

■ Вооружённым взглядом	
Путешествие из микромира в макромир. Юные странники и взрослые домоседы.	2
Что может любитель астрономии?	9
Нобелевская премия за дырку от бублика.	13
■ Вещество и материя	
Ледяная физика.	19
■ Земля и её окрестности	
Алмазы – окно в мантию Земли	23
«Чибиc» изучает грозу.	28
Пыль Сахары ... над Минском.	33
■ Наука о живом	
ПЦР – диагност и сыщик	36
■ Человек. Общество. Познание	
Зачем экономике «падать»?	41
Делосский детектив	45
Когда появилась наука?	52
■ «Что вы читаете, принц? – Слова, слова, слова...»	
Дневник Коли Петрушкина	56



Главный редактор – Шатурин М. Л.;
корректор – Тишкевич К. Э.;
художник – Маланова Вера, учащаяся
гимназии-колледжа им. И. О. Ахремчика.

Вступительное слово

Дорогой читатель! Вы держите в руках первый номер нашего журнала. И даже успели уже прочесть его странное название. В самом деле, почему «Микро Макро»? Во-первых, потому, что разговор у нас пойдёт как об очень мелких вещах (которые нужно разглядывать в микроскоп), так и о вещах огромных и далёких – таких, что без телескопа не увидеть. А во-вторых, потому, что самые маленькие и неприметные (на первый взгляд) предметы и самые «неперспективные» темы исследований оказываются иногда самыми огромными и важными для всех землян.

... Жил-был в голландском городе Дельфте лавочник, который любил, устав от галдежа покупателей, уединиться с кусочком стекла и долго-долго шлифовать его. Да-да, мы имеем в виду именно Антони Левенгука! Даже и создав свой знаменитый микроскоп, он продолжал считать своё занятие обычным «хобби», а учёным себя не считал никогда. Хотя и открыл невиданные раньше новые миры. ... Через 99 лет после смерти Левенгука в семье чешских крестьян родился мальчик, который потом стал монахом. Живя в монастыре, он выращивал горох. Выращивал не для супа, а пытаясь понять – отчего окраска цветков и форма горошин не одинаковы, но меняются из поколения в поколение. Звали этого монаха Грегор Мендель, а на его грядках с горохом выросла... современная биология. Однако учёным он себя тоже, к слову сказать, никогда не считал. Рассказывают, что даже открыватель строения атома Резерфорд был уверен, что практической пользы его научные занятия никогда не принесут.

Вот и получается – то, что большинству людей кажется пустяками, иной раз бывает «самым-самым». (Хотя частенько случается и наоборот...)

А раз так, то вот и ещё одна цель нашего журнала – попытаться вместе разобраться в том, какое место между «микро» и «макро» занимаем мы, люди, с нашими мечтами и надеждами. Иными словами, помимо естественных наук нам не менее дорого всякое знание о человеке – то самое, которое зовётся «гуманитарным». Да и можно ли разделить эти два вида знания?

Читатель, мы пока ещё с Вами не знакомы. Возможно, Вы пока ещё учитесь в школе. А может быть, недавно её окончили. Или даже давно... Но в одном мы уверены: если Вам близок этот круг тем – значит, Вы такой же романтик, как и мы сами. Есть ведь такой вид романтики – романтика познания нового.

Будем же вместе рассматривать этот мир и в микроскоп, и в телескоп, и с высоты птичьего полёта, и многими другими невероятными способами. Не забывая при этом, что сами мы – тоже его часть.

Что ж, в путь!

Путешествие из микромира в макромир. Юные странники и взрослые домоседы

Все мы являем из себя единство двух миров: микро- и макро-. С одной стороны, все растения и животные, да и мы с вами, – это единый целый организм, живущий в своей среде. С другой стороны мы – это совокупность микроскопических объектов – клеток, из которых построены наши тела. Когда речь идет о каком-либо животном, мы представляем себе вполне конкретный объект, который можно потрогать, приласкать, завести у себя дома или любоваться им в зоопарке. Многие знают о различных микроскопических существах, общение с которыми – удел ученых, вооруженных специальной оптикой. Мы расскажем вам о животных, которые комфортно существуют как в микро-, так и в макромире.

