

Два погледа към тайните на генома

От 15 до 18 август 2019 година институтът по молекулярна биология на БАН съвместно с Университета „Райс“ (САЩ) организираха международна конференция „Архитектура и динамика на генома 2019“, на която бяха дискутирани последните разработки в биофизиката и биохимията на еукариотното клетъчно ядро. В конференцията взеха участие около 50 утвърдени учени, както и голям брой студенти и постдокторанти.

В рамките на 4 дни дискусиите се концентрираха около ядрената механика и хромозомната динамика при репликацията, хромозомната сегрегация, транскрипционните „избухвания“, биофизиката на генното регулиране, механизмите на сплайсинга и при образуването на ДНК бримки.

Паралелно с школата беше проведена и работна среща на представители на организации, финансиращи научните изследвания, от САЩ, Франция, Германия, Великобритания, България и от Европейската комисия. На срещата бяха обсъдени възможности и механизми за съвместно финансиране на научни изследвания на границата между физиката и биологията.

Конференцията във Варна привлече най-изявените изследователи в областта, съчетаваща биология, химия и физика. Сред почетните гости бе нобеловият лауреат Филип Шарп от Масачузетския технологичен институт, както и известният физик Хърбърт Ливайн, който е ко-директор на Центъра по теоретична биофизика в университета „Рейс“, а отскоро оглавява департамента по биоинженеринг на „Нортуестърн Юнивърсити“ в САЩ.

Дватамата бяха любезни да споделят мислите си за списание „Природа“. Редакцията изразява специална благодарност на Кръстан Благоев, програмен директор в Националната научна фондация на САЩ, който взе интервюта от тях.

Д-р Кръстан Благоев е завършил Физика на елементарните частици в СУ „Св. Климент Охридски“ през 1990 година, след което продължава образованието си в САЩ. Докторска дисертация защитава през 1998 в „Бостън Колидж“. Занимавал се е и с математически модели на ултразвуковото разпространение в мозъка. От 2007 година той е програмен директор в Националната научна фондация на САЩ.



Филип Шарп:

„Физици създадоха молекулярната биология“

Не виждам оправдание да се прави ембрионно генно инженерство с хора, когато няма консенсус в обществото, казва нобеловият лауреат

Филип Шарп (Phillip Allen Sharp) следва математика и химия и получава научна степен през 1969 г. в университета на Илинойс. През 1974 г. Салвадор Лурия го привлича в Масачузетския технологичен институт, МИТ (Massachusetts Institute of Technology, MIT), където става професор по биология, от 1985 до 1991 г. е директор на Института за ракови изследвания, от 1991 до 1999 г. е ръководител на факултета по биология и от 2000 до 2004 г. – директор на института „Макгавърн“ за изследвания на мозъка. През 1993 г. заедно с Ричард Робъртс получава Нобелова награда за физиология или медицина. Освен с наука, се занимава и с високотехнологичен бизнес, като е съосновател на няколко биотехнологични фирми.



– Добре дошъл в България.

– За първи път съм тук. Бях в София, после във Варна и прекарах много приятно. България е много средиземноморска, но и по-европейска страна, много интересна смесица.

– Кои, според вас, са най-възбуждащите развития в областта на генома?

– Те са са две. От клинична страна стигаме до етап, в който ще можем да предскажем генетични заболявания, с добра вероятност да идентифицира-

ме пациенти, които трябва да следим отблизо и да се намесим превантивно, това наричам „прихващане“ на заболяването. От научна страна, мисля, че сме в средата на началния стадий на нещо, което ще бъде трансформация – да гледаме на биологичните процеси като на фазови преходи и кондензати. Това ще ни заведе в света, където ще разглеждаме как клетките минават през преходи чрез сигнали и неравновесни ефекти и ще ни доведе до проучване на динамиката в биологията. Ние все още разглеждаме цялата молекулярна и клетъчна биология като стационарно, равновесно

