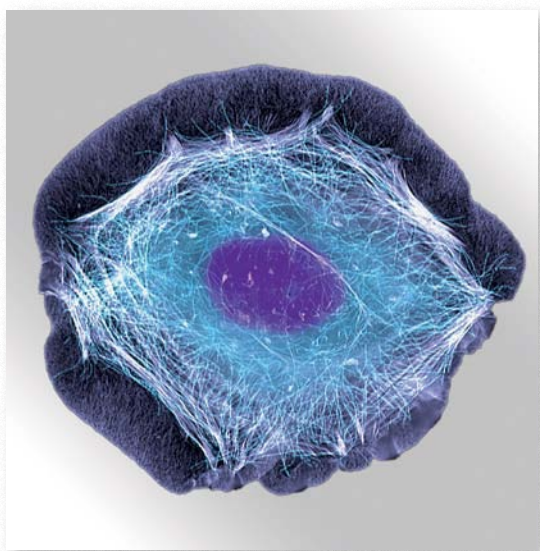




НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN 1683-9528

1 ● Зачем исследовать недра Солнца и внутреннее устройство звёзд? ● Тренд к глобализации геологической науки усилится, считает академик Галимов ● Нормирование языков – случайный и нередко полезный процесс, но чем обернётся он в будущем? ● «Бомбы» в XIX веке готовили в сферических формах из обычного мороженого...



От геной инженерии до любви: чем занимались биологи в 2017 году (материал подготовил К. Стасевич)	2
Десять крупнейших событий 2017 года в физике и астрономии (материал подготовил канд. физ.-мат. наук А. Понятов)	8
Э. ГАЛИМОВ, акад. — Научная мысль как планетное явление (беседу ведёт Н. Лескова)	13

● НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ СТРАНЫ

Стало очевидным, что многие геологические события, имеющие региональные проявления, в том числе приводящие к формированию месторождений, — это следствие процессов, происходящих в масштабе всей планеты. В этой связи практическую актуальность приобретают исследования процессов, протекающих в глубинах мантии, взаимодействия коры и мантии, мантии и ядра. Наш институт подготовлен к решению задач такого класса.

Бюро иностранной научно-технической информации	20
М. СОФЕР, канд. геогр. наук — Как замерзают реки и озёра	24
Наука и жизнь в начале XX века	33

Вести из институтов и экспедиций

Е. ЗУБКОВА — Компактный прибор для исследования поверхности планет (34). А. СУББОТИНА — У компьютерной «начинки» истекает срок годности (35). Т. ЗИМИНА — Казанские географы оцифровали Дальний Восток (37). А. ПОПОВКИНА, канд. биол. наук, М. СОЛОВЬЁВ, канд. биол. наук — Песец: страшнее зверя нет? (38).

А. ПОНЯТОВ, канд. физ.-мат. наук — Услышать звуки звёзд	40
Владыки океана. Сокровища Португальской империи XVI—XVIII веков	48
Д. КАЗАКОВ — От санскрита до иврита... ..	56
Математические досуги	61
О чём пишут научно-популярные журналы мира	62
Д. СТАРОКАДОМСКИЙ, канд. хим. наук — Длинный век эпоксидки	66
Бюро научно-технической информации	72
В. ТЕЛЬПУХОВ, докт. мед. наук, П. ЩЕРБАКОВ — Охладить, но не замораживать	74
Беспорядок, который порядку необходим (отрывок из книги Я. Е. Гегузина «Очерки о диффузии в кристаллах»)	79

«УМА ПАЛАТА»

Познавательный-развивающий раздел для школьников

Е. ПОПЛЕВА, канд. с.-х. наук — Особая кладовая (81). Ю. ФРОЛОВ — Открытие Эдмона Альбиуса (88). Д. МАКСИМОВ — Коды, распознающие ошибку (90).	
В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук — Из истории фамилий	96
Поддержите библиотеки!	98
И. СОКОЛЬСКИЙ, канд. фармацевт. наук — Высокая политика, прекрасные женщины и великопепные тимбалы	99
В. ХОРТ — Отчаянные головоломки. Мегаминкс — каверзный додекаэдр	104
Л. АШКИНАЗИ, Н. СЪЯНОВА — Загадочные коробочки	109, 125
Кунсткамера	110
А. МАРКОВ — Продавец снов (фантастический рассказ)	112
В. ДАДЫКИН — Костёр рябины красной	119
Ответы и решения	125, 129, 130
А. ХАНЯН — Пешка против ферзя, слона и коня	126
Маленькие хитрости	131
Кроссворд с фрагментами	132
И. ГРАЧЁВА, канд. филол. наук — Городок, спасённый мышью	134

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — Настольное украшение. Португалия, XVII век. Серебро. Национальный музей старинного искусства. Лиссабон. До 25 февраля 2018 года — экспонат выставки «Владыки океана. Сокровища Португальской империи XVI—XVIII веков» в Музеях Московского Кремля. Производство, имеющее исключительно декоративное назначение, воспроизводит в миниатюре судно — галеон, аккуратно передавая снасти, паруса, мачты и прочие детали. Подобные предметы стояли на украшавших интерьеры буфетах-горках или прямо на столах и служили декоративным дополнением во время больших банкетов. Фото А. Лисинского. (См. стр. 48.)

Внизу: Обычная клетка человеческой кожи — кератиноцит. С помощью гено-инженерных и клеточных технологий такие клетки превращают в средство для лечения тяжёлых заболеваний. Фото: ZEISS Microscopy/Torsten Wittmann, University of California, San Francisco. (См. статью на стр. 2.)



НАУКА И ЖИЗНЬ®

№ 1

ЯНВАРЬ

2018

Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

ОТ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ ДО ЛЮБВИ:

ГЕНЫ И КЛЕТКИ

Если говорить о событиях, случившихся в самых «горячих» направлениях, то в первую очередь вспоминается опубликованная в журнале «Nature» статья исследователей из Орегонского университета науки и здоровья, которые отредактировали геном человеческих эмбрионов. Речь идёт о знаменитом методе исправления ДНК под названием CRISPR/Cas9. Метод позаимствовали у бактерий, которые с помощью CRISPR/Cas9 борются с вирусами: в бактериальной ДНК в участке под названием CRISPR хранится библиотека вирусных последовательностей, а белки семейства Cas (Cas9 и другие) берут копии с этих библиотечных последовательностей и сравнивают их с любой чужой ДНК, проникшей в клетку. Если сходство есть — значит, в бактерии объявилась вирусная ДНК, и её уничтожают.