Наш разговор пойдет о морских беспозвоночных. Эти удивительные создания ухитряются пройти свой жизненный путь, имея различный облик на разных этапах развития, пока не совершится метаморфоз, и они не обретут свою окончательную форму и строение. Несмотря на то, что личинки многих беспозвоночных животных ведут самостоятельную жизнь в толще воды, увидеть их можно только под микроскопом. Их размер составляет от 50 микрометров до миллиметра в зависимости от вида и возраста. Взрослым животным уже можно и полюбоваться невооруженным глазом, и взять его в руки (от последнего лучше воздержаться, так как они этого очень не любят). Каждый раз, меняя внешний вид, личинки меняют и название. Конечно, они не сами его меняют, просто каждую стадию ученые называют особым образом, чтобы было понятно, о чем идет речь.

Подобным метаморфозам есть объяснение. Морские беспозвоночные ведут, как правило, донный образ жизни. Они не очень подвижны, а некоторые и вовсе раз и навсегда прикрепляются к камням или водорослям. Для того чтобы захватывать новые жизненные пространства, им приходится использовать свою молодежь – личиночные стадии развития. Личинки живут в толще воды и разносятся морскими течениями на огромные расстояния. Время раннего развития для многих видов донных и прикрепленных

животных – это время странствий. Мы, люди, в молодости тоже любим путешествовать. Если у некоторых людей тяга к странствиям остается на всю жизнь, то у морских беспозвоночных животных постоянное место жительства определяется после метаморфоза.

Личинки ведут планктонный образ жизни, который очень сильно отличается от жизни на дне, поэтому строение их тела совсем не такое, как у взрослого животного. Имеются многочисленные приспособления для поддержания плавучести и передвижения, именуемые локоторными органами. Время пребывания в планктоне иногда бывает довольно длительным – до месяца и более. Нужно как-то питаться. Способ питания столь же сильно отличается от такового у взрослого животного – ведь личинка живет совсем в другой среде. У юных путешественников возникает пищеварительная система, приспособленная для поедания планктона.

Всем известная морская звезда не сразу стала такой, какой большинство из нас ее себе представляет (рис. 1). Рассмотрим, для примера, очень распространенную в северных морях звезду – красный астриас, по латыни именуемую *Asterias rubens*. До перехода из микромира в макромир она прошла целый ряд различных изменений и поменяла много названий. Вот ее краткое жизнеописание: гастрюла, диплеврула, бипиннария,



Рис. 1. Взрослая морская звезда. Фото М. Л. Федюка.

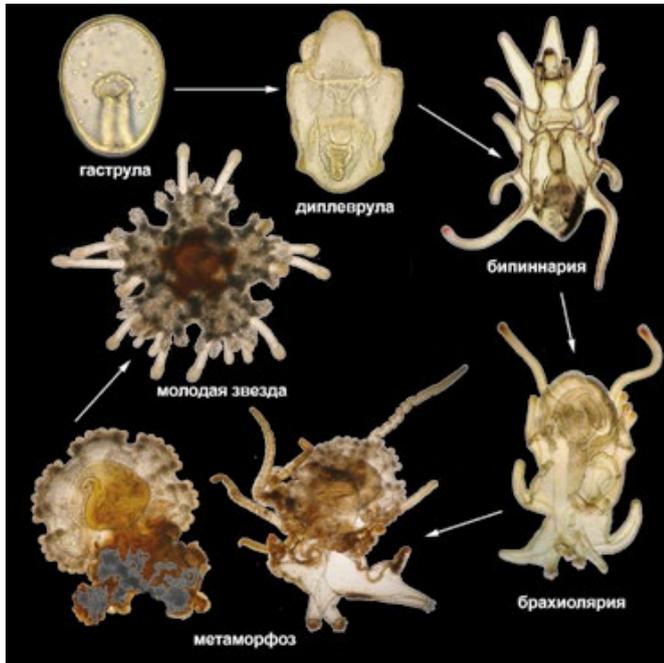


Рис. 2. Жизненный путь морской звезды.

брахиолярия, метаморфоз, ювенильная особь и, наконец, взрослая особь (рис. 2).

Изменения в процессе планктонной жизни происходят очень существенные. **Гастрюла** – это начальный этап развития, он наступает сразу после оплодотворения и дробления. У всех животных гастрюлы очень похожи. Мы с вами тоже проходили эту стадию, только внутри материнского организма. Личинка же морской звезды ведет свободный образ жизни и плавает в толще воды. **Диплеврула** в переводе с латыни означает «двубокая», она уже имеет пищеварительную систему и активно питается мелкими одноклеточными водорослями. У диплеврулы появляются специальные органы – ресничные шнуры; благодаря биению ресничек, расположенных на этих шнурах, личинка способна передвигаться в толще воды. Диплеврула вполне самостоятельный организм, способна питаться и плавать, вот только пока не умеет менять направление движения, но уже учится. У нее начинают формироваться своеобразные плавники. Как только эти плавники достигают своего полного развития, личинка уже называется не диплеврула, а **бипиннария** от латинского *bi* – двойной и *pinna* – перо, султан, плавник. При помощи своих плавников бипиннария меняет направление движения. Если плавники вытянуты, то движение поступательное (вперед), если прижаты к телу – то попятное (назад).