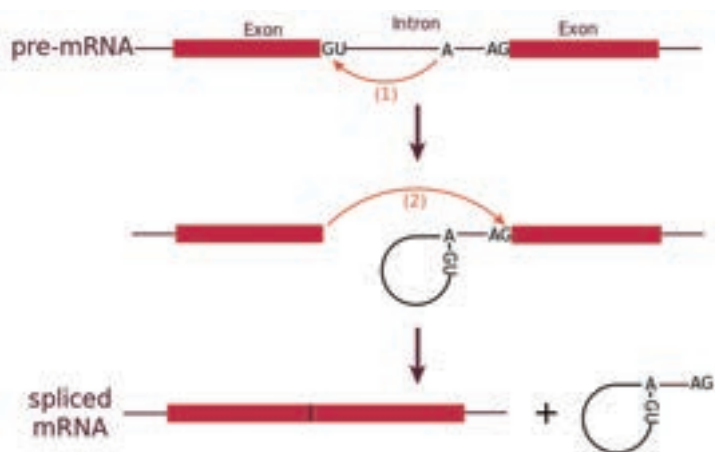
състояние, но клетката не е в равновесие. Не сме привикнали да виждаме динамиката и ще отнеме десетилетия да го разработим, но това е единственият по-реалистичен поглед към това, което става в клетката.

– Много хора се чудят, какво правят тук физици заедно с биолозите. Как според вас физиците могат да допринесат за развитието на биологията?

– Всъщност физичната общност постави началото на молекулярната биология като най-забележителният учен беше Макс Делбрук. Той беше авторитетен физик, когато се заинтересува от гените. Главно той повлия на Уотсън в сътрудничество с Крик да открият структурата на ДНК и в ранното формулиране на молекулярната биология. Ние се отклонихме и бяхме много ангажирани с генно клониране. Сега, когато получаваме все по-комплексни

експериментални резултати, работим с технологии, които ни позволяват да следим и да видим в клетката отделни молекули, минаващи през динамични състояния, ние трябва да имаме физици, които да ни помогнат – както в интерпретацията, във въвеждането на нови понятия, така и с новите технологии. Това е съществено и аз мисля, че физиците се включват с голямо желание, а ние ги приемаме с радост. Едно от изключителните неща на тази среща тук, във Варна е, че има диалог между физиците и клетъчните биолози, между химиците и учените, занимаващи се с компютърно моделиране. Това е много хетерогенна общност, наричам това „конвергенция“ и то е извънредно важно в биологията.

– Вие получихте Нобеловата награда за откриването на интроните и алтернативния сплайсинг. Кои са последните развития, базирани на Вашите изследвания?



Сплайсинг (англ. *Splicing*) или зреене е процесът на „изрязване“ на интроните (некодиращите участъци от даден ген) при производството на белтък и „снаждане“ (свързване заедно) на екзоните (кодиращите участъци) в зряла информационна РНК

– В целия свят има 3-4 души, които вярват, че възникващите фазови преходи и кондензати ще са съществена част от процеса на сплайсинг. Аз срещнах неразбиране преди 25 години, защото не съществуваше концепция за това, което наблюдавахме, а сега има концепция и напредък. Интересно е, че сплайсингът беше открит преди 41 години, имаме последователността на човешкия геном от 16 години, но до преди 2 години наистина не знаехме природата на малките РНК молекули в отделните клетки. Клетката е основната единица на биологията, там се извършва алтернативният сплайсинг, водещ до изоформи, които са много важни. В мозъка почти всяка клетка е различна, а ние сме в епохата на технологиите, когато можем да наблюдаваме този алтернативен сплайсинг в тъкани, също толкова хетерогенни, колкото мозъка. Аз имам бивш постдокторант в университета в Торонто, който изучава микроекзоните. Все още не знам какво означават и съм сигурен, че и той не знае, но са свързани с аутизъм. Има индикации, че от алтернативния сплайсинг ще научим много интересни неща. Ние сме точно в момента, когато технологиите ще ни помогнат за това.

– Как успяхте да направите този преход от фундаментални изследвания към лекуването на редки заболявания?

– Моят пръв опит с пренасянето на научни резултати към клиничната практика беше през 1978 година, точно когато рекомбинантните ДНК технологии, ДНК секвенирането и ДНК синтеза се събраха и ни позволиха да създадем синтетични клетки. С Гилбърт в Харвард и с други европейски биолози създадохме