Оказалось, что этот метод неизмеримо удобнее, чем другие методы редактирования ДНК, и его можно использовать, чтобы вносить самые разные исправления в клеточный геном. В последнее время не проходит недели, чтобы не была опубликована работа, посвящённая системе CRISPR/Cas9: её постоянно модифицируют и совершенствуют, её испытывают на дрожжах, дрозофилах, круглых червях, табаке и рисе, на клетках мышей, свиней, собак и людей.

Как только метод CRISPR/Cas9 начал применяться в биотехнологии, стало ясно, что рано или поздно дело дойдёт до человека, точнее — до человеческих эмбрионов. Конечно, генетический редактор можно попытаться доставить в неправильно работающий орган или ткань взрослого организма, но если заранее известно, что ребёнок получится генетически больным, то почему бы не исправить ему гены в самом-самом начале развития? Но насколько правомерно вмешиваться в ДНК эмбриона? Дискуссии этического характера шли бы ещё долго, если бы в 2015 году китайские исследователи из Университета Сунь Ятсена не объявили, что уже использовали CRISPR/Cas9 на человеческих эмбрионах. В итоге удалось договориться, что с определёнными оговорками метод можно применять и к человеческим

эмбрионам. Теперь, скорее всего, подобных работ станет много больше, и вышеупомянутая статья в «Nature» — лишь одна из первых.

Правда, если кто-то в связи с этим ждёт появления «дизайнерских детей» или каких-нибудь генетически модифицированных суперсолдат, то ждать ему придётся довольно долго. Проблема в том, что с эмбрионами эффективность метода CRISPR/Cas9 не стопроцентная: в некоторых зародышах изменения вносятся только в одну копию гена (хотя у нас всякий ген, как известно, находится в двух вариантах — отцовском и материнском), а в некоторых зародышах редактирование вообще не срабатывает. Наконец, что более важно, если возможности CRISPR/Cas9 в «редактировании человека» сравнить с бочкой мёда, то в ней есть ложка дёгтя, которая касается точности метода.

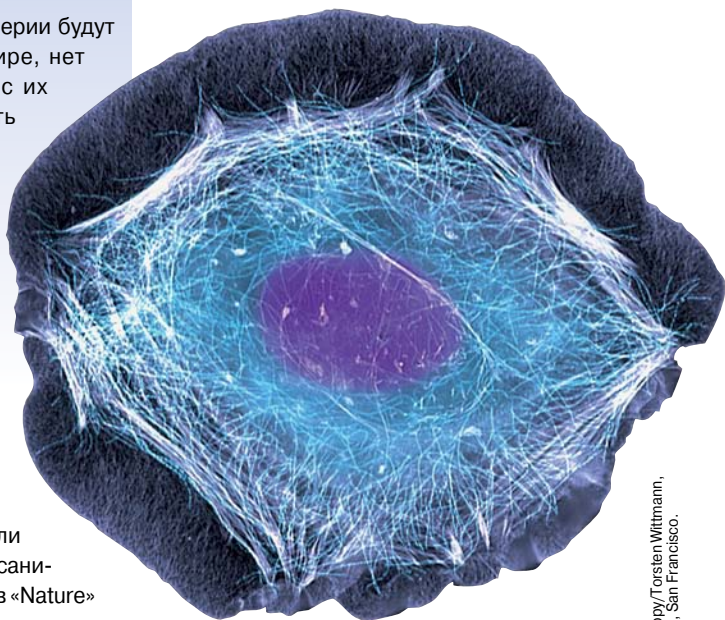
Точность CRISPR/Cas9 всегда называют одним из самых больших плюсов — считается, что он не редактирует ничего лишнего. Но минувшим летом вышло как минимум две довольно серьёзные статьи (в «Nature Methods» и в «Nature Medicine»), в которых говорится, что CRISPR/Cas9 пока что мало подходит для редактирования человеческих генов, уж очень велик риск незапланированных исправлений. Проблема в большой вариативности наших генов: одна и та же последовательность ДНК у двух разных людей может отличаться на одну или несколько букв. Хотя на функции гена такие замены часто никак не влияют, из-за них редактирующая машина может сработать в десятке, а то и в сотне точек в геноме. Впервые о том, что разнообразие генов может ввести CRISPR/Cas9 в заблуждение, заговорили ещё три года назад, но сейчас удалось количественно оценить масштаб проблемы: в отдельных случаях число ошибок может достигать десяти тысяч. Правда, некоторые гены не провоцируют CRISPR/Cas9 ни на какие ошибки, и с ними CRISPR/Cas9 работает исключительно точно. Учитывая, что новый метод слишком удобен, чтобы от него можно было просто взять и отказаться, биотехнологи, конечно, сделают всё возможное, чтобы повысить его точность вне зависимости от того, какие гены ему придётся исправлять.

ЧЕМ ЗАНИМАЛИСЬ БИОЛОГИ В 2017 ГОДУ

В том, что методы генной инженерии будут использовать в медицине всё шире, нет никаких сомнений. Уже сейчас с их помощью можно поистине творить чудеса, как это случилось с семилетним мальчиком, которого удалось вылечить от тяжёлого генетического заболевания под названием «буллёзный эпидермолиз». Из-за мутаций в кожных клетках верхний слой кожи при буллёзном эпидермолизе отслаивается и распадается — кожа как будто растворяется. Мальчику, у которого было поражено 80% кожи, вырастили здоровую кожу из его же собственных клеток, в которых предварительно исправили генетические дефекты; статья с описанием этого случая была опубликована в «Nature» в начале ноября.

Другая область биотехнологий, которая на протяжении многих лет остаётся одной из главных, — клеточные технологии. Речь в первую очередь о стволовых клетках и их способности превращаться в клетки любого другого типа. Действительно, стволовые клетки могут сделать многое для регенеративной медицины, когда из них выращивают ткань или даже целый орган на замену испортившемуся. Правда, целые органы для пересадки ещё не выращивают, однако работы в этом направлении идут полным ходом: например, исследователи из Токийского университета вместе с коллегами из Стэнфорда вырастили в крысах мышиную поджелудочную железу — клетки из неё потом использовали, чтобы пересадить мышам с диабетом. Иными словами, удалось показать, что органы можно выращивать в межвидовых химерах: когда животное одного вида служит инкубатором для биоматериала другого вида. Дело в том, что выращивать орган или ткань вне организма не всегда возможно, клетки ведут себя иначе. Чтобы получить именно то, что нужно, требуется организм-«нянька».

