френел върху дифракцията

светлина – лазерите. На една дължина на вълната оптичните пътища на лъчите са изчислени и дифракционните максимуми са добре пространствено оформени. В миналото тази задача е била трудна заради широките честотни ленти на тогавашните лампи. На долната фигура виждате разположението на дифракционните ивици върху екран зад непрозрачен обект. Те стоят различно за различните дължини на вълните. Затова при бяла светлина картината е оцветена. Концентричните кръгове се получават в сянката на кръгъл непрозрачен обект. В средата, където лъчите се събират във фаза поради симетрията и еднаквите оптични пътища, стои светло петно – обект на спора, довел до гореспоменатото състезание. Поасон е твърдял, че вълновата теория на Френел е грешна, защото предсказва именно такова петно, което не би трябвало да съществува. Затруднен, Френел моли своя колега и приятел Франсоа Араго (Dominique François Jean Arago) да му съдейства при направата на експеримента. Резултатът красноречиво потвърждава наличието на петното, наричано оттогава на името на Поасон – на този, който отричал неговото съществуване. Както отбе-

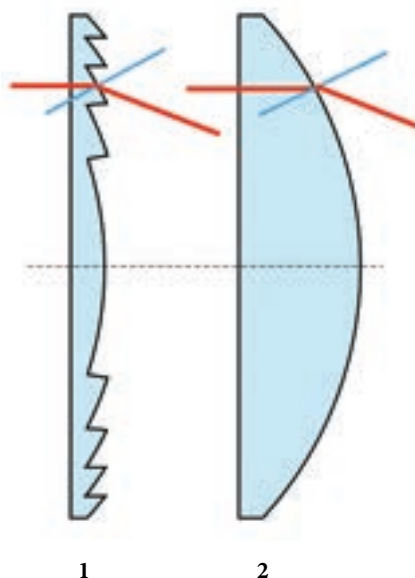


Ивици на Френел Петно на Поасон

Френелови ивици зад непрозрачен екран

лязахме, този момент се явява повратен в разбирането за същността на светлината и вълновата теория бързо добива доминиращ характер.

Остроумното изобретение на Френел – лещата – получава много по-мощно приложение, отколкото вероятно той е очаквал. Принципът е много прост – фокусирането на лъчите се извършва при пречупването им на границата стъкло – въздух чрез отклонението им встрани от нормалата към повърхността. При обикновената леща посоката на нормалата се променя непрекъснато заради сферичната форма на повърхността. Но тази леща не е в състояние да събере широк светлинен поток – би станала твърде голяма, дебела и тежка. Френел я заменя с леща с гофрирана повърхност, върху която са запазени посоките на нормалите в отделните области, но отпада необходимостта от удебеляване. Всъщност Френеловата леща може да се разглежда като съставена от множество тънки кръгови сегменти с различно ориентирани нормали. Така площта на лещата може да се увеличи значително, което да позволи фо-



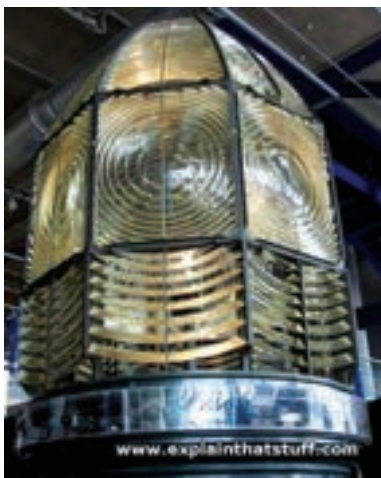
Леща на Френел (1) и обикновена събирателна леща (2)

кусирането на широки светлинни потоци и реализацията на големи плътности на потока на енергията на светлината във фокуса.



Веселин Страшилов е професор във Физическия факултет на Софийския университет. Научните му интереси са в областта на физиката на твърдото тяло, акустиката и оптиката. Понастоящем е пенсионер

Това естествено води до широкомащабни приложения. Първи идват морските фарове. Като инженер, ангажиран с правителствени проекти и дейности, Френел осъществява сериозна дейност по наблюдението и усъвършенстването на фаровете по крайбрежието на Франция. С мощна ксенонова лампа във фокуса и комплект френелови лещи (виж-



Морски фар с френелови лещи

те долу снимката на един експонат в британски музей) се получават успоредни лъчи в светлинни снопове, които достигат големи дистанции (над 15 km). Тази страна от научната дейност на Френел в оптиката спасява през вековете неизброими човешки животи. Иначе тези лещи се използват и понастоящем в редица приложения – проекционни апарати, широкоекранни телевизори, за обработка на метали и т.н.

Идеята на Френел за комбинираното действие на серия вторични източници на светлина, която имаме при лещата, намира израз и в т.нар. Френелови отражатели. На стр. 45 горе (а) виждате една съвременна соларна система за производство на електричество, използваща система от отражатели. Те насочват слънчевата светлина върху приемници с вода, която се изпарява и получената при високо налягане пара задвижва турбината и генератора на електричество. Интересното е, че отражателите се въртят, така че да осигурят фокусировка на лъчите и действие на системата през целия ден, синхронно с движението на слънцето по хоризонта. Важно е да се отбележи, че тези станции от актуалната понастоящем сфера на възобновяемите източници на енергия вече излизат от фазата на разработка и влизат в комерсиално действие, като мощността им никак не е за пренебрегване.

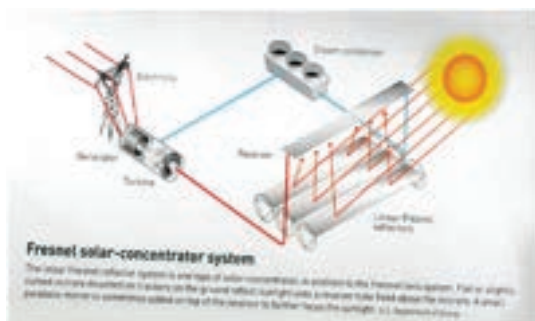
Накрая, за да илюстрираме докрай съвременното звучене на делото на Френел в оптиката, ще споменем един астрофизичен проект, който е замислен за следващите две години. Космичните лъчи, сблъсквайки се с атомите в стратосферата, водят до излъчване на ултравиолетови фотони, които са свързани с температурни ефекти. Идеята е да се изследва това излъчване чрез възможността Френеловите лещи да улавят и броят фотоните чрез широката апертура на изследваните снопове. В един моделен експеримент, който вече е осъществен, балон с поставена такава леща се облъчва със светлина от ултравиолетов лазер, поставен върху хеликоптер. Фотоните са успешно регистрирани с подходящи детектори.

Движещи се дървета

Оказва се, че има такива дървета. Те са от вида *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. от семейство Arecaceae. Тези палми обитават влажните тропични гори в Средна и Южна Америка: Никарагуа, Панама, Коста Рика, Гвиана, Френска Гвиана, Колумбия, Бразилия, Еквадор, Суринам, Венецуела, Перу и Боливия под 1000 м надморска височина. Стъблото е високо от 10 до 20 м и до 20 см в диаметър. Поддържа се в основата си от многобройни кафяви корени. Листата са дълги от 1,5 до 3,5 см с перести дялове (от 15 до 25) от всяка страна, разцепени по дължина на 2 до 18 сегмента. Съцветията са дълги от 30 до 60 см, разклонени. Излизат от стъблото. Те са гроздовидни и покрити с няколко присъцветни листа. Мъжките цветове са дребни и носят 17 до 65 тичинки. Покрити са от три обвивни листчета. Женските цветове са дълги около 5 мм, зелени на цвят с дъговидна форма. Зрелите плодове са цилиндрични, дълги до 3,5 см, широки до 1,5 см и тъмнокафяви на цвят. Семената са овални, кафяви и дълги 3 см. От тях се изработват гerdани.

Стъблото на тези палми се използва за строеж на къщи и други постройки. Използват се и като тръби. Покритите с игли корени се използват за остързване на кокосови орехи и юка. Вътрешността на кокиловидните корени се използва като афродизиак при мъжете.

Това е може би единственото в света движещо се дърво. Казват, че неговата заплетена система от корени помага на дърветата в движението им към слънчевата светлина, когато се сменят сезоните. Тези дървета могат очевидно да се преместват до 2 – 3 см на ден и до 20 м за една година. Пътеводителите за влажните екваториални гори в страните от Латинска Америка като Еквадор впечатляват туристите със смайващите движещи се растения от десетилетия. Повечето широко разпространени версии на разказите са, че това дърво се движи бавно в



а)



б)

Френелова соларна система (а) и Френелова леща в експериментален модул за броене на фотони в стратосферата (б). Илюстрациите са взети от статията "200 years of Fresnel's legacy" by Patricia Daukantas, published in the 01 September issue of Optics and Photonics News, OSA, 2015

В планирания експеримент, който трябва да се осъществи на Международната космическа станция, се предвижда леща с диаметър 2,5 м да насочи фотоните върху каскада от 6000 фотоумножителя (прецизни детектори, които са способни да регистрират дори отделни фотони). Този мащабен експеримент е най-доброто свидетелство, че делото на Огюстен Френел е живо и в съвременната физика, и ще продължи да вдъхновява изследователите със своята мащабност и дълбочина. ■



търсене на слънчева светлина посредством израстване на нови корени в посока на светлината, чрез отмиране на старите корени. Добавните корени се разделят от стъблото като няколко „крака“ над почвата, създавайки измамната, че дървото „върви“.

Когато почвата е ерозирана, дървото образува нови дълги корени, които намират нова и по-богата почва, понякога на 20 м разстояние, разказва Петер Врсански – палеобиолог от Словашката академия на науките, който живее от няколко месеца в ЮНЕСКО биосферния резерват, намиращ се на няколко дни път от град Кито. Когато корените попаднат в новата почва и дървото сигурно и бавно тръгне в посока на новите си корени, старите корени бавно се издигат във въздуха. Целият процес (вървеж) за дървото по преместването на новото място с по-добра слънчева светлина и повече твърда почва може да продължи две години.

Повечето учени не вярват, че тези дървета могат да се преместват. В статията от 2012 г. „Дървета, които се движат“ в *Live Science* се смята, че това е фантастика. Но дърветата са реални и те наистина могат да се движат. Гералдо Авалос – биолог и директор на Центъра за устойчиво развитие в Коста Рика и един от световните експерти по *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl., е съгласен, че движещите се растения могат да се преместват. „Моята теза доказва, че това убеждение в движещите се палми е вярно. Животът е малка мисте-

рия.“ Туристическите пътеводители разказват това на посетителите на влажните тропични гори. Мит или не, движещите се растения продължават да очароват туристите, посещаващи Еквадор.

Димитър Димитров



С какво се хранят паяците?

Вероятно мнозина от вас, уважаеми читатели, веднага ще кажат: „Що за въпрос, и децата знаят, че паяците са хищници и ловят в мрежите си насекоми и други дребни животни, които изсмукват“. Наистина, във всеки учебник паяците са пример за ненастижни хищници, които плетат и залагат навсякъде различни по форма, големина и сложност паяжинни мрежи, дебнат попадналите в тях жертви и изсмукват вътрешното им съдържание, а на мрежите остават само сухите им хитинени обвивки. Някои видове тропически паяци плетат особено здрави и големи паяжинни мрежи, в които понякога попадат и дребни животни – птици, жаби или дървесни змии. В научнопопулярните филми, а понякога и в някои филми на ужасите често могат да се видят едри космати паяци птицеведи, които нападат не само дребни птици и влечуги, но заплашват и по-едри животни, вкл. и човека.

Всичко това е вярно, но малцина знаят, че и между паяците има доста много видове и цели семейства от тях, които понякога предпочитат растителна диета и се хранят и с различни видове водорасли, гъбен мицел и висши растения. Известно е, че паяците са много голяма животинска група, която обхваща около 30 000 вида, обединени в над 110 семейства и разпространени на всички континенти, с изключение на Антарктида. Склонност към вегетарианство е наблюдавано при около 10 семейства от тях, които не са абсолютни хищници, а се отнасят по-скоро към екологичната категория всеядни животни (Омнивора). Най-често склонност към вегетарианска диета проявяват т.н. паяци скачачи от семейство Томизиде

(Thomisidae), които често се срещат и в България, особено в открити и скалисти местообитания. Някъде ги наричат и паяци раци, поради външната им прилика с криви раци и способността им да се движат не само напред, но и настрани. Случаи на вегетарианство например проявяват и паяците от семейство Clubionidae, които си правят изплетени от паяжини скривалища (мехчета) по листата на растенията и там изчакват жертвите си. Някои видове от това семейство не изсмукват, а направо ядат уловените насекоми, а когато такива няма, преминават и към растителна диета.

Но трябва веднага да поясним, че тези всеядни и склонни към вегетарианство паяци не ядат цели или части от растителните органи – листа, цветове, семена и др., а предпочитат да изсмукват от тях растителен сок, нектар, отделни капчици медена роса или други меки растителни образувания, които намират върху листата или цветовете на растенията. Според белгийски и английски учени, изучавали хранителните диети на паяците, видовете, които обитават топли страни и региони, по-често използват растителна храна в сравнение с техните събратя от хладните географски ширини. Те обясняват този факт с обстоятелството, че растенията от топлинните географски ширини по-обилно отделят нектар или медена роса и за паяците с вегетариански предпочитания намирането на такава „питателна“ храна е по-лесно и достъпно, отколкото преследването и улавянето на животинска храна.

По Journal of Arachnology и Наука и Жизнь





Съвременни приложения на ядрените методи в медицината

Чавдар Стоянов, Димитър Тонев, Динко Динев

Със създаването през 30-те години на миналия век на ускорителите на частици възниква и друго основно направление на съвременната медицина – лъчевата терапия. Днес това са бурно развиващи се области на медицината. През последните години има значителен напредък както в апаратурата, така и в методите за радионуклидна диагностика и за лъчетерапия. В рамките на обединена Европа бе създаден Nuclear Physics European Collaboration Committee (*NuPECC*). Този Комитет следи и подпомага развитието на големи инфраструктурни проекти в областта на фундаменталната ядрена физика.

Ще представим накратко съвременните подходи за използване на ядрените методи за медицинска диагностика и при терапията на злокачествени образувания, както и новия проект на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН, свър-

Скоро след откриването в края на XIX в. на йонизиращите лъчения и на радионуклидите започва тяхното приложение в медицината. Ражда се нова област на фундаменталната и на практическата медицина – нуклеарната медицина, с две направления: радионуклидна диагностика и радионуклидна терапия.

зан с модернизацията на базата на института за производство на материали, необходими на медицината.

Радионуклидната диагностика е лъчево изследване, базиращо се на използването на

химични или биохимични съединения, белязани с радионуклиди, т.нар. радиофармацевтици. Използва се избирателното натрупване и отделяне на радиофармацевтиците от изследвания орган. За начало на радионуклидната диагностика се приема 1927 г., когато Блумгарт (H. Blumgart) и Вайс (S. Weiss) използват радон за оценка на хемодинамиката на пациенти със сърдечна недостатъчност.

Особено бързо радионуклидната диагностика започва да се развива след 1963 г., когато Х. Ангер (Anger) изобретява т.нар. гама-камера (γ -камера). Гама-камерата е принципно нов прибор за получаване на радионуклидни изображения. Регистрира

се пространствено-времето разпределение в организма на съединения, белязани с γ -активни радионуклиди. Това се извършва от позиционно-чувствителен детектор на γ -лъчение и специализирана компютърна система. Методът е известен като SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography).

Наг 85 % от изследванията по метода SPECT се извършват с радионуклида **технеций ^{99m}Tc** . В момента този радионуклид най-често се произвежда в болничното заведение с помощта на т.нар. радионуклидни генератори. Те са създадени през 60-те години на XX в. в Националната лаборатория на САЩ в Брукхайвън. Използва се радиоактивното разпадане на молибден, създаден в ядрени реактори, от който се получава **технеций** в метастабилно състояние. През последните години все по-голямо разпространение получава производството на ^{99m}Tc с помощта на циклотрони.

В средата на 70-те години възникна нов и много перспективен метод за изследване на вътрешните органи: позитронно-емисионната томография – PET (Positron Emission Tomography). PET се основава на регистрирането на двойки противоположно насочени γ -кванти, възникващи при анихилацията на позитрони, излъчвани от позитронно-активен радиофармацевтичен препарат, който преди изследването се въвежда в организма на пациента. Разпределението на радиофармацевтика се проследява от компютризирана детектираща апаратура, т. нар. PET-скенер.

PET е един от най-информативните диагностични методи. Той притежава уникална чувствителност. PET позволява провеждането на ранна диагностика на сложни заболявания, оценка на функционалното състояние на органите и тъканите, ранна диагностика на метастазирането на патологичния процес и др. Методът PET намалява **дозовото натоварване** на пациента с един порядък.

Оптимални характеристики за PET притежава радионуклидът флуор ^{18}F с период на полуразпад $T_{1/2} = 109.8 \text{ min}$. От една страна,



Чл.-кор. проф. Чавдар Стоянов е завършил Софийския университет „Св. Кл. Охридски“. Защитава дисертация „Доктор на физико-математическите науки“ в ОИЯИ – Дубна. Ръководител на лаборатория „Ядрена спектроскопия“ в ИИЯЕ. През 2004 г. е избран за чл.-кор. на БАН. Научни интереси: теоретична ядрена физика, ядрени модели, ядрена структура. Експериментална ядрена физика – унищожаване (трансмутация) на ядрени отпадъци чрез ядрени реакции. Археометрия – приложение на ядрените методи в археологията.

на, периодът на полуразпад на ^{18}F е достатъчно голям, което позволява транспортирането на радионуклида от мястото на неговото производство до клиниката. От друга страна, този период е достатъчно малък, за да имаме ниско дозово натоварване на пациента. Енергията на излъчваните от ^{18}F позитрони е ниска (0.63 MeV), което обезпечава висока пространствена разделителна способност на изображението. В онкологията най-голямо приложение са получили изследванията с белязана с ^{18}F **гезоксиглюкоза** (^{18}FDG). **Както е известно, туморната** тъкан поглъща много повече глюкоза от нормалната.

Един пълен PET център включва: циклотрон за производството на ултра-краткоживущи позитронно-активни изотопи,



*Циклотрон TR-30
за производство
на медицински
радионуклиди на фирмата
Advanced Cycloytron Systems
Inc. (ACSI)*

мишенни станции за получаването и отгелянето на нуклида, радиохимична лаборатория за синтез и анализ на радиофармакологичните препарати и един или няколко PET сканера.

Разпространение получиха и т.нар. фабрики за производство и доставка на PET изотопи. Една подобна фабрика се състои от циклотрон, добре оборудвани радиохимични лаборатории за синтез на нуклидите и за техния анализ и прецизна разфасовка.

Скоро след откриването на рентгеновите лъчи се установява, че големи дози радиация водят до смърт на клетката. Днес е известно, че това се дължи на увреждането от радиацията на жизненоважни компоненти на клетката и най-вече на ДНК. В резултат клетката губи способността си да се дели и загива. Възниква идеята йонизиращата радиация да се използва в терапията на онкологичните заболявания.

В идеалния случай действието на използваното лъчение трябва да се ограничи до границите на тумора, а околжаващите го здрави тъкани да не се увреждат. Това е особено важно, когато в непосредствена близост до тумора са разположени критично важни органи.

Систематични изследвания на биологичното действие на различните видове йонизираща радиация започват през 1936 г. в Националната лаборатория на САЩ в Бъркли. Под ръководството на Джон Лорънс (John Lawrence), брат на съзателя на циклотрона и Нобелов лауреат Ернест Лорънс (Ernest Orlando Lawrence), започва мащабна програма за терапия на злокачествени новообразувания с бързи неутрони. Неутроните са генерирани при облъчването на берилиева мишена с ускорени в циклотрон протони. За период от четири години са лекувани 226 пациенти с различни онкологични заболявания. По онова време обаче отсъствали достатъчно експериментални и теоретични знания за биологичното действие на йонизиращите лъчения и проведената терапия е свързана с чести усложнения.