фирмата Biogen, която сега е най-старата независима биотехнологична компания в света. Нашата мотивация беше съществуването на тази фундаментално важна нова наука. Никои не разбираше как може тя да се реализира в частния сектор. Трябваше да наемем постдокторанти и докторанти от лабораториите, които знаеха как да практикуват тази наука и създадохме групи. Нямахме никои друг, голямата фармацевтика не искаше да поеме риска и така ние организирахме фирма. Сега, около 40 години по-късно, компанията има 6 – 7 хиляди работници и е изключително успешна. Същото стана в по-ново време, през 2001-а, след като бе открита РНК интерференцията (през 1998) от Ендрю Файър (Andrew Fire). Всеки път, когато кажа Ендрю Файър, аз добавям, че той беше мой докторант. Андри, заедно с Крег Мело (Craig C. Mello) откриха, че ако сложиш двойноверижна РНК молекула в червей, то тя може да заглуши даден ген. Ние нямахме концепция за връзката между двойноверижната РНК и някаква активност в клетката, която може да заглушава гени, и така група учени от МИТ разработиха биохимията на този процес за около година и половина. В същото време беше открито, че малките РНК молекули регулират нашите гени, така че знаехме, че имаме биохимичен път, по който малка РНК молекула може да заглуши ген. В същото време, през 2003, човешкият геном беше завършен. Така ние имаме последователностите на всички приблизително 23 хиляди човешки гени и технология, която може от тази последователност да направи лекарство. И предизвикателството беше дали можем да накараме РНК в клетката да заглуши ген. Ние създадохме компанията, наречена Alnylam Pharmaceuticals, доведохме много хора с опит, назначихме

за изпълнителен директор биотехнолог. И сега, след 16 години, имаме одобрено лечение за заболяване, наречено *Наследствена фамилна амилоидоза с невропатия* (Familial Amyloid Polyneuropathy), причиняващо се от натрупването на белтъка транстиретин. Това е мутантен ген, който прави мутантен белтък, натрупващ се в невроните и водещ до сърдечна недостатъчност. Белтъкът се произвежда в черния дроб и ако можем да доставим тези РНК ефективно в черния дроб, можем да спрем развитието на заболяването. Всъщност състоянието на пациентите се подобрява, когато се лекуват с това лекарство. Аз изнесох лекция в София. Беше трудно и емоционално, защото в залата имаше 20 пациенти. Можех да кажа от начина, по който влязоха, че те са в различни стадии на заболяването, губещи способността си да вървят, да функционират. Някои от тях са университетски преподаватели тук, в България. Един от тях гоиде при мен след лекцията. Беше ме снимал и направил картички, които аз да разпиша, за да ги раздава на хората и да се опита да получи повече подкрепа за това лечение. Той самият страда от сърдечна недостатъчност заради това заболяване. В една област на България населението има специфичен белтък, поради който болестта при тези пациенти се развива много бързо. За тези пациенти това е чудотворно лекарство. Наистина е изключително удовлетворяващо да видиш как науката, фундаменталната наука, може да зазлуши ген в червей и да стигне чак до човека. Това се случва отново и отново. Фундаменталните изследвания отнемат години, трябва да се търси, да се открият връзките, но почти винаги те водят до момент, в който можем да подобрим живота на пациентите.

– Вие сте също председател на научния съвет на фондацията StandUp 2 Cancer (SU2C), която дава много средства за приложни и фундаментални изследвания. Според Вас, колко далече сме от лечението на рака, например рак на панкреаса?

– Аз съм председател на научния съвет на фондацията Standup 2 Cancer от самото начало. Тя бе създадена от група успели жени в Холивуд – Шери Лансинг, Лора Зискин, много успешни в производството на съоръжения за снимане на филми, както и други жени, които искат да помогнат да се ускори прогреса в лечението на рака. Концепцията беше изградена около идеята за сътрудничество в цялата страна, в целия свят, като избираме водачите в определена област, обединявайки лекари с учени от фундаменталните науки. Имаме грийтийм, работещ 4 – 5 години, в много случаи също подкрепян и от някой груз, и сме необикновено успешни. Ние имаме нови лечения за рак на панкреаса, нови лечения за рак на гърдата. Имаме една от най-големите имуно-онкологични програми в страната. Даваме повече пари за навлизането в практиката на имуно-онкологията, може би повече от Националния институт за рака от известно време и това промени начина на лечение. Например при меланомата, 25 – 50% от пациентите, които сега се лекуват с имуно-онкология, преди нямаше да оцелеят година или 6 месеца. Сега те никога не се разболяват отново.

– Да, и тази година дадохте за първи път Нобелова награда за изследвания на рака.

– Това е за първи път за 116 години, откакто Нобеловата награда се дава.