И грызунами тут дело не ограничивается. Наверняка многие помнят новость про «свиночеловека»: исследователи из Института



Кератиноцит — одна из клеток эпидермиса, за счёт которых обновляется верхний слой кожи. Из таких кератиноцитов вырастили кожу для мальчика, больного буллёзным эпидермолизом.

Солка (США) в начале прошлого года сообщили в «Cell», что им удалось сконструировать зародыш, состоящий из клеток человека и свиньи, и что такой зародыш даже какое-то время развивался внутри свиноматки. В перспективе в таких химерах можно выращивать органы из собственных клеток пациента: после пересадки они не будут вызывать проблем с иммунитетом. Подобные эксперименты могут оказаться бесценными при исследованиях врождённых патологий.

Кроме того, продолжает развиваться направление, связанное с выращиванием мини-органов, когда для исследовательских целей создают или какую-то часть большого органа, или его крошечное подобие. Порой это даже не орган, а целый эмбрион. Его в буквальном смысле слова собрали вручную исследователи из Кембриджа и он оказался очень похож на настоящий (такой мышинный полуискусственный эмбрион описан в одном из прошлогодних номеров «Science»). →

фото: ZEISS Microscopy/Torsten Wittmann, University of California, San Francisco.

МЕДИЦИНСКИЕ УСТРОЙСТВА — МЕНЬШЕ, УМНЕЕ, ДОЛГОВЕЧНЕЕ

От органов, выращиваемых из клеток, было бы логично перейти к обычным медицинским устройствам. Слово «обычные» тут, конечно, нужно брать в кавычки: вряд ли так можно назвать кардиостимулятор, который работает прямо от сердца, превращая с помощью пьезоэлемента энергию сокращений в электрическую энергию. Модель такого кардиостимулятора обсуждают давно, одна из последних описана в «Journal of Intelligent Material Systems and Structures» сотрудниками Университета Баффало (США); и сейчас речь идёт уже о том, чтобы начать ставить такой стимулятор людям. Нельзя назвать обычным и термометр, который измеряет температуру внутри тела и который получает электроэнергию с помощью желудочного сока — его создали в Массачусетском технологическом институте. И вряд ли обычным покажется датчик глюкозы, который разрабатывают в Институте теоретической и экспериментальной биофизики РАН вместе с коллегами из Великобритании и Германии: этот датчик представляет собой что-то вроде татуировки, когда под кожу вводятся микрокапсулы, постоянно отслеживающие уровень сахара в крови и передающие информацию на мобильное устройство. «Умная тату» должна работать год, а то и дольше, правда, авторам изобретения ещё предстоит придумать, как автоматизировать производство таких капсул.

В целом подобные находки иллюстрируют большое и активно развивающееся направление в медицине, нацеленное на создание очень маленьких и очень умных диагностических и лекарственных средств: лекарства должны сами собой освобождаться в теле человека в нужное время, мини-датчики должны постоянно следить за физиологическими показателями, а микроэлектроника должна работать как можно дольше.

И раз уж мы упомянули кардиостимуляторы, стоит вспомнить про своеобразного робота, который помогает сердцу сокращаться: он представляет собой силиконовый чехол, который становится как бы дополнительным мышечным слоем — его структура имитирует устройство внешних мышечных слоёв сердца. Робот сокращается благодаря пневматическому насосу и, сокращаясь, помогает работать сердцу. Его можно сделать по индивидуальной мерке с учётом анатомических и клинических особенностей конкретного сердца: например, если у пациента проблема с левым желудочком, то силиконовый робот будет сильнее работать именно с левой стороны. Главный плюс робота в том, что он сам никак не соприкасается с кровью, в отличие от всех прочих моделей искусственной сердечной мышцы. В последнее время робототехники активно конструируют «мягких роботов», которые благодаря своей гибкости и эластичности способны имитировать движения живых объектов, будь то плывущая медуза или сокращающаяся мышца, и силиконовый миокард, созданный исследователями из Гарварда, — замечательный пример такого устройства.

ЛЕКАРСТВА ОТ РАКА И ВЕЗДЕСУЩИЙ ИММУНИТЕТ

Если говорить о медицине в более широком смысле, то одни из самых главных тем в ней — это рак, это иммунитет и различные проблемы с иммунитетом, диабет, сложные психоневрологические расстройства. Причём надо учитывать, что всё связано друг с другом: говоря об онкологических болезнях, мы обязательно выйдем на иммунитет, а говоря об иммунитете, волей-неволей придётся затронуть обмен веществ, избыточный вес и нервный стресс.

Лекарства против злокачественных опухолей ищут в лабораториях по всему миру и находят порой в совершенно неожиданных местах: например, сотрудники Урбинского университета им. Карла Бо (Италия) выяснили, что деление раковых клеток можно затормозить клубничным экстрактом, а исследователи из Дальневосточного федерального университета обнаружили вещества с антионкогенным действием в офиурах из Охотского моря и в морских огурцах. Да и в нашем собственном организме есть помощники, на которых можно положиться в борьбе с раком. Так, исследователи из Копенгагенского университета обнаружи-

ли, что адреналин, появляющийся в крови во время физкультуры, понуждает раковые клетки к самоубийству (правда, к такому действию адреналина чувствительны только клетки определённого типа). А сотрудники Института Гюстава Русси (Франция) и их коллеги из Онкологического центра им. М. Д. Андерсона при Техасском университете (США) в двух прошлогодних статьях в «Science» сообщили, что иммунная атака на раковые клетки зависит от кишечной микрофлоры — оказывается, наши симбиотические бактерии помогают иммунитету атаковать рак в полную силу.

Иммунные методы борьбы с онкологическими болезнями сейчас разрабатывают очень активно, потому что с помощью иммунитета можно достать те раковые клетки, у которых появилась устойчивость к обычным лекарствам. Задача — активировать иммунитет больного, чтобы его собственные иммунные клетки начали эффективно охотиться за злокачественными клетками. Один из способов настроить иммунитет на охоту на рак — забрать иммунные клетки из организма и натаскать их на опухолевые клетки в специальном искусственном органе, имитирующем вилочковую железу. При таком «внешнем» обучении иммунные клетки становятся способны очень точно различать клетки опухоли и при этом не трогать здоровые ткани. Впрочем, как говорится в апрельской статье в «Nature Methods», в клинике такой метод пока что не испытывали.