През 50-те и 60-те години на XX в. в лъчевата терапия се използват основно твърдото рентгеново лъчение (12 – 45 MeV) от бетатрони и γ -лъчението от радионуклидни източници (Co^{60}).

В момента в лъчевата терапия най-голямо разпространение са получили линейните електронни ускорители. Те са компактни,

надеждни и икономични. Линејните електронни ускорители са източник на снопове ускорени електрони и на спирално мегаволтово γ -лъчение.

Йонизиращите лъчения действат чрез йонизация и възбуждане на атомите на веществото. В биологичното действие на йонизиращата радиация може да се отдели пряк и непряк ефект. Преприят ефект се дължи на разрушаването или модифицирането на химичните връзки в критично важни за функционирането на клетката молекули, най-вече ДНК. Неприят ефект на облъчването е свързан със създаването на силно реактивни свободни радикали (H^+ , OH^-) в съдържащата се в клетката вода. Присъствието на кислород усилва този вторичен ефект. Количествено това явление се описва от т.нар. фактор на кислородно усиление OER (**Oxygen Enhancement Ratio**). Туморните клетки, които са лошо кръвоснабдени, нямат достатъчно кислород (хипоксия). В резултат те са порадирезистентни от околните нормални тъкани.

Основна характеристика на йонизиращите лъчения е линејното предаване на енергията LET (**Linear Energy Transfer**). **Линејното** предаване на енергията е равно на енергията, отдавана от лъчението на единица път от неговия пробег във веществото. Тази величина определя колко „плътно“ лъчението йонизира веществото по своя път. Електроните и γ -квантите имат ниско LET (до $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$). Сноповете, ускорени до висока енергия протони (200 MeV) и йони (400 MeV/u), **имат високо линејно предаване** на енергията ($\sim 100 \text{ keV}/\mu\text{m}$).

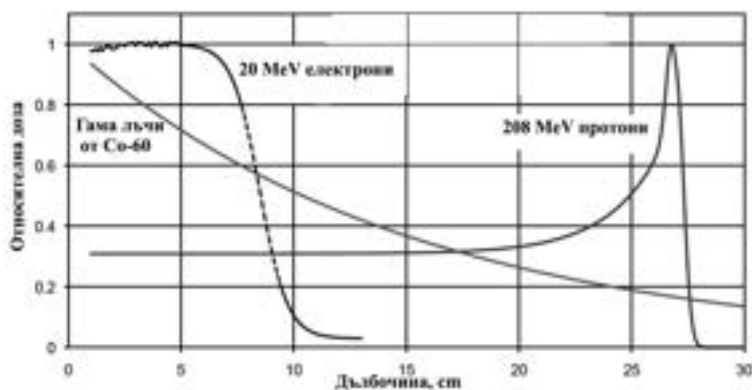
Лъченията с по-голямо линејно предаване на енергията увреждат по-силно клетките. Количествено това се описва от относителната биологична ефективност RBE (**Relative Biological Effectiveness**). **Относителната** биологична ефективност се определя като отношение на дозата на рентгеново лъчение към дозата на разглежданото лъчение, която има същия биологичен ефект. По дефиниция за рентгеновото лъчение



Доц. д-р Димитър Тонеv е завършил Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Работи в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН от 2007 г. От 2011 г. досега директор на ИИЯЕ – БАН, ръководител на лабораторията „Циклотронна физика“, ръководител на българската делегация в ЦЕРН. Основните му интереси са в областите: ядрена физика, ядрена спектроскопия, ускорителна физика, физика на високите енергии, радиофармация, ядрена енергетика.



Доц. д-р Динко Динеv е завършил специалност „Ядрена физика“ в Софийския университет „Св. Кл. Охридски“. Работи в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН. Специализирал е в Института за физика на високите енергии (ИФВЭ) в гр. Протвино, Русия, в ОИЯИ в гр. Дубна, Русия, и в Изследователския център (FZ) в гр. Юлих, Германия.



Разпределение на погълнатата доза като функция на дълбочината на проникване в тъканите – крива на Бряг

$RBE = 1$, докато при ускорени възлеродни йони RBE достига до 2 – 3.

При протоните и йоните увреждането на клетката се дължи не толкова на образуването на свободни радикали, а на локалното отделяне на значително количество енергия, което предизвиква разрушаването на ДНК. Йонните снопове имат и по-нисък фактор на кислородно усилване, което е особено важно за провеждането на лъчевата терапия, особено за случая на радиорезистентни тумори. Измерено е, че докато за γ -квантите $OER \sim 3.0$, то за възлеродни йони $OER \sim 2.0$.

Докато при електроните и γ -квантите плътността на йонизацията (LET) се изменя плавно с навлизането им във веществото, то тежките заредени частици (протони и йони) отдават преобладаваща част от своята енергия в самия край на своя пробег. Това е т.нар. пик на Бряг (**Bragg peak**). Дълбочината, на която е разположен този пик, се определя от енергията на частиците. Това обстоятелство открива възможност за локализиране на погълнатата енергия в тумора, като максимално се щадят околните здрави тъкани и органи. Обратно, при γ -квантите след достигането на максимум на погълнатата доза следва нейното бавно експоненциално затихване. Този максимум е разположен

близо до повърхността на тялото, 2 cm за γ -кванти, генерирани от 8 MeV линеен електронен ускорител. Така γ -квантите увреждат и тъканите, разположени пред и зад тумора. За намаляване на лъчевото натоварване върху здравите тъкани облъчването на тумора с γ -кванти се извършва под голям брой различни направления. Електроните пък имат ограничена дълбочина на проникване в пациента. Те се използват за третиране на разположени близо до повърхността на тялото тумори.

Тежките заредени частици имат почти еднакъв пробег във веществото. Разсейването им е слабо. Странично на протонния или йонния сноп и зад пика на Бряг погълнатата доза спада много рязко, което позволява облъчването на много малки тумори и на тумори, разположени плътно до критични органи и структури.

От всичко казано по-горе се вижда, че тежките заредени частици имат голям потенциал за провеждането на лъчева терапия. Терапията с ускорени протони и йони се нарича още адронна терапия, защото тези частици принадлежат към семейството на адроните (частиците, участващи в силното взаимодействие). Към адронната терапия принадлежи и терапията с бързи неутрони. Този метод не получи значимо разпространение и ние няма да се спираме

на него в тази статия. Основното предимство на агронната терапия е в създаването на дозово разпределение, което максимално съвпада с границите на тумора, щадейки здравите тъкани. Основен недостатък е високата цена на оборудването.

Идеята за използването на протони за лъчева терапия е изказана през 1946 г. в Харвард от Робърт Уилсън (Robert Wilson), който по-късно става основател и първи директор на знаменитата Национална ускорителна лаборатория на САЩ „Енрико Ферми“, разположена край Чикаго (Фермилаб). При протонната терапия лъчевото натоварване върху здравите тъкани е нагдва пъти по-малко от това при лечение с γ -кванти. Това позволява да се увеличи дозата в тумора с около 30 %, а с това и вероятността за неговото унищожаване. Едновременно се намалява и броят на направлениата, под които ще се облъчва туморът, т.е. намалява се общото лъчево натоварване върху пациента.

Терапия с ускорени в синхроциклотрон протони започва да се практикува през 1954 г. в Националната лаборатория на САЩ в Бъркли. От 1957 г. протонна терапия на меланом на ретината се провежда и в института „Густаф Вернер“ в Упсала, Швеция.

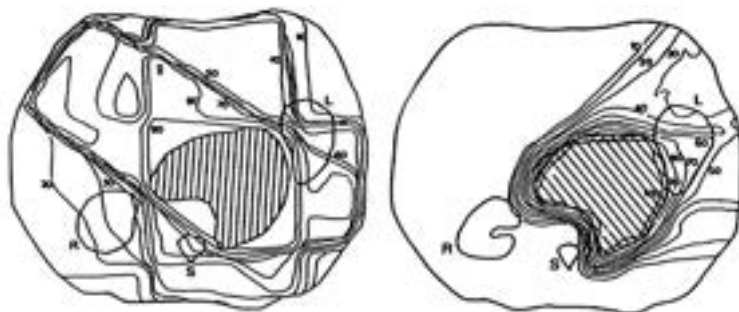
През 60-те години на XX в. в множество ускорителни центрове, чиято основна за-

дача е провеждането на фундаментални изследвания в областта на ядрената физика, се създават и специализирани медицински канали за терапия с ускорени протони и йони.

Първият протонен ускорител, който е построен специално за целите на лъчетерапията, започва работа през 1990 г. в Университета „Лома Линда“ в САЩ. Това е синхротрон, ускоряващ протоните до максимална енергия 250 MeV. Той е създаден от специалистите на Фермилаб.

В момента за провеждането на протонна терапия се използват циклотрони и синхротрони. Циклотроните работят при фиксирана енергия. За нейната промяна се използват поглътители. Недостатък е, че в тези поглътители възникват вторични неутрони, които увеличават общото дозово натоварване върху пациента. Циклотроните създават квазинепрекъснат сноп с висок интензитет. При синхротроните енергията на протоните може да се изменя в широки граници, обикновено 70 – 250 MeV. **Недостатък е по-ниският им интензитет.**

В областта на йоните се оказва, че оптимална е лъчевата терапия с напълно йонизирани въглеродни атоми-въглеродни ядра ($Z=6$). Много важно е, че при въглеродните йони **RBE има високи стойности в областта на пика на Бряг, докато в началото на**



Изодозни криви при облъчването на липосаркома, разположена срещу гръбначния стълб (S). Ляво-облъчването е осъществено с γ -кванти от 6 MeV линеен електронен ускорител по 9 направления. Дясно-облъчване с 250 MeV протони по две направления

пробега на йоните RBE има по-ниски стойности. При по-тежките йони се наблюдава фрагментация на ядрата, което води до неблагоприятни изменения в кривата на Бряг. Освен това при по-тежките йони линейното предаване на енергията има относително високи стойности още при навлизането им във веществото, което води до увеличаване на лъчевото натоварване на пациента.

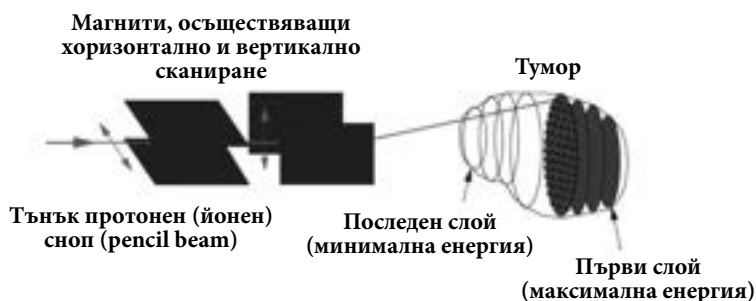
Пионери в областта на лъчевата терапия с въглеродни йони са специалистите от Института за изследвания с тежки йони GSI в Дармщат, Германия. Терапията се провежда на специализиран медицински канал на синхротрона SIS-18. Първият ускорител, специално построен за целите на лъчетерапия с йони, е синхротронът HIMAC. Той започва работа в Националния институт за радиологични науки на Япония в Чиба (NIRS) през 1993 г. HIMAC ускорява He, C, Ne, Si и

Ar йони до енергия 100 – 800 MeV/u. С въглеродни йони са лекувани над 6500 ракови болни. Комерсиален медицински синхротрон се предлага от фирмата Mitsubishi. Този синхротрон ускорява протони до енергия 70 – 250 MeV и въглеродни йони до енергия 70 – 380 MeV/u. Синхротрони от този тип работят в 7 терапевтични центрове в Япония.

Методът на активно сканиране е създаден в германския ядрен център GSI в Дармщат през 1997 г. Това е т.нар. точково сканиране (spot scanning). При този метод туморът се разделя на слоеве. Всеки слой отговаря на определена енергия на протоните (йоните). Това е възможно, защото пикът на Бряг е много остър. При активното сканиране се използва много тесен сноп, т.нар. pencil beam ($\phi \sim 3$ mm). Всеки изоенергетичен слой се покрива от мрежа от пиксели и за всеки пиксел погълнатата



Синхротронът за лъчетерапия с въглеродни йони HIMAC, Япония



Принцип на растерно сканиране. Тънък (pencil) сноп се сканира на пряко на тумора на различни дълбочини. Интензитетът на лечението може да се променя от пиксел към пиксел или пък плавно по дължината на пътя

гоза се изчислява индивидуално. Сканирането в напречно направление – (X-Y) се извършва от магнитна система за растерно сканиране. Сканирането в дълбочина (Z) се извършва чрез промяна в енергията на частиците.

Основен недостатък на метода на 3-D растерно сканиране е, че той е много чувствителен към движението на органите. Това най-често е свързано с дишането (тумори на белия или черния дроб). За ефективно лекуване на тумори в движещи се органи се прилагат различни методи за прецизно мониториране на движението на органа, т.нар. IGRT (Image Guided Radiation Therapy). Сигнал от системата за мониториране управлява включването и изключването на протонния (йонния) сноп в нужните моменти, така че процесът на облъчване се синхронизира с дишането.

В момента в различни страни работят 39 центъра, специализирани в провеждането на лъчетерапия с протони и въглеродни йони.

От 1967 г. протонна терапия се практикува в Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) в Дубна, на който България е страна съосновател. Тя се провежда с помощта на синхроциклотрона на Лабораторията за ядрени проблеми, в която е

създаден специализиран медицински център. Досега са лекувани над 800 пациенти, в това число и от страните участници. ОИЯИ е водещ център в областта на агронната терапия в Русия.

В продължение на десетилетия в ОИЯИ – БАН действа успешно първият и засега единствен изследователски ядрен реактор в страната с експериментална и научно-учебна база към него. Изследователският реактор ИРТ-2000 е въведен в експлоатация през 1961 г. и работи успешно и безопасно до 1989 г., когато силното екологично движение след аварията в Чернобил доведе до неговото „временно“ спиране. В момента изследователският реактор е в процес на реконструкция в съоръжение с ниска топлинна мощност от 200 kWt, с основно предназначение за научни изследвания и образователни цели.

По време на най-активния работен период в историята на изследователския реактор в експерименталната и научно-учебна база към него са произвеждани разнообразни радионуклиди като ^{18}F , ^{42}K , ^{24}Na , ^{35}S , ^{45}Ca , ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{64}Cu , ^{82}Br , ^{86}Rb , ^{90}Y , ^{142}La , ^{169}Yb , ^{182}Ta , ^{192}Ir , намиращи приложение в промишлеността и медицината. Към реактора работеше и силна програма за научни изследвания и приложни разработки в областта на радиохимията и радиофар-



Циклотронът TR-24 по време на тестовите изпитания в завода производител във Ванкувър, Канада, през м. август 2015 г.

мацията. По това време в ИЯИЯЕ са разработени радиофармацевтични продукти, белязани с ^{59}Fe , ^{51}Cr и ^{169}Y . Произвеждани са редовно колоидни разтвори на ^{198}Au за отделенията по нуклеарна медицина в страната. Разработени са и са въведени в практиката технологии за производство на игли със ^{198}Au и ^{90}Y , телове и фибри със ^{182}Ta и ^{192}Ir , модифицирани източници на Хейман и Саймън със ^{192}Ir и ^{60}Co . Освен радионуклиди, в продължение на години ИЯИЯЕ произвежда комплекти за студени китове на технеций.

С помощта на дарения от Департамента по енергетика на САЩ и АЕЦ „Козлодуй“ от ИЯИЯЕ беше закупен циклотрон TR-24 на канадската фирма Advanced Cyclotron Systems Inc. Циклотронът е с максимална енергия на протонния сноп 24 MeV. Този циклотрон ще позволи през следващите двадесет години институтът да произвежда максимално широк спектър от радионуклиди с приложение в медицината, а също и за научни и търговски цели като: PET изотопи - ^{18}F , ^{124}I , ^{64}Cu , $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$; SPECT изотопи - ^{123}I , ^{111}In , ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$; терапевтични алфа-емитери - $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$, $^{230}\text{U}/^{226}\text{Th}$.

Амбицията ни е в рамките на 5 години да се осигури възможност за редовни доставки на ^{18}F -FDG до 8 регионални PET/CT центъра на най-ниска цена. Това ще направи възможно повече болници в България да закупят нови PET/CT скенери, както и да се подобри използването на съществуващите такива. Над 16 хиляди пациенти годишно ще могат да се изследват в регионалните PET/CT центрове.

В бъдеще към Националния циклотронен център ще бъдат изградени: сектор за производство на SPECT радионуклиди и на базирани върху тях радиофармацевтици; сектор за производство на студени китове на технеций; сектор за предклинични изпитания на нови радиофармацевтици, оборудван със самостоятелни PET и SPECT скенери; национална лаборатория за независим контрол на качеството на радиофармацевтици. Превъзвигда се също провеждането на научноизследователска дейност в областта на ядрената енергетика, материалознанието, радиохимията, радиобиологията, археометрията, ядрената физика и елементния анализ на проби от околната среда, минерали, руди и биологични образци. ■

Хронология на одомашняването на бозайниците

Животът на съвременния човек е немислим без домашните бозайници, от които той получава жизненонеобходими суровини за съществуването си или които използва в своята всекидневна дейност. Една част от тях като кучето, котката, коня, овцата и др. са космополитно разпространени и от тях са получени десетки, а при някои видове и стотици местни съвременни раси, които се използват от човека за различни цели и услуги. Друга част имат по-ограничено разпространение поради техните по-специфични екологични изисквания и се използват само в отделни страни и региони. Такива са например камилите, северният елен, зебута, биволът, ламата, слонът и др. Но вероятно малцина знаят кога и къде е станало за първи път тяхното одомашняване. Отговорът на този въпрос не е лесен и еднозначен и в специалната научна литература има различни мнения. Най-широко приетите от специалистите мнения за космополитно разпространените днес домашни животни на нашата планета ви представяме в следните редове:

- **кучето** е първото домашно животно, чието одомашняване е започнало преди около 12 000 години едновременно на различни континенти. Смята се, че негови прародители са вълци;
- **домашната свиня** е одомашнена преди около 8000 години едновременно в Азия и

Европа. Нейни прародители са съвременните диви свине;

- смята се, че и **козата** е одомашнена по същото време – преди около 8000 години, а неин прародител вероятно е безоаровата коза;

– почти едновременно с козата е одомашнена и овцата, вероятно на различни места. За прародители на овцата се приемат европейският и азиатският муфлон;

– **котката** е одомашнена преди около 7000 години от дивата котка. Смята се, че тя е одомашнена най-напред в Азия (Египет, Месопотамия и др.);

– **говедото** е одомашнено преди около 6000 години, вероятно на 2 места – в Азия и Европа, откъдето се разпространява по света. За негови прародители се приемат европейският тур и азиатският безрог тур от Месопотамия и Египет;

– **магарето** е одомашнено преди около 5000 години в Северна Африка от прародители, които са изчезнали. Оттам по-късно е пренесено в Азия и Европа;

– **конят** е одомашнен сравнително най-късно от космополитните домашни животни – преди около 3000 години, вероятно по едно и също време на 3 места – Средна Азия, Югоизточна Европа и Сибир. Негови прародители са тарпанът или конят на Пржевалски и куланът.



Живи електрогенератори

Васил Големански

„Във всички творения на Природата има нещо за възхищение.“

Аристотел

Милиони години преди това обаче електричеството е произвеждано, а някои негови свойства са и използвани от много животни на нашата планета. С някои от тях и техните електрически „способности“ ще ви запознаем в следващите регове.

Един от първите древни учени, в чиито съчинения се съобщават сведения за наличие и използване на електричество от животни, е Аристотел (384 – 322 г. пр.Хр.), който в труда си „История на животните“ описва странното поведение на средиземноморски скатове при улова на жертвите им по следния начин: „Тази риба внезапно вцепенява рибите, които иска да улови, със силен удар, живеещ в нейното тяло“. Тази „ударна сила“, за която пише Аристотел, е била наблюдавана и позната и от други древни учени и естественици, но без обяснения в техните трудове. Клавдий Гален (130 – 200 г. сл.Хр.) използвал средиземноморски електрически скатове за лечение на

Електричеството като физическо явление е открито и описано в науката едва през втората половина на XVI в. За пионери в неговото изучаване се приемат италианският учен Джироламо Кардано (Girolamo Cardano, 1501 – 1576) с неговия труд „De Subtilitate rerum“ (1560) и английският физик Уилям Гилбърт (William Gilbert, 1544 – 1603), който за първи път въвежда понятието *electricus* в труда си „De Magnete“ (1600).