Получи я Джим Алисън. Съществуват имунни Т-клетки, които чрез биоинженерство изразяват химерен антигенен рецептор (chimeric antigen receptor, CAR). Те са направени така, че да нападат специфично туморни клетки. Това работи при левкемията. Ние превръщаме рака систематично в хронично заболяване, а с още повече лечения той може да бъде излекуван. Това за пациентите е голяма крачка напред. Ти ме попита за най-тежката ситуация, която познавам, рак на панкреаса. Мой съсед почина от рак на панкреаса, предният президент на Масачузетския технологичен институт, с когото бях много близък, почина от рак на панкреаса, майката на мой докторант почина от рак на панкреаса. Съседът ми оцеля 6 месеца, майката – 2 години, третият човек – 3 години. В случая на рак на панкреаса, ние удължихме продължителността на живота на пациенти, диагностицирани с 2-ра или 3-та степен рак, които са 80% от всички диагнози, от една до две – три, понякога до четири години, но те много рядко живеят по-дълго. Ние знаем, че ако можем да хванем заболяването в първи или втори стадий, можем да излекуваме половината пациенти с хирургия и локално облъчване. Затова в SU2C работим за „прихващане“ на заболяването чрез интегриране на физици, компютри, биолози и лекари. Опитваме да съберем информация за генома за цялата страна, от всички пациенти, които имаме. Около 10% от тях имат наследствена повреда на ДНК в гени, които поправят повреди на други гени. Ако знаем това, в семейството на такива пациенти трябва да започнем наблюденията много рано. Ние получаваме геномна информация и медицински данни и се оказва, че много от тези пациенти имат тип 2 диабет преди рака, панкреатитът

също е голям рисков фактор. Така ние интегрираме геномна и медицинска информация и резултати от сканиране, защото почти всеки в тази страна е сканиран в някакъв момент в живота си. Има преразпределение между мазните и мускулната тъкан в много от пациентите по време на развитието на заболяването, така че ние се опитваме да интегрираме цялата тази информация, да идентифицираме пациентите и да разработим методи за сканиране, които могат да се използват във всеки град в страната, за да се намесим рано в заболяването. Мисля, че това е много важна инициатива и ние се опитваме да получим още ресурси за нея и събираме европейски бази данни, бази данни от застрахователните компании и всяка база данни, която можем да използваме, за да получим повече информация, която да включим в този процес.

– Предполагам, че изкуственият интелект също играе роля...

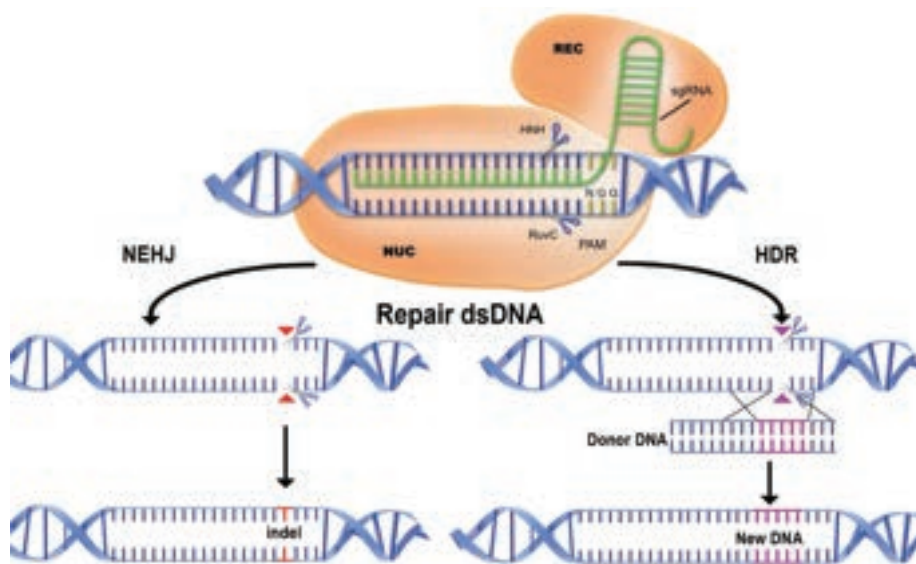
– Машинното обучение е изключително съществено в този процес. Машинното извличане на информация на човешки език е важно, защото лекарите в медицинските регистри не използват същата терминология за същото заболяване, а и в някои страни е различно. Трябва да можем да четем автоматично медицинските регистри, използвайки ключови думи и да интегрираме всичко. Резултатите от сканирането в бъдеще ще бъдат анализирани по машинен начин, аз съм оптимист. Споря с мой колега относно машинното обучение. Неговият аргумент е, че машината само съпоставя данни и нищо не казва за механизма. Аз казвам, че всеки експеримент, който правя, е базиран на съпоставяне. Когато видя корелации, започвам да мисля за ме-

ханизма и напредвам. Така че, ако аз мога да интегрирам все повече данни и да намеря повече корелации, ще имам по-добър и по-бърз напредък. Машинното обучение в бъдеще ще бъде интегрирано с механизмите, това е нещо, с което експертите се занимават.