Действуя на иммунитет, нужно быть осторожным, поскольку в нашем организме он влияет буквально на всё и связан со всем. Хотя то же самое можно представить и более оптимистично: если иммунитету до всего есть дело, то и мы можем через него попытаться вылечить такие заболевания, которые раньше либо вообще не лечили, либо лечили



фото: PWC Fish and Wildlife Research Institute /CC BY 2.0.

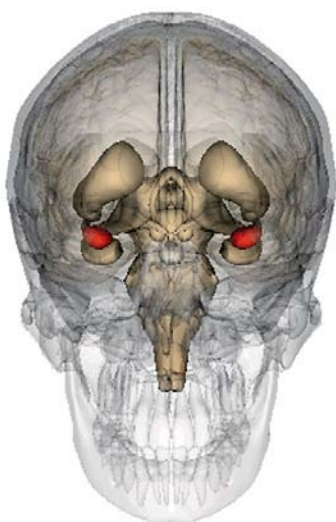
В некоторых из оphiур, обитающих на морском дне, возможно, прячется лекарство от рака.

плохо. И это ещё один заметный тренд в современной биологии — выяснять, как и на что влияет иммунитет. В прошлом году мы узнали, что иммунные клетки-макрофаги помогают клеткам сердца проводить сократительный импульс и тем самым поддерживают правильный ритм в сердечной мышце; что Т-клетки стимулируют деление стволовых клеток, отвечающих за рост волос; что воспаление, понукаемое некоторыми типами иммунных клеток, стимулирует аппетит — иными словами, иммунитет в буквальном смысле заставляет нас больше есть, причём настолько больше, что, как показали эксперименты физиологов из Института метаболизма Общества Макса Планка (Германия), всё может кончиться ожирением и диабетом. А исследователи из японского Института физико-химических исследований (RIKEN) опубликовали в «Nature Immunology» статью, в которой описывали, как иммунитет может влиять на психику: оказывается, из-за слишком активных иммунных клеток мозгу начинает не хватать нейромедиаторов, с помощью которых нейроны обмениваются сигналами, и такая нехватка нейромедиаторов неизбежно сказывается на поведении.

МОЗГОВЫЕ СЛОЖНОСТИ

И здесь самое время вспомнить про большую научную область с огромным числом направлений — про нейробиологию. Львиная доля исследований в ней — попытки понять, как работает мозг человека, особенно в том, что касается высших когнитивных функций: памяти, внимания, общения с другими людьми и т. д. С развитием нейробиологических

методов мы стали лучше понимать, что при этом происходит в мозге, и уже давно никто не удивляется тому, что наши прежние представления порой приходится серьёзно пересматривать. Например, выясняется, что какая-то область мозга выполняет функции, о которых и подумать никто не мог. Характерный пример — амигдала, или миндалевидное тело, к которому издавна приклеилось название «центр страха». На деле амигдала занимается



Миндалевидное тело, или амигдала, — область мозга, которая раньше считалась «центром страха» и у которой в последнее время обнаруживают всё больше функций.

и другими эмоциями, и не обязательно неприятными. В минувшем году в журнале «Neuron» вышла статья, в которой говорилось, что некоторые нейроны «центра страха» работают не на страх, а на удовольствие — они запоминают приятные ощущения и потом побуждают искать эти ощущения и дальше. В той же амигдале, как пишут авторы другой статьи в журнале «Cell», находится центр охотничьего поведения, а исследователи из Калифорнийского тех-

нологического института (США) обнаружили, что некоторые нейроны миндалевидного тела помогают оценивать нам неопределённые и двусмысленные эмоции, которые мы видим у других людей.

Часто оказывается, что какая-то сложная функция распределена между разными зонами мозга, которые на первый взгляд к этой функции не могут иметь никакого отношения. Например, сотрудники Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» вместе с коллегами Нортумбрийского (Великобритания) и Орхусского (Дания) университетов выяснили, что для того, чтобы понять смысл слова, означающего конкретное действие, языковые центры мозга обращаются к двигательной коре. То есть когда мы читаем глагол «бросать», то вместе с обычными языковыми зонами в мозге активируется область коры, отвечающая за движения рук. Вообще в последнее время нейробиологи, занимающиеся мозгом и высшей нервной деятельностью, изучают не столько конкретные зоны, сколько информационные каналы, которые эти зоны объединяют. Некоторые задачи, которые приходится выполнять мозгу, требуют объединённого усилия самых разных отделов. Как выяснили исследователи из Института человеческого мозга и сознания Общества Макса Планка, понять другого человека, то есть понять его мысли, чувства, мотивы поведения можно только в том случае, если в мозге хорошо развиты особые нейронные «провода», связывающие различные области височной и лобной долей коры.

СПАТЬ НУЖНО РИТМИЧНО

Внейробиологии есть одна очень интригующая область, которая неизменно привлекает внимание широкой публики — это исследование сна. Однако сон — лишь одно из проявлений суточных ритмов, которым подчиняется в нашем организме буквально всё, от иммунитета до нервной системы, от гормонов до температуры тела. Суточными ритмами управляет специальный молекулярный механизм, и за его расшифровку в прошлом году дали Нобелевскую премию по физиологии и медицине (об этом читайте в «Науке и жизни» № 11, 2017 г.). Но Нобелевская премия вовсе не означает, что тема закрыта, скорее, наоборот. Главные биологические часы находятся в мозге, но

ритмами управляют не только клетки мозга: исследователи из Медицинской школы Морхауз (США) обнаружили, что мышцы помогают мозгу держать суточный ритм и справляться с последствиями недосыпа.

А недосып — это действительно плохо: недостаток сна и вообще любой сбой в биологических часах увеличивает вероятность тяжёлых системных расстройств, от ожирения и диабета до злокачественных болезней. Впрочем, в организме есть системы защиты, которые помогают бороться с «часовыми» проблемами, и одна из таких систем — женские половые гормоны. В октябре прошлого года исследователи из Гуэлфского университета (Канада) опубликовали в журнале «Cardiovascular Research» статью, в которой объясняли, почему женское сердце в среднем крепче

мужского: оказывается, женские гормоны защищают сердце от проблем, связанных с нарушениями в суточных ритмах, и отчасти поэтому проблемы с сердцем у женщин начинаются позже, чем у мужчин.