мигрени, ревматични и нервни болести при древните римляни, но е смятал, че скатове те „лекуват“ чрез многократни светкавични удари с опашката си по тялото на болните, които човек даже не можел да забележи. Подробни сведения за загадъчни свойства и

сила на морски скатове се срещат и в някои древногръцки митове и съчинения. По времето на Сократ (469 – 399 г. пр.Хр.) например рибарите вярвали, че морските скатове „омагьосват“ и обездвижват жертвите си преди поглъщането им и могли да нараняват сериозно и непредпазливите рибари, които ги улавяли в мрежите си. По сведения на някои автори те наричали морските електрически скатове „нарке“, което означавало „вцепеняващи риби“.

Митовите за „вцепеняващи“ водни животни се срещат не само при древните гръци и римляни, но и при народи от други страни и континенти. Древните египтяни също са познавали удивителните парализи-



Електрически сом (Malapterurus electricus)

ращи способности на нилския електрически сом (*Malapterurus electricus*), за което говорят неговите изображения върху надгробни паметници отпреди повече от 2500 години. В легендите на древните обитатели на Южна Америка също се говори за риба, наричана „арима“, която лишавала от движение човека при нагазване във водите на големите южноамерикански реки и разливи. Според изображения и разкази от това време е ясно, че това е известната електрическа змиорка (*Electrophorus electricus*), която обитава и днес много от реките на Южна Америка.

Един от първите изследователи на електрически скатове от род Торнего (*Torpedo marmorata*) в Средиземно море е италианският учен Франческо Реди (Francesco Redi, 1626 – 1697 г.). Той извършил аутопсия и изследване на мускулатурата на средиземноморски скатове и през 1671 г. описал „специални“ мускули, групирани в предната гръбна част на рибите, които имали сърцевидна или бъбрековидна форма и по-различни мускулни клетки. А неговият ученик и последовател Стефано Лоренцини (Stefano Lorenzini, 1652 -?) не само потвърдил откритието на Ф. Реди, но направил още по-детайлно проучване на скатове и акули и описал и допълнителни органи на главата на тези риби – т.нар. Ампули на Лоренцини, които играят важна роля като чувствителни електрорецепторни органи в живота им.

Днес е известно, че не само споменатите по-горе животни имат собствени „елек-

трогенератори“ и са способни да произвеждат и използват електрически импулси с различна сила и честота. На съвременната наука са познати над 300 вида животни, главно риби, които имат електрогенериращи и електрочувствителни органи, изучени в различна степен досега. Много сухоземни животни (червеи, насекоми, земноводни, птици и др.) също притежават чувствителни електрорецептори, с които търсят храната или партньорите си, усещат и избягват неприятелите си, ориентират се в пространството при по-далечни миграции и пр. Но истински живи електрогенератори, произвеждащи мощни електрически импулси с убийствена сила или за разубавяване и защита от неприятели притежават само рибите. Някои от най-ярките и добре изучени живи електрогенератори между тях ще ви представим по-подробно:

Електрическата змиорка (*Electrophorus electricus*) е най-популярният представител между рибите, генериращи ток както с цел нападение и улов на жертвите си, така и за ориентация в пространството, разубавяване на жертвите и неприятелите, комуникация между събратията си във водоема. Тя обитава реки, разливи и заблатени водоеми в североизточната част на Южна Америка и се среща особено често в притоците от средното и долното течение на р. Амазонка. Славата ѝ на убиец не само на други риби, с които се храни, но и на по-едри животни и хора е позната отдавна на местното население, но английският натуралист Джон



Електрическа змиорка (Electrophorus electricus)

Уолш (John Wallsh) за първи път през 1772 г. доказва, че тя обезгвижда и убива жертвите си именно с електрически ток, генериран в тялото ѝ. Електрическите змиорки са доста едри риби, нямат преки родствени връзки с европейските змиорки, достигат на дължина до 3 м и маса до 40 kg, с гладка кожа без люспи и масленокафяв цвят. Предпочитат блатисти места с обрасли с растителност водоеми и мътна вода, в която лесно се укриват и дебнат жертвите си. Тъй като разтвореният кислород в такива мътни води е малко, змиорките често подават главата си на повърхността и поемат и атмосферен кислород. Задният край на тялото (опашката) е странично сплеснат, заема над $\frac{3}{4}$ от дължината на тялото и това улеснява плуването в мътната вода. Забележително е, че притежава много голям (до 80 см) плавателен мехур, разположен по дължината на тялото и свързан с него Веберов орган, който осигурява отличен слух на животните. Имат дълга странична линия на тялото, подобно на всички риби, в която има специални електрочувствителни клетки, с които улавят и най-малките промени в движението на водата около тях. Някои изследователи даже смятат, че със своите електрочувствителни клетки по страничната линия на тялото си змиорките могат да усещат даже сърцебиенето на другите риби около тях. Електрогенериращите органи на животните са разположени странично по дължината на тялото и заемат до $\frac{4}{5}$ от дължината на рибите. Състоят се от специални мускулни клетки, наречени електроцити, които изграждат от 6000 до 10 000 електропластинки, разположени в 7 надлъжни колонки, подобно на клетките в обикновените акумулаторни батерии. Предният край на рибата е зареден положително, а задният – отрицателно. Електрическите змиорки могат да генерират електрически ток с напрежение до 1300 волта и сила до 1 ампер, който може да парализира напълно човек и даже доста едри животни с голямата на кон. Обикновено змиорките изчакват жертвите си скрити в мътната

вода между водната растителност. При доближаване на други риби змиорките атакуват внезапно с 4 – 8 кратки електрически заряда за 2 – 3 хилядни от секундата и с напрежение между 300 и 600 волта, които са достатъчни за парализиране не само на набеязаната жертва, но и на други водни животни около нея – раци, жаби и др. С широко отворена уста змиорките бързо поглъщат парализираните наоколо жертви.

Електрическите скатове са хрущялни морски риби, обединени в самостоятелен разред – Torpediniformes, наброяващ около 60 вида. Те имат широко разпространение в моретата и океаните с нормална морска соленост (32 – 35 ‰). В Средиземно море се срещат видове от рода *Torpedo*, които имат електрогенериращи органи и произвеждат по-слаб ток в сравнение с електрическата змиорка. Техни родственици в Черно море са морската лисица (*Raja clavata*) и морската котка (*Trigon pastinaca*), които обаче притежават още по-слаби електрически органи, представляващи по-скоро



Средиземноморски скат *Torpedo marmorata*

електрочувствителни рецептори, с които могат да откриват биотокове при движението на други видове риби. Електрогенериращите органи на средиземноморския скат *Torpedo marmorata* са разположени симетрично в предната гръбна част на тялото и имат бъбрековидна форма. Имат сравнително големи размери и могат да достигнат до $\frac{1}{4}$ от теглото на рибите.

Електроцитите са подредени в призми, плътно наредени една до друга, с диаметър от 4 до 8 мм. При Торпего положително натоварена е гръбната страна, а коремната е отрицателна. Установено е, че произвежданият ток е с ниско напрежение – само до около 60 волта и сила около 50 ампера. Поради това те не са опасни за човека, а парализират главно дребни риби и ракообразни, с които се хранят. В Атлантическия, Тихия и Индийския океан обаче се срещат скатове от рода Торпего с маса до 100 кг, които имат мощни електрогенериращи органи, образувачи ток с напрежение до 220 волта, които представляват опасност и за човека.

Нилският електрически сом (*Malapterurus electricus*) живее в река Нил и други пълноводни реки, езера и блатата в Западна Африка. Размерите на тялото му са по-скромни – от 50 до около 90 см дължина, но има множество електрически органи, разположени под кожата върху цялото му тяло, с изключение на главата. Те могат да генерират ток до



Нилски електрически сом (Malapterurus electricus)

300 волта и парализират всички по-дребни риби, жаби, водни змии и ракообразни, намиращи се в радиус до 5 м от животното. Доказано е, че нилският сом използва електрическите си способности и за отблъскване на неприятелите си – по-едри риби, крокодили и др., чрез серия от силни внезапни електрически импулси при приближаване на враговете му на разстояние, по-малко от 2 – 4 м от тялото му.

Във водите на р. Нил, както и в други по-големи реки, блатата и езера в Северна и Централна Африка от Сенегал до Етиопия се срещат и други хищни риби, които притежават подобни електрогенериращи органи, използвани за търсене и улавяне на храна. Една от тях е т.нар. **африканска риба нож** (*Gymnarchus niloticus*). Наречена е така поради дългото си странично сплесна-



Африканска риба нож (Gymnarchus niloticus)

то елегантно тяло, наподобяващо змиорка. На дължина достига до 1,6 м и маса до 16 – 19 кг. Храни се с по-дребни риби, жаби, ларви на насекоми, червеи и други безгръбначни животни, които търси в гъстите тръстикови и водораслови обраствания на реките и блатата. Плува добре както напред, така и на „заден хог“. Електрическите органи на Гимнархус са разположени в опасната част и са 8 на брой. Те са сравнително къси нишковидни мускулни групи, образувани от по около 150 – 200 пластинки с електроцити, и се използват главно за ехолокация и откриване на жертвите, а не за убиването им. Електроимпулсите, произвеждани от Гимнархус, са само около 6 волта и не могат да убиват. Но благодарение на тях рибите могат да се движат и ориентират добре в мътните води на обраслите с растителност блатата и разливи и да откриват безпогрешно жертвите си. Това обяснява и честото придвижване на животните с опаската напред, както и уметото им промъкване в мътните води и сложния тръстиков лабиринт във водоемите, които обитават.

В големите реки на Северна и Централна Африка живеят и няколко вида риби от рода Мормирус (*Mormirus*), които не са близко родствени с Гимнархус, но имат подобен начин на живот и електрогенериращи органи, създаващи постоянно електромагнитно поле около тях. Те са характерни със своеобразното подвижно удължение на предната част на главата им, наподобяващо хобот. Поради това някои видове от тях са известни с общото популярно име **воден слон** (*Elephant fish*). Мормирусите са едри риби и достигат на дължина до около 1м.



Воден слон (*Elephant fish*)

Живеят по дъното на големите африкански реки и ровят в тинестото дъно с дългия си „хобот“, където търсят ханата си – червеи, мекотели, ларви на насекоми и др. Имат по 4 електрически органа, разположени в опасната част на тялото. Произвеждат ток с ниско напрежение (около 6 волта), който създава електромагнитно поле около тялото на рибата. А на гръбната страна, по средата на тялото, имат чувствителен приемник, който контролира електромагнитното поле около тялото. Когато преминаваща риба или друго животно попадне в електромагнитното поле на водния слон, както и предмети от околната среда – камъни, растения и пр., той веднага усеща това чрез промяната на радиовълните, образувани от електрогенератора в опаската, и реагира чрез

избягване на срещата. Така той умело заобикаля препятствията в мътните дънни води, в които рови за храната си. Това е било забелязано още от древните нилски рибари, които твърдели, че водният слон вижда по-добре с опаската си, отколкото с очите си и затова много рядко попада в техните рибарски мрежи. По-детайлни проучвания върху нервната система на водния слон показали и някои особености в строежа и нервните връзки на електрочувствителния гръбен орган на животните с главния мозък, които липсват при другите сладководни риби и обясняват действието на неговия своеобразен радиолокатор. По експериментален път било установено, че за 1 минута рибата изпраща в пространството около нея около 80 – 100 електрически импулса, чрез които получава много точна информация за външната среда и затова умело се движи и ориентира в мътните речни води.

Подобни електрогенериращи и чувствителни органи, използвани основно за разузнаване и ориентация в пространството, притежава и **рибата нож** (*Eingenmania virescens*), която обитава много реки и езера в Централна и Южна Америка и често съжителства с електрическата змиорка. Размерите на рибата нож са по-скромни – около 40 – 60 см, и през деня обикновено се крие в дупки около коренищата на крайбрежни дървета или под камъни. Опашната част на тялото е много дълга, сплесната и заострена като нож, откъдето идва и името на рибата. И в този случай електрогенериращият орган е разположен в опасната част и излъчва импулси, които създават електромагнитно поле около тялото. Имат и електрочувствителен орган, контролиращ това поле. Животните се движат еднакво добре както с главата напред, така и с опаската напред – т.е. „на заден ход“. През деня обикновено се крият и излизат нощем да се хранят. Но при опасност бързо се устремяват към скривалищата си, и то с опасния край напред, който активно се движи наляво-на-

гясно и „опипва“ пространството. В дупките си се пъхат също с опашката напред, на която се доверяват повече, отколкото на слабо развитите си очи. И при рибата нож използването на електрически импулси и контролирането им е по-надежден способ за ориентация и движение в непрогледните мътни води на големите реки и блата, отколкото очите и слухът.

В крайбрежните води на Атлантическия океан, които мият бреговете на Северна Америка, също живее една риба – убиец чрез електрически органи, наречена **морски звездоброец**



Морски звездоброец (Astroscopus guttatus)

гоброец (Astroscopus guttatus). Той има плоско тяло, по-широко в предната си част, и води придънен начин на живот. Размерите му са скромни – дължина до 40 – 50 см и тегло до 8 – 9 кг. Поради това, че се придържа постоянно към пясъчното, тинесто или каменисто морско дъно, очите на звездоброеца са разположени на горната страна на главата. В спокойно състояние лежи неподвижно на дъното с леко вдигната нагоре

глава и полуотворена уста, като че ли гледа небето, и поради това му е дадено и странното име. В близост до очите, странично от тях, са разположени електрическите органи на звездоброеца, които генерират електрически ток с напрежение около 50 волта. Макар и слаб, този ток е достатъчен да парализира и убие по-дребни риби, охлюви или ракообразни, които плуват над звездоброеца и попаднат в неговото електрическо поле.

Както посочихме в началото, броят на животните, за които днес е известно, че могат да произвеждат и използват електрически ток за различни цели, е вече над 300 вида от различни таксономични групи – от червеите до рибите и птиците. Това явление, познато на човека още от древността, продължава да учудва учените и досега поради голямото разнообразие в устройството на електрогенериращите органи и широкото приложение на електричеството в живота на много далечни в родствено отношение организми. Особено голям интерес от фундаментално и приложно действие предизвикват в последните десетилетия „Ампулите на Лоренцини“, открити при някои електрически скатове и акули още през XVII в. Съвременни изследвания показват, че те се срещат в предната част на главата на почти всички съвременни акули и скатове и изграят важна роля като чувствителни електрически рецептори. Нещо повече, те възприемат и електромагнитните промени във водната среда, както и най-малки промени в температурата и движението на средата, а това е от важно значение за точната ориентация на животните при търсенето на храна или ловни партньори, за по-далечни миграции и намиране на подходящи райони за лов и пр. Електрогенериращите органи на животните и високочувствителните „Ампули на Лоренцини“ днес са обект на изучаване от много институти и лаборатории в опити за разгадаване на техните тайни и търсене на възможности за използването им за практически цели от човека. ■



Мечката

Петър Генов, Атулже Ахмед

В миналото планетата е била обитавана от различни видове мечки, голяма част от които вече не се срещат.

Според съвременната класификация на Международния съюз за защита на природата и природните ресурси (IUCN) днес живеят представители само на едно семейство *Ursidae*, включващо 5 рода с 8 вида. Четири от родовете са представени с по един вид: *Ailuropoda melanoleuca* – голяма панда; *Helarctos malayanus* – малайска мечка; *Melursus ursinus* – бърнеста мечка и *Tremarctos ornatus* – очилата мечка, а род *Ursus* с четири: *Ursus americanus* – амери-

канска черна мечка; *Ursus arctos* – кафява мечка; *Ursus maritimus* – полярна, или бяла мечка и *Ursus thibetanus* – азиатска черна мечка. Доскоро към тях се е отнасяла и червената панда (*Ailurus fulgens*), но поради доказани значителни различия на генетично ниво тя е отделена в самостоятелно семейство Ailuridae.

Мечките обитават равнинни и гористи райони до 4000 м надморска височина от тропиците до северните полярни морета

на Европа, Азия и Америка. Най-разпространена е кафявата мечка, която се среща и в България. Тя е част от нашата фауна от незапомнени времена и е имала важна роля в живота на хората. Пораждала е у тях както чувство на страх, така и на уважение. В миналото пещерната мечка (*Ursus spelaeus*) е била конкурент на първобитните хора за храна и убежище. Доказателство за това са немалкото останки, намерени от нея, заедно с останките на първобитни хора в много пещери.

Името на съвременния вид мечка (*Ursus arctos*) за пръв път се появява в западната литература в Одисея, цитира я Херодот, а по-късно и гръцки и римски писатели. В древноста мечката е била добре позната в Европа поради широкото си разпространение от Шотландия до Крит, както показват местни легенди, свързани с този остров. От това време автори съобщават, освен верни за нейната биология знания, също и напълно фантастични данни. Плиний Стари разказва: „Новородените мечета са неоформено парче месо с размер на мишка, без очи и косми и само ноктите стърчат. Майката с лизане ги оформя“. Тази информация се предава от автор на автор чак до VII в., когато Изодор от Швеция я допълва с два извода, първият от които е етимологичен и обяснява латинското име на мечката: „Мечката (*Ursus*) както казват се нарича, защото със своята уста (*ore suo*) оформя зародиша (*orsus*)“. Другото обяснение се отнася до кратката 30-дневна бременност, което е причина и за раждането на недооформено потомство. Аристотел е писал следното: „Бременността трае 30 дни. Мечетата са много малки в сравнение с размера на майката, по-малки от невестука, с размер на плъх, голи и слепи, краката са неоформени, а също и повечето от техните органи“. По-късно се явява друго обяснение на име-



Проф. д.б.н. Петър Генов е работил в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания (бивш Институт по зоология) към БАН от 1978 г. до 2010 г. Световнопризнат учен по дивата свиня. Изследванията му са свързани с изучаване на едрите бозайници. Издал е две книги – „Поведение на животните“ (2014) и „Вълкът – произход, легенди и вярвания, биология и екология“ (2015).



Гл.ас. г-р Атидже Ахмед е завършила екология и опазване на околната среда в Лесотехническия университет. Магистърска степен в Биологическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ по специалност Зоология на гръбначните животни. От 2014 г. работи в ИБЕИ-БАН. Изучава едрите бозайници в България като мечка, вълк, благороден елен, сърна, дива свиня, муфлон, дива коза.



Майка с две мечета, заснети с фотокапани на хранилката в Държавно ловно стопанство „Кормисои“, град Лъки, 2011 г. (горе), и млада мечка, търсееща храна на хранилката в ДЛС „Кормисои“ през лятото на 2011 г. (долу)



Майка с три мечета, хранещи се с царевица на хранилката в ДПС „Кормисош“ през пролетта на 2011 г. (горе), и мечка на хранилката в ДПС „Кормисош“, заснета през пролетта на 2011 г. (долу)

то (*ursus*), което идва от името (*urgere*), означаващо побутвам, хващам, стискам, защото мечката силно бута, тика, стиска, когато хване. Тази етимология е по-достоверна от първата и е била по-добре приета от по-късните автори. В края на 1882 г. зоологът Хербс (*Herbs*) изказва идеята за по-късното развитие на зародиша, както е при еленовите. Това е потвърдено от Хамлет (*Hamlett*) (1935), но доказано е едва през 1963 г. Бременността трае 54 дена и новороденото тежи около 500 г.