– Наскоро бе създаден генетично модифициран ембрион в Китай поради съществуването на CRISPR-Cas технологиите. Това бе новина в целия свят и е много спорен въпрос. Какво е Вашето мнение?

– Мисля, че има много начини да се погледне към този проблем. Важен, но може би не най-интересен е въпросът, на какво ниво са технологиите, можем ли да го правим по безопасен начин. Ясно е, че не знаем. Аз бях един от първите хора, които преподавах CRISPR и направих първа-

та клетка от бозайник, използвайки тази технология. В първата статия за CRISPR ми изказаха благодарности, но аз отказах да бъда съавтор, защото откривателят беше само асистент и беше важно за кариерата му. Ние не знаем колко е прецизна технологията, не знаем каква е честотата на грешките, ако поправим ген. Това са неизвестните. Има и друга страна на този въпрос. Когато започнем да правим хора по дизайн, по проект, ние им налагаме нещо, с което те трябва да живеят до края на живота си. Кои има правото да наложи на човешко същество такова нещо? Имаме и други начини да лекуваме болести и ставаме по-добри в тях. В Средиземноморието бета-талемията почти изчезна чрез ранна диагностика на ембриона. Така че ние имаме други начини, с които да се справим с тези проблеми като изкуствено осеменяване или ембрионен транс-



Технологията CRISPR/Cas9 е система за прецизно изрязване и заместване на части от генома, но нейното използване поставя сериозни морални проблеми

фер. Не виждам каквото и да е оправдание да се прави ембрионно генно инженерство с хора, когато няма консенсус в обществото за извършването му. Днес получих съобщение, че в Конгреса на САЩ е бил представен проект, според който академиите на науките на САЩ да разработят международни принципи за генното инженерство на човешки ембриони и какво да се прави с хора, работещи тайно от обществеността, получавайки информация от други хора.

– **Вие сте израснал във ферма, имате ли хобита, какво правите, когато**

не се занимавате с научни изследвания?

– Не се занимавам с фермерство! Опитът ми във фермата беше важен, научи ме как да работя, а второто нещо, което ме научи, е че не искам да съм във фермата. Моите хобита са колхозенето, имам платноходка, с която плавам, обичам планинския туризъм, имам малка къща в Мейн далече от градовете, преди ловях риба, но вече не. Аз изпитвам наслада просто да изляза навън и да оставя природата да ми говори.

Хърбърт Ливайн:

„В България има отлични учени“

Надявам, че тази конференция е първата от много, които ще помогнат България да стане нормална част от науката, която се прави в модерния свят, казва програмният директор на Националната научна фондация на САЩ.



Хърбърт Ливайн (Herbert Levine) е специалист по биофизика, преподавател в „Нортуестърн Юнивърсити“ и директор в Националната научна фондация на САЩ. Лидер е на голям интердисциплинарен екип от учени, които прилагат методи на физичната наука за решаване на биологични и медицински проблеми. Специално внимание се отделя на раковите заболявания. Има над 250 публикации, главен редактор на списание Physical Biology.

– **Добре дошли, за трети път сте в България!**

– Да, чувствам се като българин. Конференцията тук, във Варна е фантастична, успяхме да доведем някои от

водещите учени в една от най-възбуждащите области – прилагането на физиката в биологични системи. Беше изключително полезно за мен да слушам всички тези хора, да контактувам с тях. Полезно бе и за докторантите, които имаха

възможността да научат за тази нова изследователска област от експерти-те. Мисля, че е голям успех!

– Тук има голям брой български учени, какво мислите за българската наука?

– Виждам, че тук се правят много интересни изследвания, разбира се, те са организирани от липсата на достатъчно финансиране, което може би не е изненадващо. Въпреки това има много вълнуващи изследвания в България в областта на хроматина, на организацията на генома, които бяха представени. В БАН има отлични учени и е много добре, че това е фокусът на конференцията. Беше от взаимна полза както за българските учени, така и за цялата общност да са част от този вълнуващ предмет на изследвания.