Стоит уточнить, что суточные ритмы у разных людей могут подчиняться разному расписанию; иными словами, у «сов» и «жаворонков» есть довольно много разновидностей, и разница между их расписаниями может составлять несколько часов. Однако собственный график сна и бодрствования

нужно соблюдать. А что делать, если график всё-таки пошёл под откос и каждый день приходится бороться с дневной сонливостью? Тогда, как уверяют сотрудники Колорадского университета в Боулдере (США), достаточно провести несколько дней без электронных устройств и искусственного освещения, — в февральской статье в «Current Biology» они пишут, что отдых от гаджетов помогает ввести организм в его суточное расписание (и, кстати, в таких условиях заодно сглаживается различие между «совами» и «жаворонками»).

АКУЛЫ, ПОПУГАИ И ЛЮБОВЬ

Но если отвлечься от больших направлений с большими открытиями, которые знаменуют собой большие успехи, что можно напоследок вспомнить из прошлого года? Может быть, акул, которые, глотая добычу, помогают себе плечами — об этом в «Proceedings of the Royal Society B» написали биологи из Брауновского университета (США)? Или чёрных какаду, которые, ухаживая за самками, ритмично бьют палочкой по дереву? Чёрные какаду, кстати, остаются единственными животными, способными удерживать постоянный ритм. Исследователи из Австралийского национального университета, описывая попугаев-ударников в статье в «Science Advances», сообщают, что какаду даже палочки для музицирования делают себе сами. Ещё на ум приходит давно вымерший тираннозавр, у которого измерили силу укуса. Исследователи из университетов штатов Оклахома и Флорида (США) проанализировали строение челюстей и черепа тираннозавра и ближайших современных родственников динозавров, то есть аллигаторов, крокодилов и птиц, и пришли к выводу, что тираннозавры кусали с силой около 34,5 тысячи ньютонов, а это равно примерно весу трёх микролитражных автомобилей.

Но лучше всего, наверно, завершить обзор двумя примерами того, как наука помогает человеку познать самого себя. И оба примера — про любовь. Во-первых, эксперименты исследователей из Университета Западной Австралии показали, что андростадиенон и эстратетраенон, которые считаются человеческими феромонами, никак не влияют на привлекательность. Впрочем, эти вещества



фото: Doug Janson/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0.

Самцы чёрных какаду стучат по дереву, чтобы привлечь самок.

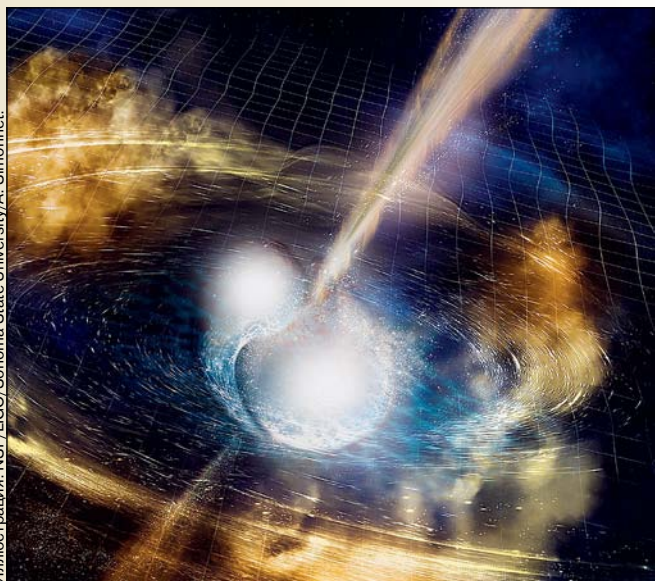
воплне могут как-то действовать на нас, просто эффекты от них проявляются сложнее, в виде опосредованных эмоциональных реакций.

И во-вторых — сколько бы мы ни представляли себе идеального мужчину или женщину, наши реальные предпочтения не обязательно соответствуют тому, что мы себе навывдумывали. Те, кто нам действительно нравится, вполне могут быть похожи на идеал, однако, как говорится в сентябрьской статье в «Psychological Science», предсказать по идеальной картинке, кто именно нам понравится, невозможно. И то, что любовь предсказать нельзя, несомненно, один из самых выдающихся научных результатов прошлого года.

Материал подготовил Кирилл СТАСЕВИЧ.

ДЕСЯТЬ КРУПНЕЙШИХ СОБЫТИЙ 2017

Иллюстрация: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet.



Столкновение нейтронных звёзд.

Это открытие имеет отношение сразу к нескольким проблемам астрофизики. В первую очередь — к вопросу о происхождении мощных гамма-лучевых всплесков, которые испускают за доли секунды энергии больше, чем Солнце за миллиарды лет.

Астрофизики давно предполагали, что источником всплесков может быть слияние двух нейтронных звёзд, но теперь они получили экспериментальное доказательство справедливости разработанной теории. В результате столкновения звёзд одновременно с гамма-всплеском часть звёздного вещества с большой скоростью выбрасывается в окружающий космос. Это явление, открытое в 2013 году, получило название килоновой. Затем радиоактивные элементы из образовавшегося облака распадаются на стабильные, порождая его излучение. Астрономы обнаружили в облаке большое количество тяжёлых элементов, таких как золото и платина, что позволяет считать слияния звёзд настоящими галактическими фабриками тяжёлых элементов, отсутствовавших в молодой Вселенной.

1 ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ ОТ СЛИЯНИЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗД

Самым значимым открытием 2017 года стала первая в истории регистрация гравитационных волн от слияния двух нейтронных звёзд. Астрономам впервые удалось одновременно зафиксировать возникшие при слиянии гамма-вспышки, а затем найти и исследовать место, где произошла космическая катастрофа, — в 100 миллионах световых лет от Земли.

Обнаружили гравитационные волны 17 августа гравитационно-волновые детекторы

LIGO (США) и Virgo (Франция, Италия), а спустя пару секунд космические обсерватории «Интеграл» (ЕКА) и «Ферми» (НАСА) зафиксировали короткие гамма-вспышки. К поиску источника сигнала подключились наземные и космические обсерватории, которые затем в течение нескольких десятков дней следили за постепенно гаснущим остатком «взрыва». В работе приняли участие и российские исследователи из ИКИ РАН, ГАИШ МГУ и ФТИ им. А. Ф. Иоффе.

2 КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР В 53 КУБИТА

Квантовые компьютеры, с которыми связаны большие ожидания, пока не созданы, но в 2017 году сделаны важные шаги на пути к вопло-

щению этой идеи в жизнь. Квантовые вычислительные устройства работают с кубитами — объектами, хранящими наименьший элемент

информации, аналогами бита в обычном компьютере. Количество кубитов определяет возможности квантового компьютера.