В гръцката митология мечката е свързана с Артемидата, богинята на лова и луната. А нимфата Калисто от свитата на Артемидата била най-красива и била бременна от Зевс. Когато по време на купане Артемидата открила, че Калисто носи детето на Зевс, я превърнала в мечка. Но Зевс я взел при себе си като „Голямата мечка“ и спасил сина ѝ Аркадия. Той после станал прародител на аркадийците, а Аркадия е класическа страна на мечката.

Славянските народи са се отнасяли с голямо уважение към мечката, вярвайки в нейната магическа сила. В Беларусия и България има специален празник – пир в чест на мечката, за да може тя да заспи по-лесно в зимното си леговище (30 ноември) и да се събуди през пролетта (25 март). В много езици страхът от скритите сили, свързани с това животно, е предизвиквал покриването му със златата на табутото.

Като символ на Русия по време на Кримската война през XIX в., мечката е представяна в кари-

катурна форма в пресата. Във Франция на една рисунка от 1854 г. тя е представена като бяла мечка с царска корона с меч и факел в лапите, пред която падат по лице тълпа от поданици, а надписът гласи „Северната мечка е най-неприятната от всички познати ни мечки“.



Кафява мечка, Национален природонаучен музей – София. Експонатът е спечелил златен медал на Международната ловна изложба в Берлин през 1937 г. за най-голяма мечка на изложбата

Известно е, че мечката прекарва зимата в зимен сън, но не изпада в дълбока летаргия, както при сънливеца и таралежа. По време на съня температурата на тялото на мечката спада с 2,5 градуса, а пулсът на сърцето е забавен. Това е начин да избегне оскъдицата от храна през зимата, използвайки натрупаните мазнини. Прекарва този период в пещери, изкопани от нея дупки или построени от клони леговища. Дори, както пише Радзивил през 1888 г. в едно немско списание, по време на лов в горите около Минск той вдигнал мечка, която си била построила гнездо между три чатала на едно дърво. Според него го е избрала поради безпокойството от вълци на земята.

Плиний Стари пише, че по време на зимния сън мечките се хранят, смучейки лапата си, в която са натрупани хранителни вещества. От способността на мечката да прекарва зимата без храна и движение се заинтересували лекарите и биолозите. Американският биолог Донахю (Donashue) установил, че по време на зимния сън мечките продължават да произвеждат много повече костна материя, отколкото се очаква. Тези изследвания са в резултат на кръвни проби и могат да бъдат основа за лекуване на остеопорозата. Други изследвания, проведени от Харлоу (Harlow), показват, че по време на зимния сън, който може да продължи от 5 до 7 месеца при черните мечки, те губят само около една четвърт от своята мускулна сила, докато едно човешко същество през същия период ще загуби 90 %.

От Ранното средновековие има кратка приказка за мечка, която за пръв път опитала мед. Така ѝ харесал, че за да я отдели от него, ѝ откъснали ушите, но и това не помогнало. Дори след като ѝ откъснали и опашката, не се отказала.

Към меда я привлича бърмченето на пчелите. Понякога тя бърка този звук с вибрациите на телефонните жици и се катери

по телефонните стълбове. Мечката предупреждава малките си за опасност с трепане на зъби, при което те веднага се показват на най-близкото дърво. Мъжките маркират местата, където минават, с урина, с което оповестяват своето присъствие. Маркират дърветата, на които си трият гърба и главата, а със зъбите и ноктите нараняват кората им. Така оставят своите следи. Те проявяват особен интерес и към пътните знаци и табла, които незабавно биват маркирани. Размножителният период има различна продължителност през пролетта, но обикновено трае две седмици. След това мъжките водят самотен начин на живот. Имат постоянни пътеки на миграция, използвани от векове.

Мечката е добър приятел на човека. Още Сенека (94 г. пр.Хр.) пише, че мечките живеят с хората и били много галювни. В „История на южните народи“ шведът Олао Магно (Olao Magno, 1490 – 1558) пише, че руснаците и литовците знаели как да накарат мечките да работят на групи или единично, за да задвижат помпи за вода (затворени в кръгла каса със стъпала и движейки се, я въртели) или ги учели да вървят изправени и да пренасят дърва. Използвани са и за пазачи на дворци, където никой не можел да проникне. Малките били използвани и като играчки за децата. Лекарят Кемпер (Kaempfer, 1651 – 1716) бил наблюдавал в Персия, че мечките били по-малки от тези в Европа и по-лесно се опитомявали. Описва две мечки, които обикаляли в град Есфахан и досаждали на хората, за да ги нахранят. Никой не смеел да ги прогони, защото принадлежали на царя.

В живота на българина мечката заема значително място. Народът я нарича ласкаво Баба Меца или Мецана. Малкото наричат мече, меченце, а голямата – мечок, мецана. Ловците на мечки са боримечка, колимечка, плашимечка, мечкоубиец.



Гравюра от края на XVIII в., която илюстрира как дете бозае от мечка заедно с мечетата ѝ, тъй като има доста легенди, а също и някои истински истории за отглеждани деца от мечки. Източник: Kiersnowski, Ryszard. *Niedzwiedzie i ludzie w dawnych i nowszych czasach. fakty i mity*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1990, pp. 471



Зряла мъжка мечка в Държавно ловно стопанство „Кормисои“. Снимка: Кирил Панайотов

Ако се погледне в Справочника на Петър Коледаров „Промени в имената и статута на селищата в България 1878/1972 г.“, София, 1973 г., ще намерим цял именник на селища, свързани с мечката: **Меча Поляна** (Софийско); **Мече корито** (Велинград); **Мече ухо** (Кърджалийско); **Мечкарево** (Сливен); **Мечковци** (Вакарел); **Мечкобиевци** (Велико Търново); **Боримечково** (Пазарджик) и др.

Безброй са местностите, свързани с мечката: **Меча поляна** (Витоша); **Меча бара** (Врачанско); **Меча долчина** (Правец); **Меча гупка** (Бреница); **Меча река, Меча скала, Мечи гупки** (Панагюрище); **Мечи кладенец, Мечи вир** (Троянско) и т.н.

Народът свързва с мечката и безброй растения, билки и цветя: **меча глава, мечка лиска, мечка хвойна, мечка папрат, мечка стъпка, мече грозде, мече зеле, мече ухо, мечи ябълки и др.**

В народната везба по престилките има фигури – **мечи крака**, а по възглавниците – **мечи стъпки**.

Мечката е единственото диво животно в България, ловено и опитомявано за развлечения. Още през 1665 г. Тефнер описва една среща на 26 юли в Пловдив: „Дойдоха трима българи, докараха две мечки и едно малко мече, които бяха научили да играят хоро и да се борят под звука на

гайре". У нас е имало семейства „мечкари“, даващи името на цяло село, например **Мечкарево**. В своята знаменита „Вигрица“ поп Минчо описва т.нар. лингурски сватби. „Лингури“ се наричали циганите, които правели гървени лъжици и разигравали мечки. През 1862 г. в енорията му дошли богати лингури, навързали си мечките и почнали да се женят. Тези лингури направили осем сватби, които поп Минчо и старият свещеник Паскал Желев венчали. Това показва, че мечкарството е било старо изкуство, признавано от властта. Оттук идват и поговорките: *„Улавят мечката от гората и пак се научава да играе“*; *„Гладна мечка хоро не играе“*; *„Заиграе ли мечката у съседите, чакай я да дойде и при теб“*.

В народната медицина мечката и нейният косъм играят важна роля. Ако някой се уплаши, може да се излекува, като го окадят с косъм от мечка или мечка да го погази. Ето защо, когато мечкарите докарат в селото да разиграват мечки, жените тичат при тях да купуват косъм от мечка и плащат да накарат мечката да потъпче болния за здраве. Оттук са и изразите: *„Гази като мечка“*, *„Спроти (спорег) мечката и стъпката“*.

В чест на мечката на 30 ноември (Св. Андрей) се празнувал **Мечкинген**, на който се извършвали обреди и религиозни обичаи.

Писателят Боян Болгар описва този велеколен звяр, попаднал в ръцете на човека: „Минаха през Княжево и спряха край двора ни мечкар и мечка. Той беше мургав, жилест човек, с черни, навити мустаци, с калпак, антерия, пояс и цървули, с торба и гъдулка през рамо и кривак в ръка.

Всъщност не той привлечаше вниманието. Погледите бяха отправени към мечката. Егра, кафява, рунтава мечка, която, уви, беше натруфена с разноцветни ремъци, синци и звънчета като шут. Това стро-

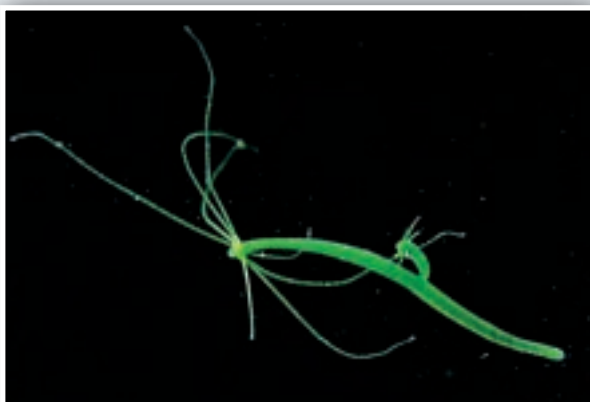
го животно, този горски първенец – превърнат в шут! Ако не беше синджирът, прикачен на халка за горната ѝ бърна, мечката можеше само с едната си лапа да смаже човека, който ѝ налагаше този позор. Колко пъти е имала това желание?”.

През 1999 г. Фондация „Четири лапи“ започна борбата срещу мъченията на мечки в България. Проектът, наречен „Парк за танцуващи мечки“, стартира през май 2000 г. въз основа на договор между Фондация „Четири лапи“ и Министерството на околната среда и водите. Продължителността му е за 30 години. Паркът за танцуващи мечки в Белица е разположен в Южна Рила, на 11 км от Белица и на 180 км от София. Простира се на площ от 120 000 кв.м. с надморска височина 1345 м в местността Агрианов чарк и Горно Дедово. Изграден е с помощта на световнопризнати експерти, изучаващи поведението и навиците на кафявата мечка. Той предлага на своите обитатели гъсти гори и хълмове за разходка и уединение, поляни и специално изградени слънчеви места за почивка, различни по размер и форма езера за къпане и бърлоги за сън. Така на мечките се осигурява естествена среда и защитено място за спокоен живот, близки до нормалните за техния вид. Тук те за първи път могат да почувстват и демонстрират своите дивни инстинкти и вродено поведение, потискани по време на тяхното робство. Сега при нормални условия има 7 мъжки и 17 женски мечки. Паркът е отворен за посетители и всеки, който има желание, може да го посети.

Трябва да се гордеем, че малка страна като нашата е успяла да запази този символ на гората. Нека и занапред да опазим този вид и да не забравяме, че както се отнасяме с Природата, така ще ни се отблагодари и Тя. ■

Безсмъртните хигри

Хигрите са едни от най-гревните и примитивни водни многоклетъчни животни. Имат цилиндрично тяло, образувано само от 2 пласта клетки, и рядко надминават 2 см дължина. На предния край на тялото имат венец от 5 – 8 дълги подвижни пипала, с



които улавят жертвите си и ги насочват към устата, разположена централно между тях. На задния край на цилиндричното тяло има прикрепителен диск, с който се залавят здраво за подводните предмети (камъни, водни растения и др) и изчакват жертвите си. А това са най-често едноклетъчни животни, микроскопични червеи и ракообразни. С изучаването на хигрите започват почти всички учебници и ръководства по зоология, защото те представляват интерес не само поради примитивното си устройство, но и поради техния начин на живот и размножаването им, което според учените ги прави „безсмъртни животни“.

Знае се, че хигрите се размножават по безполов път – чрез пъпкуване на нови индивиди, и по полов път – чрез оплождане на разполови клетки. Те имат и невероятна способност за регенерация на части от тялото си, тъй като имат голям брой недиференцирани (полипотенциални, стволови или интерстициални) клетки. При необходимост (нараняване, откъсване на пипала или части от тялото) тези клетки могат да се развият и диференцират като мускулни, нервни, коприлни, епителни (покривни) и полови клетки и да възстановят цялостен нормално функциониращ индивид. Някои учени определят техните недиференцирани клетки като „всемогъщи стволови клетки“, които функционират като такива през целия живот на хигрите и ги правят „безсмъртни животни“. При по-висшите животни и човека такива „всемогъ-

щи стволови клетки“ съществуват само в ранните етапи на ембрионалното развитие, но по-късно и те се диференцират за възпроизводство само на определени тъкани. Тезата за безсмъртието при хигрите подкрепят и доказват в последните години

и немски учени от Макс-Планк обществото (Германия), чиито публикации са в престижни научни списания – NATURE и PNAS.

Авторите на тази теза, под ръководството на д-р Джеймс Воупъл (James Voopal), са експериментирали с над 2200 хигри, които са отглеждали в продължение на много години в лабораторни аквариуми при постоянни външни условия, редовно хранене на опитните животни и смяна на водата в аквариумите с цел отстраняване на отпадни и токсични продукти. При тези условия хигрите се хранили, нараствали и размножавали редовно, без никакви признаци на стареене и умиране на „стари индивиди“. В продължение на около 40 години са наблюдавани само единични случаи на смърт на отделни индивиди, при това много рядко – средно по 1 случай на 167 отглеждани хигри. А това, според авторите, е по-вероятно да е резултат на някакви случайни и неотчетени причини при лабораторното отглеждане, отколкото резултат от естествена смърт.

Посочените изследвания отново поставят пред науката проблема за „потенциалното безсмъртие“ при едноклетъчните и нисшите многоклетъчни животни и особено при тези от тях, които се размножават само по безполов път чрез делене или пъпкуване. А такива са хиляди съвременни видове организми около нас – от бактериите до нисшите многоклетъчни животни.

По Nature и Наука и живот

ВЕЩЕСТВА, ЗА КОИТО СЕ ГОВОРИ

Рицинът – коварната отрова

Евгени Головински

През 1978 г. средствата за масово осведомяване в целия свят информираха читателите, зрители и слушатели за едно драматично събитие, което имаше пряко отношение към нашата страна. Българският писател и дисидент Георги Марков получи на автобусна спирка на моста „Ватерло“ в Лондон убождане в крака от върха на един чадър.

Не след дълго той развива симптомите на тежък гастроентерит, съпроводени с висока температура. Три гена след инцидента

нашият сънародник умира. Аутопсията показва, че на мястото на убождането се открива миниатюрна куха топчица, в която има две мънички отвърстия. Последващи изследвания водят до извода, че в микроампулата е било вкарано вещество, чиито състав всъщност е бил познат отдавна на науката. Веществото се нарича рицин и се получава от екзотично растение със същото име. Криминалистите, които се заемат с разследването на инцидента, жертва на който става Георги Марков, категорично установяват, че се касае за атентат. Впоследствие става ясно участието на тозавашните тайни български служби в това отдавна планувано политическо убийство.

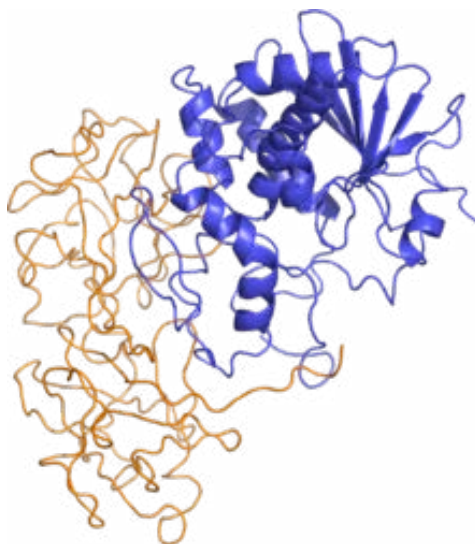
Атентатът срещу Георги Марков на моста „Ватерло“ в Лондон напомни на нашата общественост, че в негово



лице тя загуби талантивия автор на романа „Мъже“ и съавтор на популярната телевизионна поредица „На всеки километър“ и впоследствие автор на прочутите „Заочни репортажи от България“. От друга страна, коварният атентат срещу химика Георги Марков събуди интереса на хората към химическото съединение „рицин“.

Убийството на Георги Марков далеч не е единственият случай, в който рицинът е бил използван с престъпни – включително политически – цели, като специфична отрова. На 16 април 2013 г. двама висши държавници на Съединените щати получават по пощата пликче, съдържащо рицин. Това са сенаторът Роджър Уикър (Rodger Wicker) и самият американски президент Барак Обама (Barack Obama). Малко по-късно, на 26 май същата година, кметът на Ню Йорк Майкъл Блумбърг (Michael Bloomberg) също получава две писма, съдържащи рицин. За своята престъпна постъпка спрямо Уикър и Обама си признава в съда една известна американска актриса, която бива осъдена на 18 години затвор, както и да заплати внушителна парична сума.

За съжаление, споменатите случаи за използването на рицин с престъпни цели като коварно, бавно, но практически необратимо действаща отрова са нито изолирани, и вероятно нито последни опити на убийци. Особено притеснително е, че с приготвянето и съхранението на рицина, както и на други коварни отрови се занимават терористични организации като например „Ал-Каида“. Още през 2001 г. кореспондент на английския вестник „Таймс“ съобщава за намерени инструкции за приготвянето на рицин в мазето на един дом в Кабул, който е бил използван от „Ал-Каида“. Впрочем по този повод беше напомнено, че технологиите за производство на рицин са били разработени отдавна, още в периода на Втората световна война, тъй и дори преди нея, в Германия, Великобритания и Съветския съюз. За щастие, нито една от



Пространствен строеж на молекулата на рицина. Молекулата на този белтък е изградена от две вериги – А (каталитична) и В (лектинова), които са свързани с дисулфидна връзка

воюващите страни не е приложила отровата за военни цели.

Веществото рицин е токсин, който се съдържа в растението рицин, наречено още „кърлеж“ – *Ricinus communis* – и принадлежи към семейство Млечкови (на руски растението се нарича „клещевина“, на немски – „*Wunderbaum*“, на английски – „*Castor plant*“). Растението е разпространено в Източна Африка, обаче се сади и в редица други страни с подходящ климат. Отровно е цялото растение, но особено богати на токсина са семената, които съдържат от 45 до 60 % рициново масло. В растението и неговото масло токсинът се съпътства и от други токсични вещества, едно от които е алкалоидът рицинин. Семената на растението по външния си вид наподобяват бобови зърна. Името „кърлеж“ идва от приликата на семената с познатото на всички насекомо „кърлеж“, когато се е напило с кръв.

Попадането на рицин в организма на човека чрез сдъвкване и последващо поглъщане на семена на растението обикновено



Храст на растението *Ricinus communis*, от чиито семена се получава токсинът рицин



Семена на растението *Ricinus communis*

е много рядко и е въпрос на случайност. В този случай след един латентен период от 4 до 8 часа настъпва гадене, повръщане, кърваво разстройство, поява на колики, спадане на артериалното налягане, увреждания на черния дроб, бъбреците, стомаха и червата. При поемане на смъртна доза

рицин фаталният изход настъпва след 36 до 72 часа. При приемането на рицин орално (през устата) изчислената средна смъртна доза (LD50) е 0,3 мг/kg. Според някои пресмятания за постигането на летален ефект е достатъчно поемането на две семена от растението. Очевидно, практическата употреба на рицина като отрова с терористични цели не може да разчита на успех при орално въвеждане. Ето защо злодеите се съобразяват с това, че токсичните ефекти на рицина се проявяват особено явно при проникване в организма чрез вдишване на аерозол, както и непосредствено в кръвния ток (инжекционно, както по същество е бил случаят с убийството на Георги Марков). Чрез инхалиране рицинът попада в организма, когато е във вид на фин прах. На този начин на въвеждане очевидно разчитат онези, които изпращат отровното вещество в плик по пощата.

Високата токсичност на рицина, особеностите в неговите свойства, сравнително достъпната технология на получаване и други неговите характеристики привличат химици, биохимици, технолози, фармаколози и токсиколози да насочат изследователския си интерес към това вещество. Самата методика за получаване на рицина е позната и успешно прилагана отдавна. Това вещество е своеобразен страничен продукт на технологията за добиване на рициново масло. То се добива чрез пресуване или посредством екстрахиране от семената на рицина (*Ricinus communis*). Рициновото масло се използва в медицината (като пургативно средство), като смазочно масло, като омекотител в някои технологии и в други случаи. Самият рицин се получава чрез екстрахиране от остатъците, получени при производството на рициновото масло.