– Също е чудесно, че има много млади хора, както от България, така и от други страни. Учените тук са биолози и физици, а вие самият работите върху рака и сте физик теоретик. С какво може физик теоретик да допринесе в изследванията на рака?

– Това е много добър въпрос, който ми задават много биолози, работещи върху рака. Отговорът е, че ракът е много сложна тема, има различни видове рак и различни пациенти и е много трудно просто да се съберат данни и да се разбере кои неща са определящи, без да има теоретична обосновка. Физиката предоставя средствата за построяването на опростени модели, чрез които се опитваме да намерим някаква обединяваща идея, преодолявайки комплексността на експерименталните данни. Например, в нашите изследвания открихме обединяваща-

та идея, че раковите клетки често стават по-малко специализирани от тъканта, от която произхождат. Например клетка, която започва като белодробна, може да стане по-пластична, по-способна да оцелее. Тези клетки са най-опасни, защото в крайна сметка човек умира, когато ракът метастазира. Клетките от едно място в тялото, които могат да се делят на друго място, са само тези, които са направили регрес в специализацията си и стават с по-обща свойства. Тази идея дойде от нашата теория. Това свойство на рака не беше открито в много от експерименталните данни от раковите изследвания, но сега, общо взето, е приета идея. Сега може да се покаже как възниква този регрес на раковите клетки, защо е интересно, но не беше идея, която може лесно да се получи просто чрез анализ на данни от ракови изследвания.

– Как виждате възможността вашите изследвания да повлияят на лечението на рака или за превръщането му в хронично заболяване?

– Когато докладвам нашите работи, в края задавам въпроса дали има регрес и отговорът е положително „да“ в научен аспект и „може би“ в клиничен. Мисля, че първата област, в която може би ще има някакъв полезен резултат, е не толкова в лечението, а по-скоро в прогнозата. Ние знаем, че много видове рак, ако се оставят без лечение, няма да станат опасни, например рак на простатата. При мъже, които са над 65 или 70 години, в повечето случаи ракът ще расте бавно и няма да доведе до смърт през остатъка от живота на пациента. В момента не можем да предскажем кои са тези видове рак. Но ако успеем

да разберам какви са клетките, водещи до метастази, ще имаме по-добър шанс да определим кои пациенти имат нужда от агресивна терапия и кои не. В случая на рак на простатата агресивните терапии не подобряват качеството на живот на пациента. Аз мисля, че това може да е първата насока и се надявам един ген да имаме терапии, насочени към клетките, причиняващи метастази. Това е по-трудна задача, защото трябва да мислим как да накараме лекарствата да атакуват само тези клетки, които са различни от множеството ракови клетки, както и за страничните ефекти. Мисля, че е осъществимо, но първата цел е по-добрата възможност за предсказване.

– Това е много важно, разбира се. Можете ли да ни разкажете за нещо, което беше вълнуващо за Вас тук, на конференцията?

– Да, много хора, с които съм говорил през последните няколко години, са фокусирани върху структурния аспект на ДНК и генома. Има изключителни успехи, както експериментално в измерванията, така и в теоретичните идеи, които ни помогнаха да разберем какъв е смисълът на резултатите от измерванията. Но частта, която по-малко е разглеждана от физичната общност, е какво всичко това означава за функ-

ционалността на клетката. Ние знаем, че структурата трябва да е важна за пакетирането на ДНК в ядрото, но не разбираме наистина как процесът на пакетиране влияе на ДНК експресията на клетките, на способността им да преминават от един вид в друг или просто да функционират във всекидневните им операции. Аз мисля, че за първи път успяхме да съберем хора, които не само се занимават със структура, но и хора, които се занимават с функция. Споделянето на идеи ще помогне за постигането на прогрес в следващите няколко години.

– И накрая, какво бихте искали да видите подобро в България при следващото Ви идване?

– Не знам, времето е почти перфектно, само с няколко гъжровни дни, храната е много добра, може би леглата в хотела могат да бъдат малко по-добри. Наистина нищо. Аз се надявам, че тази конференция е първата от много, които ще помогнат България да стане просто нормална част от науката, както се прави в модерния свят. Конференцията направи голяма стъпка в тази посока. Аз се надявам и вярвам, че в бъдещето няма да е изненадващо да има научна среща в България или пък да видя голяма българска делегация на групите научни срещи. ■

Нашата благодарност

Редакцията на списание „Природа“ изразява дълбока благодарност на нашия колега акад. инж. Ячко Иванов за неговата инициатива и принос за абонирането на над 20 училища, художествени галерии, музеи и други образователни институции в област Монтана – неговия роден край.