В ноябре в журнале «Nature» опубликованы статьи, по-

ГОДА В ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

свящённые моделированию квантовых систем с помощью квантовых компьютеров из 51 и 53 кубитов. До этого подобные универсальные устройства были ограничены 20 кубитами. Увеличение

количества кубитов в 2,5 раза многократно повысило возможности вычислителей. 51-кубитный квантовый компьютер создан под руководством Михаила Лукина, работающего в Российском

квантовом центре и Гарвардском университете. 28 июля года такое устройство было представлено на Международной конференции по квантовым технологиям в Москве.

СТАБИЛЬНЫЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ВОДОРОД

В январе физики из Гарварда сообщили, что они впервые в истории получили небольшое количество стабильного металлического водорода. Образец имел размеры $1,5 \times 10$ мкм. Теоретически существование металлического водорода при больших давлениях было предсказано в 1935 году. В природе такие усло-

вия реализуются в недрах звёзд и планет-гигантов. С 1996 года его несколько раз получали ударным сжатием, но существовал водород в таком состоянии очень короткое время.

Для получения стабильного металлического водорода команда из Гарварда использовала установку, где алмазные наковальни

развивали давление 495 гигапаскалей, что примерно в пять миллионов раз больше нормального атмосферного давления.

Помимо чисто научной ценности у этого экзотического материала может найтись и практическое применение — он обладает высокотемпературной сверхпроводимостью (в данном случае она наступала при -58°C).

РЕНТГЕНОВСКИЙ ЛАЗЕР НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ НАЧАЛ РАБОТУ

1 сентября состоялась официальная церемония открытия самого крупного в мире Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL (x-ray free electron laser), в создании которого принимала участие и Россия. На самом деле лазером, то есть источником оптического излучения определённого вида, эта установка не является. В ней рентгеновское излучение, аналогичное по свойствам лазерному, создаёт пучок электронов, разогнанный до скоростей, близких к скорости света. В *Завершённый туннель ускорителя.*

XFEL для этого используется самый большой в мире сверхпроводящий линейный ускоритель длиной 1,7 км. Ускоренные электроны попадают

в ондулятор — устройство, создающее в пространстве периодически изменяющееся магнитное поле. Двигаясь в нём по зигзагообразной траектории, электроны излучают в рентгеновском диапазоне. Новая уникальная установ-



Фото: European XFEL / Heiner Müller-Elsner.

ка будет генерировать ультракороткие рентгеновские вспышки с рекордной частотой — 27 000 раз в секунду, а её пиковая яркость ожидается в миллиард раз выше существующих источников рентгеновского излучения.

Более 60 научных коллективов уже подали заявки на проведение экспериментов.

С помощью рекордно ярких и очень коротких рентгеновских импульсов исследователи смогут увидеть не только расположение атомов в молекулах, но и происходящие там процессы. Это позволит выйти на новый уровень в исследованиях в области физики, химии, материаловедения, наук о жизни, биомедицины.

Например, при создании новых лекарств специалисты, зная точное расположение атомов в молекулах белков, смогут подобрать вещества, которые будут блокировать или, наоборот, стимулировать их работу. Знание же структуры кристаллов позволит разрабатывать материалы с заданными свойствами.



Фото: Juan Collar/uchicago.edu

Компактный нейтринный детектор, который сжимает в руках физик Бьёрн Шольц, по форме и размеру напоминает обычную бутылку.

РЕГИСТРАЦИЯ НЕЙТРИНО ПО УПРУГОМУ ОТСКОКУ

В сентябре 2017 года большой международной коллектив физиков, в том числе и из России, сообщил об открытии упругого когерентного рассеяния нейтрино на ядрах вещества. Это явление предсказал в 1974 году теоретик из Массачусетского технологического института Даниэль Фридман. Нейтрино — неуловимая частица,

и для её поимки исследователи строят огромные установки, содержащие десятки тысяч тонн воды. Фридман выяснил, что из-за волновых свойств нейтрино будет согласованно взаимодействовать со всеми протонами и нейтронами ядра, что значительно повысит число рассматриваемых взаимодействий — отскоков ней-

трино от ядра. За 461 день исследователи наблюдали 134 таких события.

Это открытие не заставит переписывать учебники. Его значение заключается в создании экспериментаторами детектора небольшого размера, в котором находится всего лишь 14,6 кг кристаллов иодида цезия. Малые переносные нейтринные детекторы найдут разнообразные применения, например для мониторинга ядерных реакторов. К сожалению, они не смогут заменить детекторы-гиганты во всех экспериментах, поскольку детектор, основанный на когерентном рассеянии, не способен различать типы нейтрино.

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ КРИСТАЛЛ — ДВА ВАРИАНТА

В марте две команды исследователей из США сообщили об обнаружении нового состояния материи, получившего название кристалла времени — темпорального кристалла (см. «Наука и жизнь» № 6, 2017 г.). Это новая идея в физике, широко

обсуждаемая в последние годы. Подобные кристаллы представляют собой вечно движущиеся структуры частиц, сами по себе повторяющиеся во времени. Одна группа использовала цепочку атомов иттербия, в которой под действием лазеров коле-

балась проекция магнитного момента системы. Другая рассматривала кристалл, содержащий порядка миллиона расположенных в беспорядке дефектов, каждый из которых обладал своим магнитным моментом. Когда такой кристалл подвергли воздействию импульсов микроволнового излучения для

перевёртывания спинов, физики зафиксировали отклик системы на частоте, которая составила лишь долю частоты возбуждающего излучения. Работы вызвали дискуссию:

можно ли считать подобные системы темпоральными кристаллами. Ведь теоретически системы должны колебаться без внешнего воздействия. Но в любом случае такие тем-

поральные кристаллы найдут применение в роли суперточных сенсоров, например для измерения малейших изменений температуры и магнитных полей.



Иллюстрация: NASA/JPL-Caltech.

ЭКЗОПЛАНЕТЫ, ПОХОЖИЕ НА ЗЕМЛЮ

В последние годы астрономы обнаружили много экзопланет — планет, обращающихся вокруг других звёзд. Однако находки землеподобных планет в зоне, где может существовать жидкая вода, а значит, и жизнь (зона обитаемости), не так уж и часты. В феврале астрономы НАСА объявили об открытии в системе красного карлика TRAPPIST-1 семи экзопланет (три планеты найдены ещё в 2016 году), из которых пять близки по размеру к Земле, а две несколько меньше Земли, но крупнее Марса. Это больше, чем в какой-либо другой системе. По крайней мере три планеты, а возможно и все, находятся в зоне обитаемости.