Днес химията и биохимичните механизми на действие на рицина са изучени в много големи подробности, но ставаме свидетели и на нови факти относно това вещество.

Рицинът е глобуларен водноразтворим протеин, чиято молекулна маса е 60 – 65 кДа. Молекулата на рицина е изградена от две вериги (субединици), означаващи като А и В. Техните молекулни маси са приблизително еднакви и съответстват на 32 и 34 кДа. Верижата А (RTA, каталитична) е изградена от 267 аминокиселинни остатъка, има три структурни домейна, включващи както алфа-спирала, така и бета-листовидни участъци. Верижата А проявява ензимните функции на N-глюкозидаза. От своя страна, В-верижата (RTB, лектинова) представлява лектин, изграден от 262 аминокиселинни остатъка. За В-верижата не са характерни вторични структури. Двете вериги в молекулата на рицина са свързани с дисулфидни връзки. Интересен е фактът, че за да прояви своето токсично действие, рицинът трябва да се разпадне на съставлящите го А- и В-вериги. Къде точно в клетката става това разпадане – дали в ендоплазматичния ретикулум или в цитозола – обаче засега не е изяснено.

За изясняване на молекулните механизми на действие на рицина са провеждани многобройни задълбочени изследвания. Беше показано, че той се отнася към групата белтъци (т.нар. RIP протеини), увреждащи функцията на рибозомите. Посредством един многостъпален процес рицинът инхибира биосинтезата на белтъци в клетката, което в крайна сметка довежда до нейната гибел. Цитотоксичното действие на рицина, характерно и за други подобни на него токсини, насочи вниманието на някои изследователи към въпроса, дали той не би могъл да се окаже ефективен като цитостатик в химиотерапията на някои злокачествени тумори. Нещо повече, говори се за това, че рицинът е възможен модел за създаването на лекарствени средства от ново поколение. Действително, има опити на основата на рицина да разработят модифицирани негови структури, които да станат база за конструирането на лекар-

ства не само срещу злокачествени тумори, но и препарати за терапия на някои аутоимунни заболявания, както и противовирусни ваксини. Нека отбележим също, че се правят и опити за намиране на препарати за лекуване на отравяния с рицин. Това е особено важно, защото досега противоотрова срещу рицина няма. Да не забравяме, че неведнъж се е оказвало вещества, проявяващи крайно нежелани ефекти, неочаквано да намерят полезни приложения.

Дали рицинът (или неговите производни) би могъл да намери някакво приложение като лекарство, е въпрос на бъдещи изследвания. Засега обаче виждаме, че този токсин от растителен произход буди интерес най-вече със своите мощни и коварни токсични ефекти. Видяхме, че веществото може да проникне в организма било през устата, било чрез вдишване на прахообразен рицин (като аерозол), било чрез кръвния ток. При опити с животни е установено, че летален ефект се постига с близо хилядократно по-висока доза, когато рицинът се въведе през устата, а не инжекционно. В този случай рицинът предизвиква гибел на червените кръвни тела и смъртта настъпва след 36 до 72 часа след въвеждането на леталната доза. Смъртоносното действие на рицина и неговото евентуално използване като бойна отрова стават повод токсинът да бъде включен в списъците на забранените биологични и химически оръжия в международните конвенции от 1972 и от 1997 г. Не бива обаче да се пренебрегва опасността от прилагането на рицин от терористи. Обществеността неведнъж е била информирана за разкриването на места, в които се приготвя и съхранява рицин, както и за случаи на непозволено пренасяне на токсина през граници от терористични групировки. За съжаление, свойствата и различните видове ефекти на веществата стават обект на интерес не само от учени, но и на злонамерени лица и общности. ■



Черната смърт и промените на околната среда в средновековна Европа

Васил Симеонов

По исторически данни към средата на XIV в. горските площи в Централна Европа бележат неочаквано увеличение. На фона на постоянната сеч на гори с цел осигуряване на пасища и на терени за строителство на по-големи населени места този феномен изглежда странен.

Нима селското стопанство на средновековна Европа е било толкова ефективно, че е нямало нужда от нови площи за ниви и пасища? Или хората не са следвали тенденцията към живот в по-големи, градски общности? Може би неочаквана промяна в хранителните навици е предизвикала ново залесяване? Нищо подобно, истината е много по-прозаична и жестока. Тя се крие в силното понижение на населението в тогавашната Европа, както свидетелстват много исторически документи. Известно е, че към края на 1351 г. в Централна Европа са живеели само половината от хората в сравнение с тези отпреди 50 години. Студена зима и хладна пролет, ерозия на почвата, наводнения водят до ужасяващо ниски добиви и поголовен глад. Само през 1315 г. всеки десети жител от региона е страдал от недояждане (всички подобни заключения с конкретни цифри са просто исторически

допускания, но динамиката, тенденцията става отчетлива от днешни модели и анализи).

В среда на XIV в. изнуреното от глад население започва да измира масово. Днес е известно, че

главната причина за това е чумната епидемия, или „черната смърт“. Болестта се появява през 30-те години на XIV в. в Източен Китай и достига Европа по прочутия търговски Път на коприната. Епидемията поразява през 1347 г. последователно Дамаск, Атина, Неапол, Сардиния, Корсика, Генуа, Марсилия и Дубровник. Още на следващата година чумата се прехвърля през Източна Испания към Франция, Южна Англия, Италия и цяла Южна Европа. През 1349 г. болестта е регистрирана в Португалия, Средна Англия, Ирландия, Западна Германия, Австрия и Унгария. След още една година са засегнати Шотландия, Източна и Северна Германия, Дания, западната и южната част на Сканди-

навския полуостров. После през прибалтийските държави нахлува в Северна Швеция, Финландия и Русия. Пощадени от бедствието остават някои брегови зони на Полша, германските области Тюрингия и Саксония, както и Милано и Северните Пиренеи. На Балканите няма чумна епидемия, вероятно поради ограничените търговски връзки на региона с останалата част на Европа.

В засегнатите от чумата региони се заболяват между 60 и 80 % от цялото население, като умират над 85 % от болелите. Най-много са засегнати градовете, особено пристанищните. Една трета от населението на Европа става жертва на „черната смърт“, или по днешни оценки около 25 милиона души. Повече от 150 години са били необходими, за да се достигне броят жители от времето преди чумата. Социалните последици са били страшни – навсякъде се търсели виновници за бедствието, най-погозрителни изглеждали хората с еврейски произход, като се разпространявала мълвата, че те заразявали кладенците с питейна вода. Не се изключвало влиянието на вещици, еретици и всякакви неверници и грешници. Познаваме ужаса на онези години от исторически романи или филми, в които страховити процесии от хора с качулки и кръстове в ръце обикалят улиците и зоват за милост. Грамади от трупове се изхвърлят в общи гробове и посипват с вар. Цели градски квартали, засегнати от чумата, остават изолирани от другите райони и много хора умират от глад вместо от епидемията.

Но какво е предизвикало масовата чумна епидемия? Добре известно е, че изключително устойчивата и приспособима бактерия *Yersinia pestis*, предизвикваща заболяването, се открива във вид азиатски пустинни мишки, които наистина заболяват от чума, но се справят с ужасната болест съвсем леко и без фатален изход. Впрочем бактерията е открита и изследвана за пръв път едва



Чумната епидемия в средновековна Европа

в края на XIX в. Ако насекоми (обикновено въшки) ухапят гризачи – носители на бактерията, преносът към по-висши бозайници и хората е неугържим. В Европа преносители на чумата са различни видове плъхове, като съвременните епидемиолози са открили добра корелация между размера на чумните епидемии и масовото размножаване на плъхове в средновековна Европа. Отначало връзката „масово разпространение на гризачи и чумна епидемия“ не е била еднозначно доказана и доста по-късно се приема, че нахлуването на плъховете в даден регион е предвестник на чумна епидемия. Впрочем дълго преди епидемиите от XIV в., чумата е вилняла по Средиземноморието, британските острови, дори Исландия. След 1771 г. не са наблюдавани повече чумни епидемии в Европа.

Въпросът, който е интересен за специалистите по история на околната среда, не е толкова медицински, колкото екологичен. Дали епидемии с подобен размах могат да се свържат по някакъв начин със сериозни изменения на околната среда, как и защо? Интересен е и обратният въпрос – дали някакви специфични екологични обстоятелства не са подпомогнали развитието на торнадото от „черна смърт“?



Чумата в Ашдод. Картина на Никола Пусен, Лувър

Все още не са открити разумни отговори на втория въпрос по отношение на възможни екологични причини за чумните епидемии. Обикновено периодите на епидемиите са периоди на ниски температури, обилни валежи, наводнения и лоши реколти. Недохранените хора, обитаващи влажни и нехигиенични жилища, не са притежавали достатъчно съпротивителни сили, за да се противопоставят на болестта. Те просто са имали имунен дефицит и затова са ставали лесна плячка на чумата.

Другият съществен въпрос подлежи на по-обстоятелствен коментар, а и доказателствата за екологичните следствия от нахлуването на епидемичните вълни са налице.

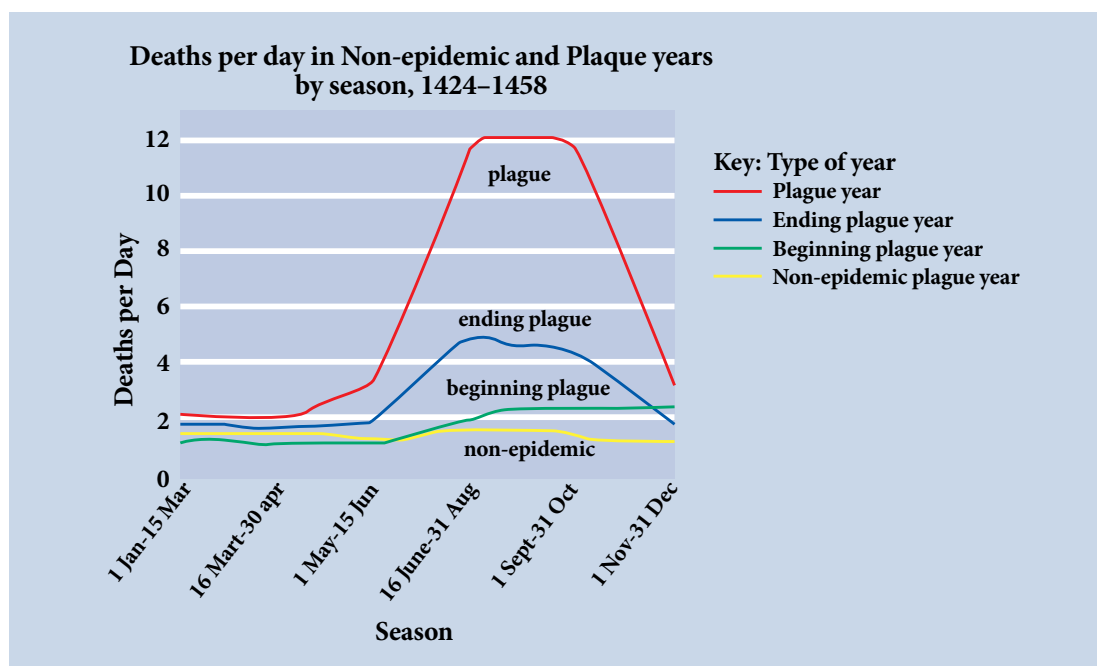
Първото обстоятелство, което играе роля при изясняване на връзката – „чума – промени в околната среда“, е доказаното масово измиране на хората в Централна Европа през XIV в. Друго интересно обстоятелство е особено динамичният процес на неочаквано бързото нарастване на гор-

ските площи за големи области в Централна Европа. Този факт се свързва със сериозни промени в количествата изразходвани енергийни, водни и материални източници. Възстановяването на горските масиви е резултат, от една страна, на намалена антропогенна намеса (изсичане, изгаряне, намаление на работна ръка), но и естествен процес на саморегулиране, ако липсва човешка намеса. Забелязано е от историките на околната среда, че в онзи труден за европейците период количеството на подпочвените води силно е спаднало и много влажни зони са се превърнали в почти пустинни места. Това довело до бързи промени в регионалните климатични условия. Настъпва спад на водния дебит по течението на големи реки (всичко това е доказано с помощта на моделни пресмятания от косвени данни – спадът е оценен на почти 25 %). Забравени са пълноводните течения на реките, наводнения в онзи период практически липсват. Но в същото време гор-

ските масиви защитават почвата и практически няма никакви показания за почвена ерозия. Отслабването на натиска (селскостопанска активност) върху почвата води до промени в начина на хранене на оцелелите хора от засегнатата от чумата част на Европа. Преди 1347 г. по-голяма част от средновековните европейци е разчитала основно на житни култури и зеленчуци, което е водело до значителна липса на храни за населението и недостатъчно изхранване. Храненето с месо (изискващо много повече енергийни разходи, а оттам – и по-скъпа продукция) е било привилегия само за много ограничен кръг от богати хора. Изведнъж зловещата чумна епидемия променя хранителните навици и пазарните цени на поизтънчената месна диета. Възстановяват се горските масиви, това създава условия за по-масово ловуване на изобилен дивеч.



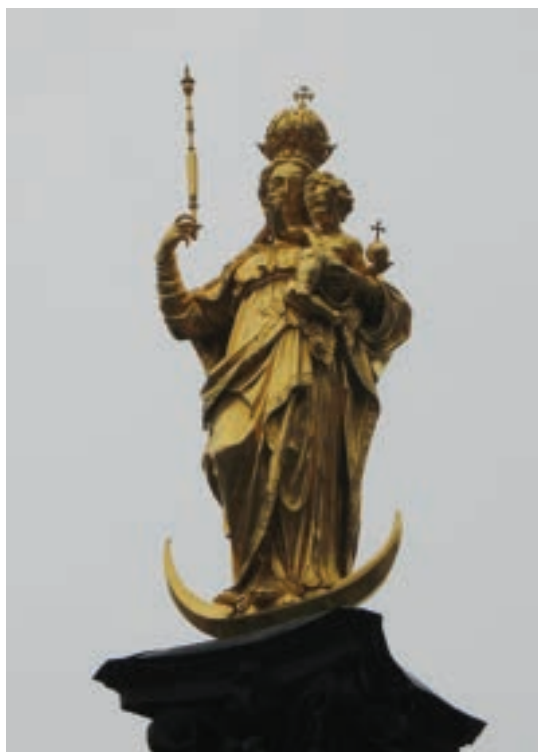
Професор д.х.н. Васил Симеонов работи в областта на аналитичната химия на околната среда, хеометрия и екометрия, със специални интереси към темите от история на околната среда (environmental history).



Данни за смъртност (дневно) преди, по време и след чумна епидемия във Флоренция през периода 1424 – 1458 г.



Прочутата виенска Чумна колона (Pestsäule)



Марианската чумна колона в Мюнхен (1638), известна като Мариензойле

В домашни условия се подобряват възможностите за отглеждане на свине и говеда. С други гуми, черната смърт не само е разлюляла обществената система и е превърнала страданието в постоянен спътник на средновековните ни предци, но е довела и до радикални изменения на хранителните навици на хората в Централна Европа.

Чумната епидемия отправя още едно предизвикателство към хората – нека го наречем културно-религиозно. В много средновековни произведения вилнеенето на черната смърт се интерпретира като Божие наказание за греховността на хората и за ролята на разкаянието и смиреността като терапевтичен механизъм. Но много преди приемането на подобно смирение потърпевшите се опитват просто да избя-

гат от епидемичната вълна. Онези, които успяват, благодарят на съдбата с повече или по-малко ценни културни паметници – паметни плочи в църкви, храмове като израз на благодарности към Провидението, уникални архитектурни шедьоври като прочутата „Чумна колона (Pestsäule) в центъра на Виена (от 1693 г.), издигната от император Леополд I в чест на спасението на града от чумна епидемия. Дали поради тази благодарност или поради все още неизяснени причини, чумната вълна отслабва и практически не се появява след средата на XVIII в. Но над 300 години страх и напрежение са съпътствали битието на европейците достатъчно дълго, за да се превърне чумата в нарицателно понятие за гигантско бедствие. ■

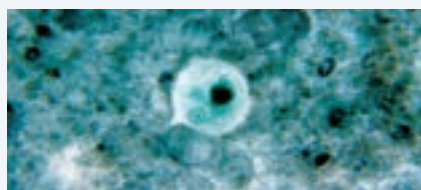
И римляните страдали от паразити

Съвременни изследвания в няколко стари римски града в Европа показват, че и древните римляни са страдали от същите паразитни заболявания, от които не може да се отърве и съвременното общество. Английският паразитолог д-р Пийрс Митчъл (Piers Mitchell) от Университета в Кеймбридж публикува през 2015 г. в авторитетното международно списание *Parasitology* интересни данни, от които са вижда, че дизентерийната амеба, аскаридите и остриците, власоглавите, някои видове тении (напр. широката панделка), бълхите, въшките и др. съвременни паразити са „гостували“ често и на римляните, независимо от ранга им в обществото. Той е изследвал стари римски терми и градски бани, древни гробници, градски тоалетни и копролити в тях, остатъци от тъкани, дрехи, съдове и др., в които е открил цисти, яйца и остатъци от различни видове ендо- и ектопаразити, част от които посочихме по-горе. От археолози били открити и специални уреди, подобни на гъсти гребени, които д-р Митчъл смята, че са ползвани от римляните като специални средства за сресване и премахване на въшки и други ектопаразитни членестоноги от главата и тялото.

Знае се, че римляните са държали особено много на чистотата и няма по-голямо римско селище без обществени бани, специални терми с топла вода, обществени тоалетни, водоснабдителни и канализационни съоръжения и пр. Тогава как да се обяснят многобройните случаи от паразитни находки в техните селища, даже много повече, в сравнение с подобни селища от по-ранни исторически епохи? Според д-р Митчъл причината за това е водата в обществените терми и тоалетни, които често са били снабдявани с топла вода от минерални извори. Древните римляни са обожавали минералните топли източници и около тях винаги са строили и обществени бани, но не са сменяли често водата в обществените терми и канализационните системи и така са създавали отлични условия за развитие и акумулация на паразитни цисти и яйца. Друга възможна причина за високата опаразитеност на римляните, особено с чревни паразити, е съществувала по това време практика да се използват човешки екскре-

менти за наторяване на почвата, особено за добив на зеленчуци. Тази практика, за съжаление, се е запазила и досега в някои страни, континенти и райони в света с висок процент на опаразитяване на населението.