НОВИНИ ОТ НАУКАТА

Майките Бонобо са грижливи родители



Шимпанзето е може би най-проученият вид от семейството на Човекоподобните маймуни (*Hominidae*) поради филогенетичната му близост с човека. Съвременни молекулярно-биологични изследвания показват, че съвместимостта на генома на човека и шимпанзето е 93.6%, което го прави един от нашите най-близки родственици. Дълго време зоолозите са считали, че съвременните шимпанзета, които обитават главно гористите райони на Централна и Западна Африка, се отнасят към един вид, широко известен като Обикновено шимпанзе (*Pan troglodytes*). Още в началото на миналия век по-задълбочени изследвания върху морфологията, биологията и поведението на шимпанзетата доказали, че в го-

ристите райони около река Конго в Централна Африка живее и втори вид по-дребно шимпанзе, което е наречено Шимпанзе пигмей (Pygmy chimpanzee) с научно име *Pan paniscus*. Неговото популярно име, заимствано от езика на местните африкански племена, е Бонобо. По-подробни изследвания на вида по-късно показали, че Бонобо не е толкова малък и често достига размерите и на обикновеното шимпанзе. Той има значително по-миролюбив и спокоен характер и не проявява такава агресивност, каквато понякога се наблюдава при мъжките обикновени шимпанзета. Поради това проучванията на поведението на Бонобо и обикновеното шимпанзе продължават да предствяват интерес за етолозите.

В научна статия, публикувана в началото на 2019 г. в известното международно списание *Current Biology*, са съобщени нови интересни данни за поведението на женските шимпанзета при двата близки вида. Те са резултат от продължителни наблюдения и изследвания в естествени условия на колектив от „Макс Планк Институт по еволюционна антропология“ (Германия) и от университети в Конго, Танзания, Уганда и други африкански страни. Експертите често наблюдавали стълкновения и агресивно поведение при младите мъжки шимпанзета и от двата вида както в собствените им семейства, така и между отделните семейства, в които често се намесвали и майките, за да възворят ред и мир между тях. И на по-късен етап от развитието на младите шимпанзета майките на бонобо продължавали да контролират поведението на мъжките си чада и даже да им помагат в битките, докато при обикновените шимпанзета майките не се интересували повече от поведението и борбите на своите пораснали деца. Майките бонобо проявявали по-силни и продължителни майчински чувства към своите синове и даже контролирали първите прояви в сексуалния им живот. Те често се стараели да прогонят съперниците на техните млади синове при срещи с женските, като по този начин им осигурявали повече шансове за собствено семейство и получаване на потомство. По отношение на своите женски деца майките бонобо не били така грижливи и това често принуждавало дъщерите им да напускат семейството и да образуват отделни семейства. Нещо повече - майките бонобо често помагали и при отглеждането на потомството на техните синове, които винаги оставали в семейството. Те обаче не помагали при отглеждането и възпитанието на потомството на своите дъщери, независимо дали били част от семейството или живеели отделно.



лират поведението на мъжките си чада и даже да им помагат в битките, докато при обикновените шимпанзета майките не се интересували повече от поведението и борбите на своите пораснали деца. Майките бонобо проявявали по-силни и продължителни майчински чувства към своите синове и даже контролирали първите прояви в сексуалния им живот. Те често се стараели да прогонят съперниците на техните млади синове при срещи с женските, като по този начин им осигурявали повече шансове за собствено семейство и получаване на потомство. По отношение на своите женски деца майките бонобо не били така грижливи и това често принуждавало дъщерите им да напускат семейството и да образуват отделни семейства. Нещо повече - майките бонобо често помагали и при отглеждането на потомството на техните синове, които винаги оставали в семейството. Те обаче не помагали при отглеждането и възпитанието на потомството на своите дъщери, независимо дали били част от семейството или живеели отделно.

В заключение авторите на статията се опитват да обяснят наблюдаваното поведение на майките бонобо от биологично и еволюционно гледище и считат, че в случая то е проява на по-силен родителски инстинкт при бонобо за предаване на собствените гени на следващото поколение вместо да се грижат за внуците си.

По Current Biology