TRAPPIST-1 — ультрахолодная, с температурой око-

ло 2500 К, карликовая звезда массой всего лишь 8% массы Солнца (то есть чуть больше планеты Юпитер), расположенная примерно в 40 световых годах от Земли. Планеты находятся очень близко к звезде, а орбита самой дальней из них намного меньше орбиты Меркурия. В августе астрономы, использующие космический телескоп Хаббл, сообщили о первых намёках на содержание воды в системе TRAPPIST-1, что делает возможным существование там жизни.

В апреле астрономы сообщили об открытии каменной планеты по размеру в 1,4 раза больше Земли в зоне обитаемости другого красного карлика — LHS 1140. Света она

Планеты системы TRAPPIST-1 в сравнении с планетами Солнечной системы.

получает в два раза меньше, чем Земля. Авторы открытия считают её хорошим кандидатом для поиска внеземной жизни.

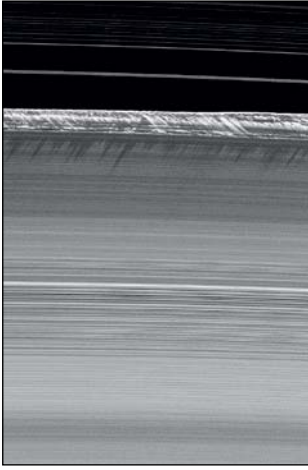
В декабре американские астрономы сообщили об открытии восьмой планеты в системе звезды Кеплер-90, расположенной на расстоянии около 2500 световых лет от Земли. Эта система по числу планет наиболее близка к Солнечной системе. Правда, найденная планета располагается слишком близко к звезде, и температура на её поверхности более 400°C. Интересно, что планета была найдена при обработке данных телескопа Кеплер с помощью нейронной сети.

ЗАВЕРШЕНИЕ МИССИИ «КАССИНИ»

15 сентября падением на поверхность Сатурна завершилась 13-летняя

миссия космического зонда «Кассини». Запущенный в 1997 году, он с 2004 года

исследовал седьмую планету, передав на Землю огромное число данных и уникальных фотографий. Последний этап его жиз-



Снимок колец Сатурна, полученный с помощью аппарата «Кассини».

ни — «Большой финал» начался 26 апреля 2017 года. «Кассини» совершил 22 пролёта между планетой и внутренним кольцом. Такие глубокие «нырки» дали много новой информации, в частности об электрической и химической связи ионосферы Сатурна с кольцами.

На основании данных зонда в 2017 году астро-

номы пришли к выводу, что кольца Сатурна значительно моложе планеты, которой около 4,5 млрд лет. Возраст колец оценили в 100 млн лет, так что они современники динозавров.

Исследователи решили «уронить» зонд на планету, чтобы он случайно не занёс земные бактерии на спутники Сатурна Титан и Энцелад, где, возможно, имеются местные микроорганизмы.

9 КВАРКОВЫЙ ТЕРМОЯД

В ноябре в журнале «Nature» появилась статья, в которой два физика, из США и Израиля, теоретически предположили возможность протекания на кварковом уровне реакции, аналогичной термоядерной, но со значительно большим выделением энергии. Как известно, при термоядерной реакции лёгкие элементы сливаются с выделением энер-

гии. Подобная реакция может происходить и при столкновении элементарных частиц, которые, по современным представлениям, состоят из кварков. В этом случае кварки столкнувшихся частиц будут взаимодействовать и перегруппировываться. В результате появится новая частица с другой энергией связи кварков и выделится энергия.

Исследователи указали две возможные реакции. В первой из них при слиянии двух очарованных кварков будет выделяться энергия 12 МэВ. При слиянии же двух нижних кварков должно выделяться 138 МэВ, что почти в восемь раз больше, чем в отдельном слиянии дейтерия и трития в термоядерной реакции (18 МэВ). Практическое применение этих предположений пока не рассматривается в силу малости жизни кварков.

10 ЭКСИТОНЫ УДАЛОСЬ СКОНДЕНСИРОВАТЬ

В декабре команда физиков из США, Великобритании и Нидерландов объявила об открытии новой формы материи, которую они назвали экситоний. Квазичастица экситон — особое возбуждённое состояние кристалла, которое можно представить как соединение электрона и дырки, похожее на атом водорода, — была предска-

зана в 1931 году советским физиком Яковом Ильичём Френкелем.

Экситон относится к бозонам, частицам с целым спином, а при достаточно низкой температуре система бозонов переходит в особое состояние, называемое конденсатом, в котором все частицы находятся в одном и том же квантовом состоянии и ведут себя как одна

большая квантовая волна. Благодаря этому бозе-жидкость становится сверхтекучей или сверхпроводящей. Исследователям удалось обнаружить бозе-конденсат экситонов в кристаллах 1T-TiSe₂.

Открытие важно для дальнейшего развития квантовой механики, а на практике, возможно, найдёт применение сверхпроводимость и сверхтекучесть экситония.

Материал подготовил кандидат физико-математических наук Алексей ПОНЯТОВ.

НАУЧНАЯ МЫСЛЬ КАК ПЛАНЕТНОЕ ЯВЛЕНИЕ

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского — ГЕОХИ РАН, которому недавно исполнилось 70 лет, создавался под конкретные задачи — в связи с необходимостью обеспечить химико-аналитическое сопровождение создания атомного оружия в трудное послевоенное время. А возник ГЕОХИ на основе биогеохимической лаборатории Владимира Ивановича Вернадского, далёкой от военной тематики, но разработавшей точные методы анализа. Академик А. П. Виноградов стал первым директором института. Одновременно решались фундаментальные вопросы радиохимии, разделения трансурановых элементов, поиска уранового сырья. С началом космической эры институт активно включился в исследования Луны и планет. В нём были разработаны научные приборы, которые устанавливались на космические аппараты, направлявшиеся к Луне, Марсу и Венере и принёсшие первые сведения об их вещественном составе. В институте до сих пор хранятся в специальной лаборатории образцы лунного грунта, доставленного советскими автоматическими станциями «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24».