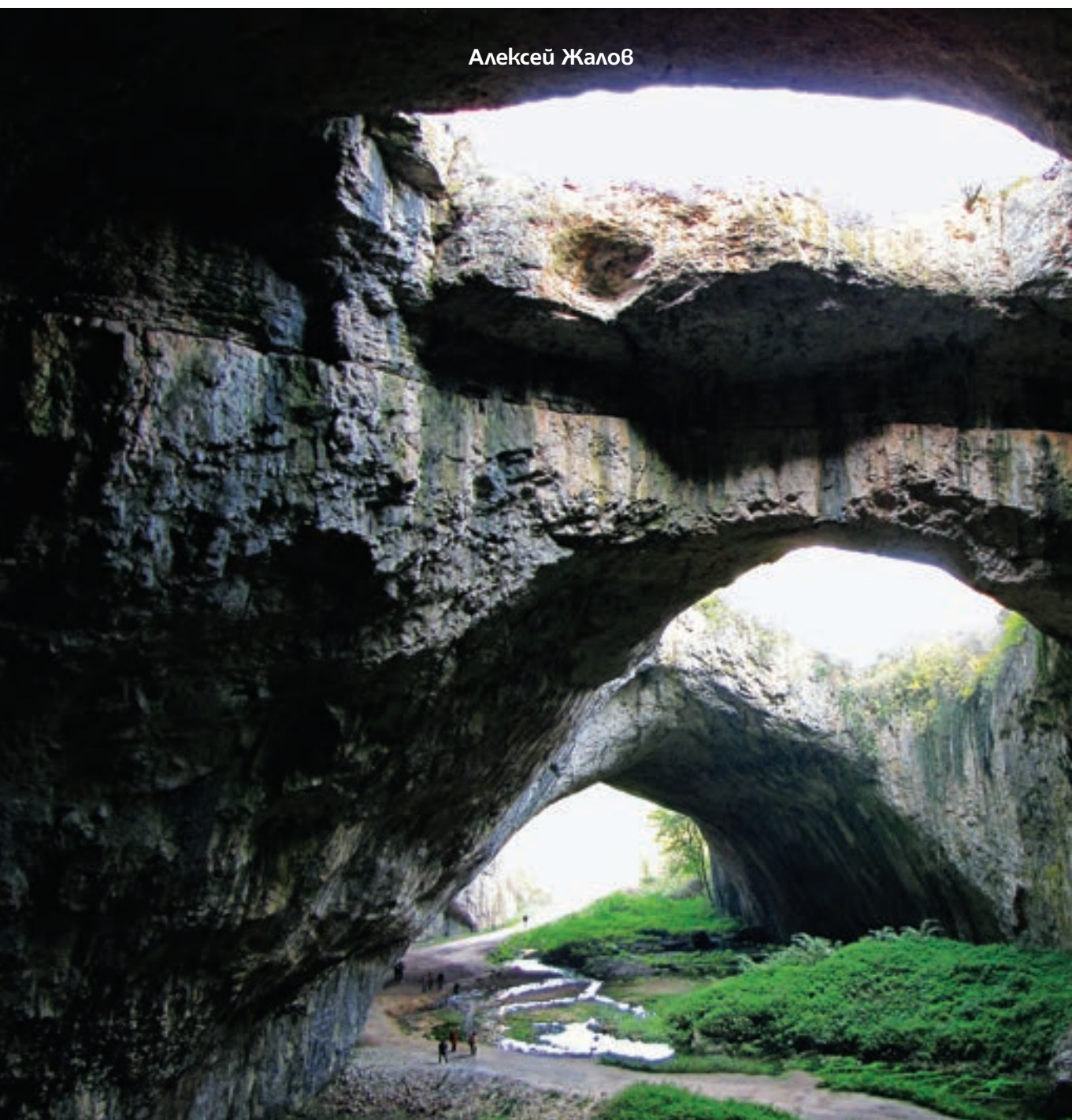
По Parasitology

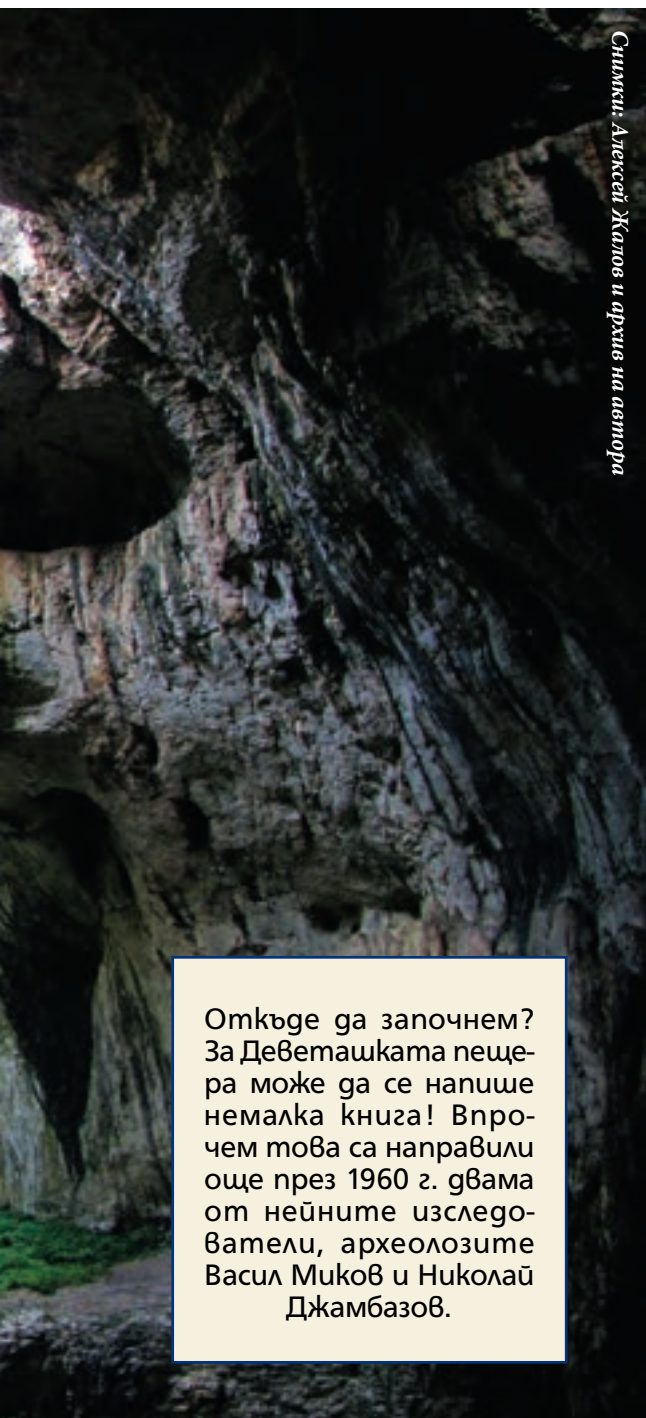


■ ОТЕЧЕСТВО ЛЮБЕЗНО

Деветашката пещера

Алексей Жалов





Снимки: Алексей Жиглов и архив на автора

Откъде да започнем?
За Деветашката пещера
може да се напише
немалка книга! Впрочем
това са направили
още през 1960 г. двама
от нейните изследователи,
археолозите
Васил Миков и Николай
Джамбазов.

Но историята на този природен феномен води началото си далече по-назад във времето – още когато в кредните (аптски) варовици, изграждащи Деветашкото плато, е започнало нейното зараждане. Кога е станало това и колко време е било необходимо на физикохимичните процеси да моделират пещерата до познатите ни днес необикновени размери, това са въпроси, които тепърва ще се изясняват. Но за да бъдем последователни, нека започнем с местоположението на пещерата и едва после да продължим нататък.

Според физико-географската подялба на страната, Деветашката пещера се намира в обсега на Деветашкото плато – една от основните морфографски единици в Средния Предбалкан. Върху територията на платото е обособен т.нар. Деветашки карстов район, който почти напълно съвпада с разпространението на Деветашката варовикова свита (dK1ap). От тектонска гледна точка пещерата попада в преходната зона, която заема междинно положение между същинския Предбалкан и Мизийската платформа. Според хидрогеоложката подялба на страната пещерата е в обхвата на Балканидния хидрогеоложки район – Ловешко-Търновския басейн.

Природната забележителност се намира в землището на с. Деветаки (откъдето и носи името си), община Ловеч. Входът е разположен на левия географски бряг на река Осъм, почти на нивото на първата ѝ заливна тераса. Размерите му (38 м ширина и 22 м височина) го правят забележим отдалече и внушават любопитство и респект. Тъкмо това е привлякло вниманието на английския пътешественик Джеймс Бейкър (James Baker), племенник на откривателя на изворите на Нил Самюъл Бейкър (Samuel Baker), в книгата му „Европейска



*Инж. Павел Петров, първият
изследовател на пещерата*

Турция", която отразява неговото пътуване през България през 1874 г. Ето част от пасажа, описващ пътуването от Търново за Ловеч: „През повечето време пътят вървеше покрай реката Осма (Осъм, б.а.) и аз видях една огромна скална пещера от другата страна на реката. Отворът ѝ се намираше на височина най-малко петдесет фута и изглежда, навлизаше госта навътре в хълма“. Написаното звучи като пророчество, защото половин век по-късно пещерняците, направили първото цялостно проучване и картографиране на пещерата, ще установят, че дължината ѝ надхвърля 2 км.

Известната ни писмена информация показва, че познавателният интерес към Деветашката пещерата датира от 1897 г., когато учители от Ловеч организират първата ученическа екскурзия до нея. Организатор е Павел Петров (1884 – 1984), който, след като завършва минно инженерство в Белгия, през месец август 1921 г. инициира и ръководи проучването на обитата с тайни и загадки пещера. Ето как той възкресява спомена от онова славно време на първо прохождение: „В 1921 г. през месец август, аз и трима минни ра-



20-те години на XX в.

ботници, се явихме в село Деветаки. На другия ден заедно с логкарите понесохме двете логки към пещерата. Стигнахме до пещерата. Сзлобихме логките и пуснахме едната в подземната река...“. Това събитие слага началото на едно нечувано за времето си и изпълнено с много перипетии проучване, което ще продължи почти 7 години. В този период, използвайки специално конструирана за целта логка, бавно, систематично и с цената на големи усилия групата на инж. Петров проучва и картографира пещерата. Веднага след това публикува в Трудове на българското природоизпитателно дружество (бр.13/1928), а по-късно в сборника „Ловеч и Ловчанско“ (кн. I, 1929) пълни описания на вътрешността ѝ заедно с цялостни и подробни карти. Данните от тези и последвалите в по-ново време картографски и геодезични заснемания дават основание

да твърдим, че с обемните и в частност линейните си размери пещерата няма аналог в България, което категорично я определя като уникален геолого-геоморфоложки феномен.

В обобщен вид те изглеждат така:

Обща дължина: 2442 м – 34-та в списъка на най-дългите пещери в България;

Денивелация: 121 м (-25 м, + 96 м);

Най-голямата пещерна зала в страната! Според геодезичното заснемане линейните и обемните данни на залата са: дължина 328 м, максимална широчина 114 м, максимална височина 48 м, площ 21 630 м, обем 514 885 м³.

Нека все пак „надникнем“ в подземните простори на Деветашката пещера. Входът има правоъгълна форма с размери 35 × 21,6 м и дава началото на прословутата входна зала. В свода на залата, гледано от входа към вътрешността, има 7 отвора, които местното население е наименоувало „окната“. Чрез пет от тях пещерата се съобщава с повърхността, като другите два („Кучешките отвори“) представляват малки кръгли дупки в тавана, които нямат връзка с повърхността.

Първият отвор по реда на влизане е наречен „Поличките“, следва „Централният“ (Средният) отвор. На запад от него са следващите две „окна“, които носят обобщаващото наименование „Кошерещето“. Тук залата достига максималната си височина от 48 м. Северно от „Кошерещето“, в лявата част на залата, се намира „Кулика“ – най-обширният отвор в свода на пещерата. Той има елипсовидна форма и размери 62 м по дългата и 42 м по късата ос. Площта му е 2182 м². На това място залата достига максималната си широчина (114 м). Тук, вдясно в залата е „изникнал“ изкуствен земен насип с дълговидна форма, зад който има просторно разширение, зад което е и първото естествено разклонение на пещерата. В разширението са били монтирани 4 цистерни с покрив, а по стените на галерията в края на разклонението намираме десетки графити от началото на XX в. – „белези“ на тогавашния интерес към пещерата.



Алексей Жалов е завършил Висшия институт за физическа култура (сега Национална спортна академия „Васил Левски“. Той е инструктор по спелеология, ръководител и участник в множество пещерни проучвания в България и извън страната, председател на Балканския спелеоложки съюз.

От Кулика напред залата губи импозантните си размери. За разлика отпреди, където човек, без преувеличение, се чувства нищожно малък пред лицето на природата, пещерата става ниска и неготам широка. Тук вече е зоната на мрака, който полека-лека прелива в пещерна тъмнина. Само ромолето на протичащата по цялото протежение на залата река става по-отчетливо. В този участък преди години неразумният човек е бил монтирал още 3 цистерни, но за това по-късно.

Наматък залата преминава в галерия, която почти веднага приема ляво разклонение с наречени от първите изследователи на пещерата „Коритцата“. По галерията протича поток, който се влива в реката, идваща от „сърцето“ на пещерата. От водослива навътре пещерата намалява размерите си. По хода на галерията са образувани 11 езера с различна дължина и дълбочина. Галерията е насечена от скални прагове, с височина, варираща от 0,7 до 6 м. Павел Петров и другарите му са им дали наименованията

„Калето“, „Нуазара“, „Пристанището“ , „Малък праз“, „Лечовият праз“. За преодоляването на този участък е необходима пневматична лодка

След последният праз пещерата променя посоката си на развитие, става значително по-широка, реката отстъпва място на сухи галерии. В зависимост от климатичните условия, в края на този пещерен сегмент периодично се образуват малки по площ и дълбочина езера. Нататък пещерата значително се стеснява. В самия ѝ край отново се появява воден поток, чиито води се губят в скални пукнатини, вероятно за да се присъединят по-късно към основния воден поток, протичащ през пещерата.

Ще бъде несправедливо, ако не подчертаем, че изложените по-горе знания за Деветашката пещера са добити в резултат на извършените в нея през годините спелеоложки проучвания. Несъмнено началото им е положено от дружината на инж. Петров, но на по-късен етап тя е била още по-детайлно проучвана и картографирана от З. Илиев, Ст. Петков, Ц. Остромски, И.Тачев, Н. Ланджев, В. Пелтеков през 1994 г. по време на експедиция, организирана от Българската федерация по спелеология. Прецизно геодезично заснемане на входната зала и съставяне на неин 3-мерен модел са осъществени през 2014 г. от колектив на компанията „Топ Гео“ – София и пещерен клуб „Хелик-тит“ – София.

Няма съмнение, че първият, и то практически интерес към пещерата е бил провокиран от нейното местоположение и размери – тя се намира на защитено място отвъд река и е просторен естествен подслон. Оценявайки тези, а вероятно и други предимства, преди около 70 хил. години, по време на средния палеолит, в нея са се заселили неандерталците. По-късно в пещерата са се настанили нашите предшественици от рода *Хомо сапиенс* и както ще видим по-нататък, тя е била трайно обитавана до около I – III в. сл.Хр.

По-после идва човешкото любопитство, а след него и научният и изследователски

интерес, защото, както изтъкнахме, Деветашката пещера е необикновена.

През 1921 г. видният български учен акад. Гавраил Кацаров (1874 – 1958) първи посочва значимостта на пещерата от археологическа гледна точка. Докато тежат проучванията на инж. Петров, интерес към пещерата проявяват зоолозите. През 1922 г. директорът на царските природонаучни институти г-р Иван Буреш и неговите колеги поставят началото на систематичното биоспелеолошко изследване на българските пещери, между които попада и Деветашката. Анализите на зооложките проучвания сочат, че в периода 1924 – 1925 г. тя е била посетена 4 пъти, три от които с участието на цар Борис III (2 февруари и 30 октомври 1924 г. и 8 април 1925 г.). Зоолозите биват последвани от археолозите. През 1927 г. Васил Миков, по инициатива на учителя по история в Ловешката гимназия Гено Иванов и с помощта на ученици, провежда първите помасштабни разкопки в пещерата. Няколко години по-късно Михаил хаджи Неделчев, също учител в Ловешката гимназия, копае в пещерата, за да набави материали за музейната сбирка в Ловеч. Оценявайки археологическата значимост на пещерата, през 1932 г. тя бива обявена за „народна старина“.

През 1950 г. обаче Държавният комитет по отбраната решава в Деветашката пещера



Борис III, цар на България, пред големия комин на Деветашката пещера – 1924 г. Снимка: Кристиан Антонов

щера да бъде изградена база на петролни продукти, основно предназначени за държавен резерв и военновременно използване, който впоследствие да бъде предоставен за стопанисване на ДСО „Петрол“. Това налага през лятото и есента на същата година да бъдат инициирани археологически разкопки с ръководители Васил Миков и Николай Джамбазов. Разкопките продължават от май до декември 1952 г., но вече имат спасителен характер, поради вече започналите строителни материали в пещерата. Площта на разкопките обхваща повече от 2 декара, но въпреки значителната им площ, културните напластявания в пещерата не са окончателно изчерпани. В централната зала остават непроучени пластове от палеолита, неолита и халколита.

Във връзка с предназначението ѝ, в крайна сметка входната част на пещерата е видоизменена, коритото на подземната река е коригирано, изграден е голям земен вал, прокопани са две изкуствени вместилища на цистерни. В пещерата и изкуствените галерии са вместили 15 цистерни с вместимост от хиляда до 5 хиляди куб.м. През реката е построен железопътен мост, който да опосредства достъпа на съответните цистерни.

В продължение на 40 години пещерата е строго охранявана, достъпът силно ограничен, респективно извършването на каквото и да е проучвания невъзможно.

В този период партийните и държавни органи на Ловешки окръг неколkokратно повдигат въпроса за нецелесъобразното използване на пещерата. През 1973 г. Деветашкият селски народен съвет, партийното и стопанското ръководство на ТКЗС правят изложение до първия секретар на ЦК на БКП Т. Живков да се преразгледа въпросът с пещерата и тя да бъде освободена от ДСО „Петрол“. През 1980 г. Общинският народен съвет на селищна система Александрово в изложение до Комитета за опазване на природната среда при МС и Държавния съвет подновява искането пещерата да бъде освободена и социализирана за по-

сещения.

Впоследствие е създаден и комитет за освобождаването на пещерата и след засиления обществен натиск през 1990 г. ДСО „Петрол“ освобождава цистерните от петролни продукти, почиства ги и ги дегазира. Този процес се извършва в периода 1994 – 1996 г. Почистването на пясъка и изнасянето на всички остатъци от цистерните и изградените помощни съоръжения продължава до края на 1998 г.

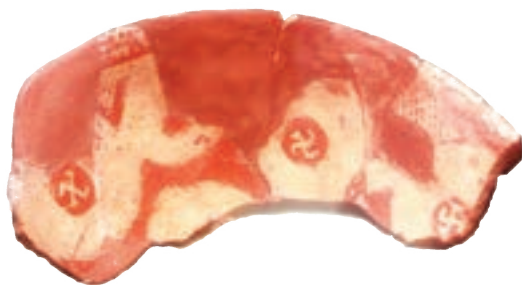
Междувременно, през 1992 г., под ръководството на доц. Венцислав Герзов археологическите проучвания в пещерата бележат 3-тия си „рожден ден“. Те продължават и през следващата година. След едногодишно прекъсване, в периода 1995 – 1999 г., археолозите правят още 4 „спасителни“ акции в пещерата. Последните археологически проучвания там са проведени през 2004 и 2005 г. от Венцислав Герзов и археолозите от Регионалния исторически музей в Ловеч Мая Валентинова и Радослав Гуцераклиев.

В резултат на многогодишните археологически разкопки в Деветашката пещера е установено, че най-ранното заселване на пещерата се отнася към старокаменната епоха. Хората са живели в нея в продължение на стотици хиляди години през периода на средния и късния палеолит – от ок. 200 000 до 10 000 г. пр.Хр. В културните пластове от този период са запазени сечива от кремък и кост и кости на животните, с които се е прехранвал човекът. Сред кремъчните сечива преобладават стъргалата, върховете и отломъците с различни видове ретуши. Открити са и кремъчните ядра, от които са отделяни отломъци за изработване на по-малки оръдия на труда. Особен интерес представляват листовидните двустранно обработени върхове – често използвани за върхове на копия.

През къснопалеолитната епоха оръдията са представени предимно от стъргалките и пробоите, но не липсват и резци. С тях са обработвани кожите на убитите животни и са изработвани костени оръдия. Срещат се и костени върхове на копия и стрели.



Амфиподата Niphargus Bureschi



Намерена керамика в Деветашката пещера с изображения „свастика“

Деветашката пещера е сред пещерните находища с най-богати останки от неолитната (новокаменна) епоха 6200 – 4900 г. пр.Хр. От този период са открити останки от пещи, фрагменти от глинени съдове, кремъчни сечива, каменни брадви, кости на животни. Сред кремъчните оръдия преобладават стъргалките и пластините, а сред оръдията от кост – шилата. Откритите керамични фрагменти говорят за разнообразни по форма и украса съдове. Голяма част от тях са със следи от орнаменти с бяла, червена и черна окраска. Върху част от керамичен съд са изобразени 3 свастики, което се смята за най-ранното изображение от този вид на територията на Европа.