О том, чем занимается институт сегодня, рассказывает академик Э. М. ГАЛИМОВ, научный руководитель ГЕОХИ РАН, лауреат Государственной премии 2016 года за разработку научного направления геохимии изотопов углерода, теории образования алмазов, за работы в области нефтегазовой геологии и биогеохимических процессов.

Беседу ведёт Наталия Лескова.

— Эрик Михайлович, вы в течение 23 лет занимали пост директора института*, притом в самые, пожалуй, непростые годы, когда не было финансирования, люди уходили или уезжали за рубеж. Как удалось выстоять, не растерять кадры и научный потенциал?

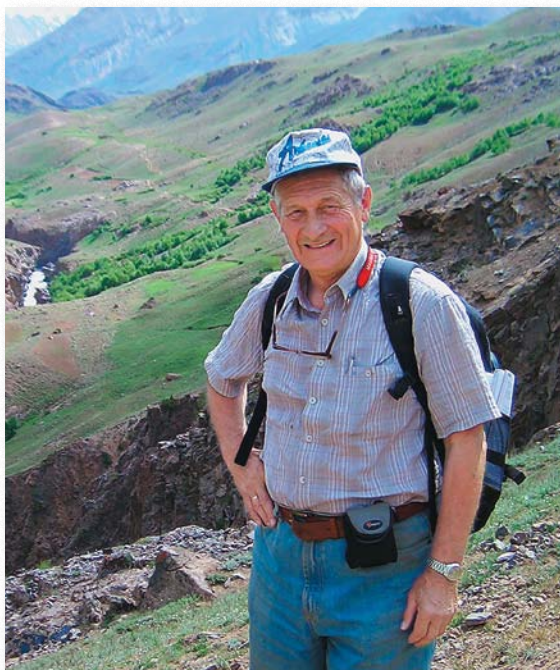
— Люди хотели работать. Поэтому выстояли. Мы теряли молодёжь. Но сотрудники старшего возраста оставались. А именно они были носителями накопленного опыта и квалификации. Высокая научная репутация института позволяла многим сотрудникам выезжать и пользоваться оборудованием в зарубежных центрах. И действительно, научный потенциал удалось сохранить на достойном уровне.

— Каким вам видится будущее института?

— Институт многоплановый. Поэтому устойчивый. Научный коллектив сильный. Так что институт способен встретить любое будущее. Если не говорить о тревожащих всех проблемах организации академической науки, о которых я уже не раз высказывался, то я бы отметил следующее. Специалисты, которые профессионально занимаются прогнозами развития общества будущего, описывают его как постиндустриальное информационное суперинтеллектуальное общество. Называют четыре приоритета развития, присущие этому обществу. Это информационно-коммуникационные и биомедицинские технологии, энергетика и человеко-машинные интерфейсы. Эти приоритеты, как вы можете заметить, не включают науки о Земле. Проблемы природных ресурсов не только не рассматриваются как приоритетная задача, но, более того, привязанность к ним расценивается как признак отсталости. Что же тогда делать нам, профессионалам в данной области?

Я думаю, этот сценарий не подходит для нашей страны. Попытка некоторых российских изданий, а иногда и государственных структур

* См. материалы, опубликованные в журнале: Э. Галимов. У российской науки о космосе есть будущее. «Наука и жизнь», 2000, № 8. В. Губарев. Академик Эрик Галимов: кому нужны лунные камни? «Наука и жизнь», 2005, № 11.



Академик Эрик Михайлович Галимов.

делать кальку с зарубежных прогнозов для прогноза развития России ошибочна.

— А в чём разница?

— Мы богаты природными ресурсами. Многие высокоразвитые страны ими обделены. Понятно, что для них приоритетным и актуальным направлением является рециклинг. Промышленность будет ориентироваться на вторичное использование элементов, выделенных из отходов. Одновременно облегчается экологическая нагрузка. Вовлечение природных источников сводится к минимуму. В конечном счёте это и наша цель. Тем не менее углеводородное сырьё, редкие земли, благородные металлы и другие трудно возобновляемые материалы будут ещё долгое время оставаться предметом геологической разведки и добычи. Институтские лаборатории, занимающиеся соответствующими исследованиями, сохранят свою тематику. Другое дело, что необходимы опережающие исследования способов поиска бедных источников рудных элементов и нетрадиционных источников углеводородов, например на акваториях, в районах термальной активности, сланцах и так далее. Это работа ещё на десятки лет.

Вообще, наша сырьевая отсталость состоит не в том, что мы добываем сырьё, а в том, что мы поставляем его потребителю, в том числе

зарубежному, на примитивном уровне переработки.

— Среди приоритетов называют энергетику.

— Это справедливо. Доступность энергии предопределяет лицо будущей экономики. Энергетика не может долго базироваться на органическом и уран-ториевом сырье. Не только из-за ограниченности ресурсов, но и потому, что возникают проблемы катастрофического загрязнения окружающей среды. До конца текущего века должно быть найдено приемлемое решение энергетической проблемы.

В геологии доступность энергии приведёт к новой методологии поиска и использования минеральных ресурсов. Поиск месторождений, то есть высоко сконцентрированных скоплений элементов, перестанет быть необходимым. Ведь весь набор химических элементов есть в каждой породе. При доступности энергии полезные ископаемые можно будет извлекать из любого источника.

Конечно, это потребует новых технологий обогащения. Их разработка — не наш профиль. Но всё же мы не просто геологический институт, а институт геохимии и аналитической химии. Мы могли бы, учитывая особенность нашего института, разрабатывать эффективные методы разведки и переработки минерального сырья. Такие возможности у нас имеются в области редких и благородных металлов, очистки воды и извлечения солей.

— Изменится ли сама геологическая наука?

— Существует уже сейчас и в будущем усилится тренд к глобализации геологической науки. Стало очевидным, что многие геологические события, имеющие региональные проявления, в том числе приводящие к формированию месторождений, — это следствие процессов, происходящих в масштабе всей планеты. В этой связи практическую актуальность приобретают исследования процессов, протекающих в глубинах мантии, взаимодействия коры и мантии, мантии и ядра. Наш институт подготовлен к решению задач такого класса. Работы ряда наших лабораторий имеют как раз такую направленность. Это проблемы щелочного и кимберлитового магматизма и формирования месторождений редких элементов, мантийного магматизма, проблемы флюидного и окислительно-восстановительного состояния мантии. Для нас главным объектом исследования является вещество. Но вещество глубинных зон Земли малодоступно для прямого анализа. Его изучают, как правило,