През енеолитната (каменно-медната) епоха (4900 – 3800 г. пр.Хр.) човекът заселва почти цялата площ на пещерата и строи в нея жилища. Открити са множество пещи и хромели, кремъчни и каменни сечива, изделия от кост, рог и мед. Сред каменните оръдия са намерени брадви, чукове, тесли, глета, хавани, хромели, точила. От рог са били изработвани мотики, а от кост – върхове за копия, шила и гладилки. Намерени са и медно шило с костена дръжка.

Керамичният материал е богат и разнообразен. Най-многобройни са фрагментите от съдове, цели съдове и глинени идоли. Отбелязва се изключително многообра-

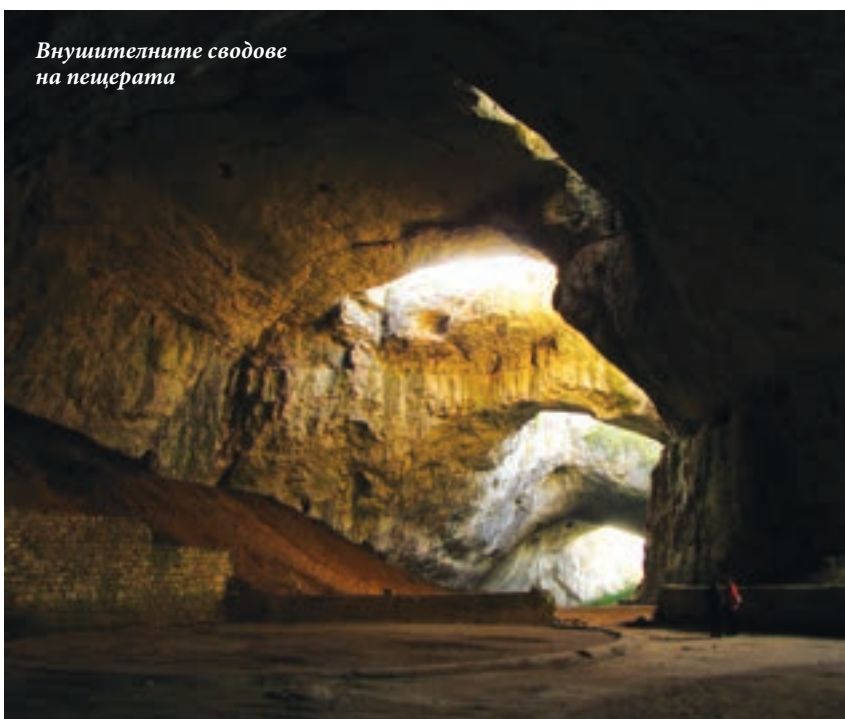
зие на формите и украсата на съдовете. Използвала се украса с графит и връзвания с мигени черупки, лентовидни, връзана и инкрустирана украса с различни орнаменти (спирали, ромбове, кръгове). Открити са и няколко култови масички. Намерени са антропоморфни и зооморфни изделия от глина, както и костени лъжички, някои от които с украсени дръжки. Останките от тежести за тъкачни станове, мрежи за лов, тежести за мрежи са свидетелство за активен и разнообразен стопански живот. Намерени са и накити, изработени от зъби, кости, мрамор и глина. В малка галерия в десния коридор е открито погребение на дете, покрито с каменен хаван и с глинена паничка в областта на рамото.

От периода на бронзовата епоха (3100 – 1000 г. пр.Хр.) са открити съдове и фрагменти, множество каменни брадви-чукове и кремъчни артефакти – предимно кремъчни пластини. От рог и кости са били изработвани мотики, чукове, дръжки, шила, игли. Глинени съдове са много разнообразни по форма и техника на изпълнение.

Пещерата е била обитавана и през желязната епоха. От този период е датирана откритата там оброчна плочка с изображение на Артемидеа, което вероятно свидетелства за ранното съществуване на светилище, функционирало по-късно и през Римската



*Внушителните сводове
на пещерата*





епоха (I – III в.). От този период са намерени оръдия за производство, керамика, монети, оброчна плочка и скулптурен фрагмент, изобразяващ част от кривака на Херакъл.

Многогодишните археологически проучвания в Деветашката пещера показват, че на територията ѝ се съхраняват археологически находки от средния палеолит, новокаменната, каменно-медната, бронзовата и желязната епоха, Римския период и Средновековието!

Оценявайки културно-историческата значимост на пещерата, още през 1932 г., по силата на тогава действащия Закон за старините (от 1911 г.), тя е обявена за народна старина. Значително по-късно (1967 г.) е обявена за „Архитектурно-строителен паметник на културата от Античността и Средновековието, с местно значение“ под името „Окната“. По-късно обектът е прекатегоризиран от „паметник с местно“ в „паметник с национално значение“. Понастоящем Деветашката пещера е паметник на културата – недвижима културна ценност с национално значение.

В рамките на проведените археологически разкопки е събран палеозоологичен

материал, състоящ се от десетки и стотици хиляди находки от кости и зъби. Изследователите твърдят, че Деветашката пещера е най-богатото на останки от птици и въобще на гръбначни животни находище в България. Според проф. Златозар Боев, д.б.н., там са установени 136 таксона (най-малко 100 вида) птици, което е над 1/4 от рецентната авифауна на страната. Най-разнообразни са били водолюбивите птици, сред които червеношията гъска, белооката потапница, малкият креслив орел, глухарът, саблеклюнът, кокилобегачът, малкият червеноног, големият горски и малкият зеленоног водобегач, голямата бекачина, бекасът, пернатоногата кукумявка, блатната сова и др. Установени са 7 вида птици, които през последните хилядолетия (холоцена) са изчезнали от територията на страната – тетревът, полярната яребица, пра-яребицата, колхидският фазан (дивата му местна форма), стрепетът, средна бекачина и червеноклювата хайдушка гарга.

Въз основа на намерените фосилни останки е установен видът на животните, които са ловували, отглеждали и с които

се хранели населявалите пещерата. Намерени са останки от десетки видове бозайници, сред които пещерна мечка, пещерни хиени, дива говеда, елени, сърни, кози, коне, дива свине, зайци, както и от риби и миги.

Деветашката пещера продължава да бъде местообитание на гръбначна и безгръбначна фауна. Нека започнем от по-малко познатата безгръбначна фауна. Знанията ни за нейния видов състав са резултат от проведените биоспелеологични проучвания през 20-те години на XX в. и по-късно. Според Изследователския център по биоспелеология при Националния природонаучен музей при БАН, досега в Деветашката пещера са установени повече от 36 вида безгръбначни животни. От тях почти равен брой се пада на *троглофилите* (частично адаптирани за живот под земята) и *троглоксени* (несвързани пряко с пещерната среда за живот). Напълно приспособени към подземната екосистема (троглобионти) са два вида сухоземни безгръбначни: мокрицата (*Trichoniscus tenebrarum*) и стоножката (*Lithobius tiasnatensis*). По-богати на подземна фауна са подземните води, откъдето са известни 4 слепи организма (стигобионти) – охлювчетата *Devetakia pandurskii*, *Devetakia krushunica*, *Bythiospeum bureschi* и амфиподата *Niphargus bureschi*.

Като изключим птиците в пещерата и района, около нея са регистрирани 35 вида животни. Между тях 5 вида са земноводни, 6 вида влечуги, 3 вида насекомоядни бозайници, 1 вид гризач, 5 вида хищници, 15 вида прилепи. Според проучванията на орнитолога Георги Стоянов по сводовите и в скалните откоси на Деветашката пещера гнездят 15 вида птици. Освен тях тук могат да се намерят още няколко други вида, причислени към категорията „случайно попаднали“, търсейки в пещерата храна и вода, скитащи или почиващи. Според Центъра за изследване и защита на прилепите към Националния природо-

научен музей най-значими за определянето на зоологичния статус на пещерата са прилепите. Голямото им видово разнообразие (15 вида) се съчетава с внушителната им численост. Системните наблюдения на специалистите показват, че общата численост на прилепните колонии през лятото варира от 4000 до 8000 екземпляра, през зимата е от 10 000 до над 35 000 екземпляра. Посочените данни определят Деветашката пещера като една от трите най-значими прилепни пещери в България. Неслучайно тя е включена в списъка на подземните местообитания от европейска и световна значимост към Споразумението за опазване на популациите на европейските прилепи EUROBATS.

През 1996 г. Деветашката пещера е обявена за природна забележителност, като същевременно ѝ е даден статут на защитен природен обект с международно значение за опазването на размножителните и зимуващите колонии от прилепи. През 2011 г. в пещерата се заснема филмовата продукция „Непобедимите 2“, което е в разрез с нормите за охраната ѝ като зимно местообитание на прилепите. Екологични организации остро поставят въпроса, че съществуващите нормативни документи не гарантират запазването на природната цялост на пещерата. Затова през 2012 г. Министерството на околната среда и водите, въз основа на Закона за защитените територии издава нова заповед, където въвежда по-строги природоохранителни мерки. Според нормативния документ обект на защита са Деветашката пещера и прилежащите с обща площ 141 дка, попадащи в землищата на селата Дойренци и Деветаки. Една от предвидените мерки е изготвянето на План за управление на обекта. Този основополагащ за рационалното природоползване на пещерата документ е изготвен през 2014 г. от разнороден екип от специалисти, координиран от „Екологичен център“ ЕООД – СНЦ „Зелени Балкани – Стара Загора“.



Алексей Жалов (вляво) сред изследователи на пещерата

Благоприятстващ фактор относно защитата на биотичния фактор в пещерата е това, че тя попада в границите на две защитени зони от мрежата Натура 2000, а именно Защитена зона BG0000615 „Деветашко плато“ за опазване на природните местообитания и дивата флора и фауна и Защитена зона BG0002102 „Деветашко плато“ за опазване на дивите птици.

Без съмнение, Деветашката пещера е уникален природен феномен и има важно природозащитно и културно значение. Безспорно тя има и потенциала да се превърне, но не на всяка цена, във фактор за развитието на туризма от местно и национално значение. Ето защо през 2012 г. с решение на Министерския съвет пещерата е предоставена за управление на община Ловеч. Оттогава насам, при строго спазване на охранителните режими и мерките, заложи в нейния план за управление, започна нейното постепенно обособяване като туристически обект. С това в процес на събдяване е декларираното желание още през 1930 г. пещерата да бъде модернизирана от Българското пещерно дружество, което тогава, поради липса на средства, не е било осъществено. Е, по-добре късно, отколкото никога! ■

Изисквания към авторите на сп. „Природа“

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

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

Обемът на статиите е 5–6 машинописни страници (стандартната машинописна страница е 30 реда, 60 знака на ред, като този обем не включва предлаганата илюстрация). Към статиите се прилагат кратки биографични данни за автора и негова снимка.

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

Илюстрациите трябва да са годни за непосредствено полиграфическо възпроизвеждане.

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

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

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

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

Снимките се предоставят на отделни файлове във формати .jpeg и .tif.

Херон от Александрия – изобретателят фокусник

Мая Гайдарова

Историята на изобретенията е пълна с личности, чиито заслуги към науката и техниката с времето са позабравени от поколенията. И така се появяват хора, които доразвиват идеите им, но често остават в учебниците като първооткриватели.

Античният свят е далечен за нас, но интервалът от време няколко века преди и след новата ера е епоха на гениални открития в математиката, техниката, дори и основите на роботиката и кибернетиката. Парната машина например свързваме с епохата на разви-

тие на индустрията в Англия в края на XVII и в началото на XVIII в., но има безспорни доказателства, че нейният първооткривател е Херон от Александрия (Heron of Alexandria), още наречен Неро, живял през I век от н.е. в Александрия – център на науката, техниката, философията и изкуствата и главен граф на римската провинция Египет. Да припомним, че това е времето на тираничния и ексцентричен римски император Нерон, последния от Юлиево-Клавдиевата династия.

От училищната математика свързваме Херон със знаменитата му формула за намиране на лице на триъгълник по дадени три страни, която често използваме за практически цели. Блестящ математик, той оставя наследство от математически формули и алгоритми за намиране на площи и обеми. Те са описани в неговата *Metrica*, която съдържа и много от математическото наследство от времето на Архимед. В тази книга

се решава и интересният математически проблем как да направим куб с двойно по-голям обем от даден куб. На Херон приписваме и следната задача, която измъчва много родители: „ Дадени са четири фонтана. Първият напълва басейн за един ден, на втория са му нуж-

ни два дни, на третия – три дни, а на четвъртия – цели четири дни. За колко време ще се напълни басейнът, ако текат заедно?“.

Последният велик математик от древността Пап Александрийски (Pappi Alexandrini), живял около 250 години след Херон, цитира в работите си Механиката (*Mechanica*) на Херон, която е събрала в два тома основни инженерни принципи, теория на движението, принципите на равновесието (намиране на центъра на тежестта на тела с неправилна форма), начините за повдигане и пренасяне на товари и много други хитроумни и полезни за практиката знания.

Графът Александрия, създаден от Александър Велики през IV в. пр.Хр., бил люлка на изобретенията, на изкуствата, на философията, там си давали среща всички будни умове от античния свят. Там е живял и работил и небезизвестният Ктесибий (Ctesibius) през III в. пр.Хр., който се смята за баща на ро-

ботиката. В работата си *On Pneumatics* (загубена впоследствие може би в пожара на Александрийската библиотека) той описва схема на работеща противопожарна помпа с два цилиндъра. Ктесибий е ръководил дълги години работата на Музејона (Museum of Alexandria), „седалище на музите“, аналог на съвременния университет, с прочутата Александрийска библиотека, като изобретил вид воден часовник (много преди часовника с махало), прототип на днешния музикален инструмент орган – воден орган, и много други.

Херон несъмнено е познавал изобретенията на Ктесибий и е усъвършенствал някои от тях. В нито едно от своите произведения обаче той не е споменавал Ктесибий като първоизточник на някои идеи. За разлика от Ктесибий (все пак е живял три века след него) той оставя доста книги (повечето запазени в арабски превод), в които развива математически идеи и решения, около 80 механични устройства, хидравлична автоматика и оръжия.

Херон е правил и уникални механизми и играчки – пеещи птици, ходещи кукли, предизвикващи удивление и любопитство, затова съгражданите му го смятали и за фокусник. Надарен с богато въображение, признат за най-известен инженер на своето време, Херон не пестял сили да съвмести научното и забавното и правел успешни атракции на своите изобретения, които днес наричаме просто реклама. Измислил е и първия модел на автоматичен механичен театър, който е развличал народа по площадите на Александрия със звукови и визуални ефекти и различни настройки с предварително програмируем сюжет. Има данни обаче, че подобни театри с по-ограничени възможности са създавани и преди Херон.

Да се върнем на парната машина, доказано задвижвана с водна пара, неговия забележителен еолипил (aeolipile), описан в книгата му в две части *Spiritolia seu Pneumatica*. Той представлявал кука сфера с прикрепена към нея тръба. От котел с кипяща вода по тръбата към вътрешността на сферата



Херон от Александрия
(10 – 70 г. н.е.)



Еолипилът на Херон

под голямо налягане влиза пара, която може да излезе от две противоположно разположени Г-образни тръбички върху сферата. Сферата се върти с голяма скорост под действието на реактивната сила. От другата страна на сферата една ос я поддържа и ѝ позволява да се върти свободно. Няма сведение за използването на описаното изобретение за практически цели, вероятно е показано като хитроумно и забавно изобретение, като игра на ума, като демонстрация на силата на човешката мисъл. Има данни за подобна машина и по времето на Ктесибий, но няма писмени доказателства за съществуването ѝ.



Вратите на храма



Модел на орган, изобретен от Херон



Модел на първия монетен автомат

През 90-те години екип от учени в университета в Рединг (Великобритания) прави точен модел на еолипила на Херон и постига въртене 1500 оборота в минута. Този модел обаче не е имал добър коефициент на полезно действие поради голямата сила на триене при въртенето си.

Херон изобретява и първия монетен автомат, машина, която пуска вода за ритуално измиване след пускане на монета с определена стойност. Монетата се пуска в отвор и пада в съд, който е закрепен в края на лост. Другият край на лоста е прикрепен към клапан, който за малко се отваря, когато падне монетата и го натисне, като при това пуска вода за измиване на лицето и ръцете преди влизане в храма. Когато си вземаме кафе от автоматичната кафе-машина, нека си спомним за забележителния ум на Херон Александрийски, изобретил нейния прототип.

Забавна и магическа е била и конструкцията за отваряне на вратата на храма, която се задействала автоматично с помощта на съгъстен въздух, което несъмнено внасяло страхопочитание и респект сред богомолците. Огън, запален на олтара, нагрявал въздуха в пространството под него. Нагрятият въздух се разширявал, минавал по тръба и влизал в сфера, полупълна с вода. Горещият въздух под налягане изтласквал водата нагоре към котле, окачено с помощта на въжета към два стълба. Пълното ведро натезавало надолу и дърпало въжетата, навити около стълбовете. Горните краища на стълбовете били свързани с вратите на храма, които се отваряли при дърпане на въжетата. На друга двойка въжета била окачена противотежест. Когато загаснел огънят на олтара, охладеният въздух се свивал и водата се връщала обратно, като стълбовете се връщали в началното си положение – вратата на храма се затваряла. Изглеждало, че боговете със своето дихание отваряли и затваряли храма по благоволение.

Херон прави и първия автоматичен поплавъчен регулатор, използван в ритон, в който се сипвали вино и вода и изтичали едновременно от различни чучури.

Какво ли не е правил Херон Александрийски в областта на роботиката. В своя трактат *Spiritolia seu Pneumatica* той показва, че разбира и използва бутала, помпи, вятърни перки.... Той развива и идеята на Ктесибий за направа на орган, през чиито тръби се изтласква въздух с различно налягане, карайки ги да свирят. Въздухът се свивал от помпа с бутала, задвижвани от вятъра. Това е и първият описан пример за използване на енергията на вятъра.

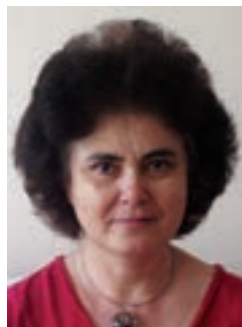
Друго забележително изобретение на Херон е уред, измерващ разстояния, без аналог до XVI в. в западния свят. Той е описан в друга книга, наречена **Dioptra**. Уредът, наречен диоптер, е подобен на теодолита, с който измерваме разстояния чрез ъгли. Има също описан алгоритъм за работа с уреда и пример за измерване на разстоянието между Рим и Александрия чрез разликите в часовете по местно време в градовете, когато може да се наблюдава лунно затъмнение от тях. Описан е и одометър, уред, с който се измерва пътят, изминат от каруците на превозвачите на стоки.

Херон не е отминал и учението за светлината. В неговата *Catoptrica* са описани и обяснени праволинейното разпространение и отражението на светлината, както и използването на системи от огледала.

В този период на усилені войни Херон е изобретявал и подобрявал действието на оръжия, например уред за автоматично изстрелване на стрели, изчислявал е траектории на движението на камъни (балистика), изхвърлени от катапулти, и др. Това е описал в *Belopoeica*.

Най-обширно и всеобхватно в наши дни събраните работи на Херон са публикувани от немската издателска къща Teubner в Лайпциг през 1903 г.

След Херон настъпват векове, през които няма развитие на неговата идея за машина, движена от пара. Едва в началото на XVIII в. (1705 г.) Томас Ньюкомен (Thomas Newcomen) проектира парни двигатели с кобилици, движени от бутала, чрез които се задвижват помпи. Чак по-късно, през 1770 г., известният



Доц. г-р Мая Гайдарова е завършила Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“. Ръководител е на катедра „Методика на обучението по физика“ във Физическия факултет. Интересите ѝ са свързани с проблемите на обучението по природни науки, методология и философия на познанието, образователни стандарти и оценяване в средното училище.



Модел на одометър за измерване на разстояния

от учебниците по физика Джеймс Уат (James Watt) създава парната машина, която се усъвършенства и използва повсеместно.

Блестящ математик, сръчен механик, инженер, физик, теоретик и практик, забавен фокусник, изобретател, популяризатор на техниката, енциклопедист, фантазьор и неуморен търсещ ум – това е човекът от античния свят, спечелил нашето признание, почит и възхита – Херон от Александрия. ■

Голямото дело на един скромнен гений

(250 години от рождението на Джон Далтон)

Евгени Головински

Тук виждаме имената на французина Жозеф Луи Гей-Люсака (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778 – 1850), шведския химик Йенс Якоб Берцелиус (Jons Jakob Berzelius, 1779 – 1846), италианеца Амадео Авогадро

(Amadeo Avogadro, 1776 – 1846), англичанина Хъмфри Дейви (Humphry Davy, 1778 – 1829) и някои други. Прави ли ви впечатление, че тези ярки личности са били почти на една възраст, бихме казали „набори“? Неслучайно времето на зараждане на съвременната химия съответства на зрялата възраст на тези учени. Това е началото на деветнадесетия век, в който природните науки разцъфтяват, обогатявайки се една друга.

В редицата споменати имена, които не само са чували, но и добре познават всички образовани хора по света, трябва да прибавим, при това „извън скоби“, името на една многостранна по своите прояви личност. Тава е англичанинът Джон Далтон (John Dalton, 1766 – 1844), един учен самоук от скромнен произход, стеснителен и без

Утвърждаването на химията като наука, което става след отмирането на продължителния алхимичен период и последвалото го време на господство на Флогистоновата теория, е възможно благодарение на творческото дело на редица забележителни европейски учени.

светски блясък, любознателен и самокритичен, но и категорично убедителен с резултатите от своята научна дейност. За развитие на химията като наука трудовете на Джон Далтон допринасят

особено много. В тях виждаме в определен смисъл възкресени представите на древногръцкия мислител Демокрит за атомите. С тези представи Далтон полага основите на класическата атомно-молекулярна теория. Благодарение на тези представи химията започва да се развива както всички природни и точни науки, които почиват върху наблюдения, опити, хипотези, теории, открития...

Джон Далтон е роден на 8 септември 1766 г. в селището Игълсфийлд, графство Къмбърланд, Англия, в семейството на неимотен занаятчия. Баща му е шивач, чиито религиозни убеждения са свързани с малобройната група на квакерите. Джон Далтон от малък проявява любознателност към природните явления, пожелава да изучава

право и медицина, но родителите му не му дават да учи за юрист или лекар. По стечение на обстоятелствата Далтон не получава университетско образование, а се обучава в Манчестър по същество като частен ученик под ръководството на слепия философ енциклопедист Джон Гоф (John Gough). Съчетанието между безспорните дадености на младежа и сполучливата педагогическа намеса на неговия ръководител довеждат до оформянето на знаеща и търсеща личност. Още съвсем

млад, той успява да получи позицията на преподавател по математика и природни науки в „Нов Колеж“ в Манчестър. За събуждането и развитието на интересите на Далтон към математиката и природните науки важна роля изиграва Илайхю Робинсън (Elihu Robinson) – квакуер със забележителни способности и познания по метеорология и математика. Общуването на младия Далтон с Робинсън събужда у него настойчивата вътрешна потребност да започне педантичното записване в един личен дневник на метеороличните си наблюдения. Тези, бихме казали днес, научни протоколи той води цели 57 години – време, в което регистрира над 200 хиляди наблюдения!

Заниманията на Далтон със закономерностите в промените на времето стават тема и на първата му научна публикация, която под името „Метеорологични наблюдения и опити“ излиза през 1793 г. Любопитно е, че една следваща по-съществена научна публикация на Далтон е от съвсем друга област. Тя излиза през 1801 г. и е в областта



Портрет на Джон Далтон (1766 – 1844)

на езикознанието по заглавието „Особености на английската граматика“. Към най-ранните публикации на Далтон се отнася и трудът му „Необичайни факти относно виждането на цветовете“, публикуван през 1794 г. Този труд е своеобразен резултат от грижливи наблюдения над собственото му зрелостно състояние. Неговите занимания с ботаника му позволяват да установи едно болестно състояние на своето зрение. Той се убеждава например, че не може да различи розовия цвят от

светлосиния. Изследователското самонаблюдение на човек, твърде далеч по професионална подготовка от медицината, довежда до описанието на заболяване, което впоследствие ще бъде наречено „**далтонизъм**“.

Както виждаме, още отрано научните интереси и изяви на Джон Далтон се проявяват в няколко твърде различни области на знанието. Независимо от това той успява да даде запамятаващ се принос в някои от тях, което ни дава правото да го причислим към онези творчески личности, които наричаме „многогранни дарования“. Далтон остава в науката трайна дия с много приноси, за един от които стана дума по повод на заболяването „далтонизъм“. За всеки от тези приноси може да се говори изчерпателно, но тук е достатъчно да се изброят най-съществените. Той открива закона за парциалните налягания (Закон на Далтон, 1801), закона за разтворимостта на газовете в течности (Закон на Хенри – Далтон), закона за равномерното разши-



Статуята на Джон Далтон в кметството на Манчестър е дело на скулптора Френсис Легат Чантри, издигната е през 1837 г.

ряване на газовете при нагряване (1802), закона за кратните отношения (1803). Той е първият, който изучава, върху примера на етилена и бутилена, един процес, който ще залегне в основата на химията на високомолекулните съединения – явлението полимеризация.

Обаче онова, с което името на Джон Далтон се запамятава в историята на науката и тази на химията в частност, е утвърждаването на теорията за атомния строеж на материята. Преди да стигне до формулирането на своята атомна теория, Далтон работи върху определянето на атомните тегла на елементите. Тъкмо той въвежда понятието „атомно тегло“ („маса“) и изчислява атомните тегла (маси) на няколко

елемента. Своята атомна теория Далтон разяснява в труда си *„Нова система на философията на химията“*, чиято първа част излиза през 1808 г., а следващите – през 1810 г. В придобилия широка известност и признание труд Джон Далтон описва „атомната теория за строежа на веществата“ и формулира понятието „атомно тегло“. Горещ привържник на Далтон е забележителният химик Томас Томсън (Thomas Thomson, 1773 – 1852), който излага атомната му теория в книгите си *„Системата на химията“* и *„История на химията“*.

В основата на атомната теория на Далтон стои представата за дискретността на строежа на веществата, което означава, че те са изградени от малки частици, които наричаме **„атоми“**. Атомите според Далтон не могат да бъдат новосъздавани, не могат да се разделят на по-малки частици, нито пък да бъдат унищожавани в хода на някаква химическа реакция или да се превръщат едни в други. Атомите на всеки елемент са идентични и се различават от атомите на останалите елементи. Атомите на всеки елемент имат атомно тегло, различно от това на другите елементи. При протичането на една химическа реакция става свързване на атомите на отделните елементи, при което се образуват химически съединения.

Делото на мнозина, дори и високо надарени учени, с течение на времето заглъхва. Името на Джон Далтон е обаче от онези, които остават трайно в науката. През 2016 г. се навършват 250 години от неговото рождение. През този продължителен период в химията, физиката и граничещите с тях науки стават събития, които тръгват от делото на Далтон и неговите съвременници и които очертават цяла епоха в природознанието. Обаче докато делото му бележи епоха, то личният му живот е бил скромен и незабележителен. Бил е „стар ерген“, имал е малко приятели, пътувал е малко и то недалеч, ако изключим само едно кратко посещение в Париж през 1822 г., където се е срещал с познати нему по трудовете им френски хими-

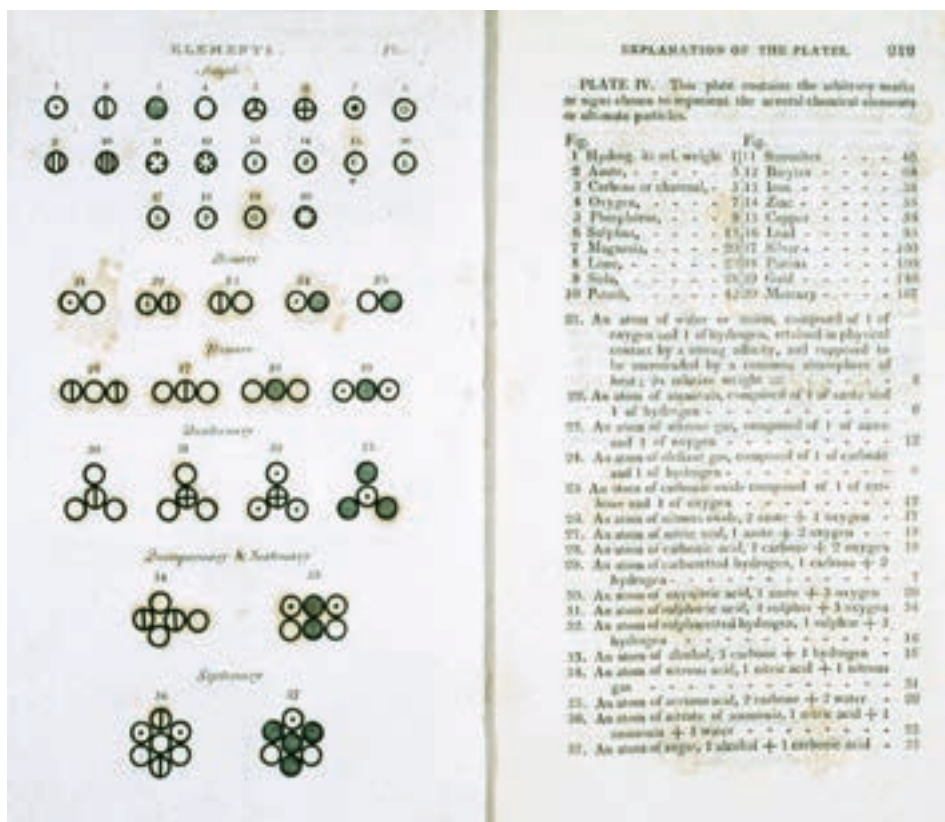


Таблица на някои химични елементи, техни символи и атомни тегла, изготвена от Джон Далтон през 1808 г. Някои от използваните по това време символи са още от периода на алхимията. Някои от включените в таблицата вещества не представляват елементи

ци. В родната си Англия той е участвал само в някои научни форуми по различно време в Оксфорд, Дъблин и Бристол. Въпреки съдържания си характер Джон Далтон е бил добре известен и уважаван в средите на своите колеги, занимаващи се с научни изследвания. Бил е канен да чете лекции по „натурална философия“ в Кралския институт в Лондон в периода 1800 – 1819 г., обаче според някои негови съвременници не е имал таланта на добър преподавател.

Признание на приноса на Джон Далтон за полагането на съвременната атомна теория може да видим например в това, че понастоящем, макар и неофициално, се използва терминът „далтон“ (Da) за означаване на единица на атомната маса на даден елемент. Впрочем още приживе го-

лемият учен се радвал на признание и уважение. През 1794 г. той е избран за член на Манчестърското литературно и философско дружество, по-късно става негов научен секретар, а през 1817 г. застава начело на дружеството. По-късно Джон Далтон става член на Лондонското кралско дружество, както и на редица чуждестранни академии и научни дружества.

Вероятно Далтон е единственият учен, комуто е издигат още приживе паметник. Това е статуя, която стои в кметството на Манчестър. След кончината на учения на 27 юли 1844 г. на много места се поставят негови живописни и скулптурни изображения. Името му носят университетски сгради, научни стипендии за млади изследователи, престижни научни награди. ■

Един век от въвеждането на Григорианския календар в България

Пенчо Маркишки

От зората на своята история хората са търсили начини за измерване на времето – за предвиждане на сезонни явления, за отбелязване на религиозни празници, за датиране на исторически събития и пр. Те забелязали цикличността в появата на небесните светила и се опитвали да съставят календари според тях.

С развитието на астрономията бавно са се усъвършенствали и календарните системи. Така след много хилядолетия бил изнамерен днешният най-съвършен и най-удобен за използване

календар – Григорианският. Той е съобразен най-точно с астрономическите дадености и има предвиден механизъм за коригиране на натрупването на по-съществена времева грешка в продължение на столетия. Нека накратко припомним тези негови особености.

През 1582 г. папа Григорий XIII чрез своя була от 24 февруари въвежда коригиран вариант на древния Юлиански календар. Корекциите са с цел компенсиране на натрупана през столетията съществена грешка и съобразяване на календара с истинската продължителност на слънчевата (тропичната) година. Древноримският календар, въведен от Гай Юлий Цезар през 46 г. пр.Хр. постулира, че годината е с продължител-

ност 365 денонощия и 6 часа (365,25 денонощия), поради което на всеки 4 години тези оставащи 6 часа се сумират до едно допълнително денонощие – високосният 29 февруари. Реално оба-

че интервалът време между две последователни преминавания на Слънцето през пролетната равноденствена точка – т.нар. *слънчева година*, е с продължителност 365 денонощия, 5 часа, 48 минути и 45,5 секунди ср. (365,24219 денонощия). С други думи, слънчевата година е с 11 минути и 14,5 секунди ср. по-къса от Юлианската. На пръв поглед тази разлика изглежда малка, но тя се натрупва ежегодно и за време от няколко столетия води до неточност от няколко дни. Това показва, че Юлианският календар, както и древноегипетският, стоящ в неговата основа, са несъвършени (без да отричаме тяхната роля в човешката история). Например по времето на Първия вселенски събор през 325 г. в гр. Никея (днес Изник,

Турция) се твърди, че пролетното равноденствие е било на 21 март (софтуерни симулации за 325 г. AD показват, че равноденствието всъщност е било на 20 март около два часа преди обяд по универсално време). Но през 1582 г. пролетното равноденствие вече се падало на 11 март, т.е. с 10 дни по-рано. Това изместване на равноденствието към по-ранни дати създавало проблеми при определянето на Великден, тъй като католиците празнуват Великден в първата неделя след първото пълнолуние, настъпило след датата на пролетното равноденствие (например за 2016 г. пролетното равноденствие бе на 20 март, първото пълнолуние след него – на 23 март, а католическият Великден бе на 27 март – в първата неделя след пълнолунието). Затова папа Григорий XIII наредил през същата 1582 г., след дата 4 октомври да се премине на 15 октомври, т.е. с прескачане на 10 цели денонощия. Но за да се избегне занапред натрупването на ежегодната 11-минутна разлика между Юлианския календар и слънчевата година, която иначе отново би нараснала до грешка от порядъка на дни, Григорианският календар пропуска високосния ден в годините, завършващи на стоици, с изключение на тези от тях, които се делят без остатък на 400. Например годините 1700, 1800, 1900 и 2100 нямат високосен ден, но годините 1600 и 2000 имат. Ето конкретни примери: за 1600 г. имаме $1600/400 = 4$, а за 2000 г. имаме $2000/400 = 5$. Следователно тези години отговарят на условието за целочислено делене и затова имат високосен ден 29 февруари. За години като 1700 обаче имаме $1700/400 = 4.25$ или за 1800 г. имаме $1800/400 = 4.5$, т.е. резултатът не е цяло число и затова в тези години няма високосен ден.

Григорианският календар обаче не е бил възприет веднага във всички страни – неговото приемане е отнело близо 3 века и половина, през което време в страните, които продължили своето летоброене по Юлианския календар, гореописаната корекция в кратните на 100 години не е била извършвана и затова до датата на приема-



Папа Григорий XIII

нето на Григорианския календар в дадена страна нужният брой дни, които е трябвало да бъдат коригирани, е бил вече повече от 10. Такава е била ситуацията и в България – когато през 1916 г. цар Фердинанд I издава указ № 8 за въвеждането на Григорианския календар (ДВ, бр. 65 от 21.03.1916 г.), е трябвало да бъдат премахнати 13 дни. Затова от дата 31 март се е преминало на дата 14 април. С други думи, първите 13 дни от месец април 1916 г. липсват като дати в българската история.

Продължителността на слънчевата година е природна дагеност и цел на всяка календарна система е да бъде съгласувана възможно най-добре с нея. Проблемът обаче е, че в природата периодът на един процес рядко е кратен или съвпада точно с периода на друг процес – слънчевата година например съдържа 365,24219 денонощия, а не точен брой. Слънчевата година също така съдържа близо 12,37 лунни (синодични) месеца, а не точен брой такива, поради което лунните календари са много по-несъвършени. Несъвършенството на даген календар се състои в това, че след определено време започва да се усеща явно несъответствие – календарните месеци започват по-бързо или по-бавно да се разминават с годишните сезони и се налага вънасяне на корекция, например чрез добавяне на един ден на определен



период време. При лунния календар се отива дори още по-далеч – ако трябва да поддържа един лунен календар максимално синхронен със слънчевата година, ще трябва да добавяме по един лунен месец на всеки няколко години. Ако не внасяме тази корекция, лунните месеци ще съвпадат с първоначално съответстващите им природни сезони веднъж на всеки 33 години, което би направило този календар съвсем непрактичен, подходящ евентуално само за религиозни цели. Под лунен (синодичен) месец се разбира периодът между две едноименни лунни фази – например между две новолуния, който е ср. 29 денонощия, 12 часа, 44 минути и 03 секунди (29,53059 денонощия). Но тъй като в слънчевата година не се съдържат точно 12 лунни месеца, а близо 12,37, древните астрономи са търсили по-дълъг период време, в който да се побират точен брой лунни месеци. Древногръцкият астроном Метон (около 440 г. пр.Хр., живял в Атина) установил, че 235 лунни (синодични) месеца се побират почти точно в период от 19 години. Този 19-годишен цикъл е наречен на неговото име – Метонов. Но ако вземем само целия брой лунни месеци (12) от всяка година в Метония цикъл, ще имаме общо $19 \times 12 = 228$ лунни месеца, което е със 7 месеца по-малко от реалното. Негос-

тигащите 7 лунни месеца са сума от тези 0,37-ми части от лунния месец, съдържащи се над останалите 12 цели лунни месеца във всяка от 19-те години. Тези 7 лунни месеца трябва да бъдат поетапно добавяни в продължение на целия Метонов цикъл, така че лунният календар да се поддържа максимално близък до слънчевия. За целта са били добавяни по един месец на всяка 3-та, 5-а, 8-а, 11-а, 13-а, 16-а и 19-а година от Метония цикъл (или по друга подобна схема), което е една доста усложнена календарна система.

Древните египтяни отдавна разбрали, че лунният календар е непрактичен и че не им помага да предвиждат точно сезонни явления, като така важният за тяхното земеделие ежегоден разлив на р. Нил. Прииждащата река носела плодородни наноси, обезпечаващи добра реколта. Египтяните потърсили други ориентири в небето и забелязали, че най-ярката звезда Сириус (Сот) изгрявала за първи път всяка година хелиактично – в настъпващата утринна зора – около момента на разлива на Нил. По времето на фараона Унас от края на Петата династия първият хелиактичен изгрев на Сириус за годината е могъл да бъде наблюдаван около 19 юли, отнесено към Юлианския календар. Цикълът на Сириус се оказал далеч по-практичен и послужил за основа на древноегипетския календар. Но също така станало ясно, че на всеки 4 години хелиактичният изгрев на Сириус закъснявал с едно денонощие. Така след около век несъвпадението на сезоните с календарните месеци ставало осезаемо – месеците постепенно преминавали в друг сезон (календарната година ставала „плуваща“). Изглеждало сякаш, че към периода от 360 дни и петте празнични дни, добавени след тях (т. нар. „епагомени“), е трябвало да се прибави още $1/4$ денонощие (6 часа) или едно пълно денонощие на всеки 4 години. С тази корекция древноегипетският календар изглеждал най-съвършен за времето си и затова по-късно бил възприет от Юлий Цезар. ■