Личинке морской звезды еще долго плавать в толще воды, но к метаморфозу и донному образу жизни она начинает готовиться заранее.

Бипиннария превращается в **брахиолярию**. На заднем конце тела у нее начинают формироваться специальные присоски – брахиолы. Ими личинка прикрепляется к камням или водорослям и начинает свой метаморфоз – превращение во взрослую морскую звезду, правда, пока еще очень маленькую, чуть меньше миллиметра. Пройдет полтора-два года – и можно будет любоваться этой морской красавицей, плавающая с аквалангом или просто сквозь толщу воды, проплывая на лодке. Микроскоп нам больше не потребуется.

Ближайшие родственники морской звезды – это морские ежи и офиуры. Все они: и звезды, и ежи, и офиуры – относятся к одному типу беспозвоночных животных, который называется иглокожие. У морских ежей и офиур тоже очень непростая биография.

Итак, следующий наш герой – обыкновенный морской еж (рис. 3). «Обыкновенный морской еж» – это одно из его названий на русском языке. Кроме того, его иногда еще называют зелёный морской ёж, или обыкновенный стронгилоцентротус, или зелёный стронгилоцентротус. Как раз для того, чтобы не было подобной путаницы с именами животных, ученые и пользуются латинскими названиями. Своим латинским названием обыкновенный морской еж может гордиться, на латыни он *Strongylocentrotus droebachiensis*. Это название обычного морского ежика поставило в тупик не одно поколение начинающих студентов – зоологов. Попробуйте произнести с первого раза и без запинки!

Взрослый морской еж живет на довольно больших глубинах и ведет солидный размерен-

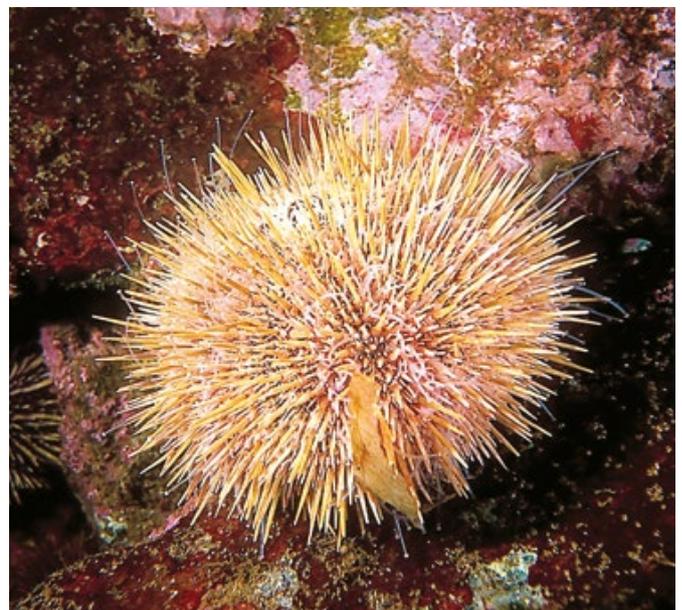


Рис. 3. Взрослый морской еж. Фото М. Л. Федюка.

ный образ жизни, соскребая водорослевый налет с камней и крупных водорослей. Не брезгует и падалью. Личинка ежа – удивительной красоты микроскопическое создание, живущее в толще воды. Сразу после стадии гастролы, которая как мы помним, очень похожа у всех животных, личинка переходит на стадию призмы (рис. 4). **Призма** уже активно питается одноклеточными водорослями и приступает к формированию скелета следующей стадии развития морского ежа, которая называется **эхиноплютеус**. Значение этого слова происходит от латинских слов *echinus* – еж и *pluteus* – щит. На первый взгляд, тело животного не очень напоминает щит. Некоторые считают, что имелись в виду обтянутые кожей решетчатые щиты плутеусы, которые римские солдаты использовали при осаде крепостей. Решетка у эхиноплютеуса действительно имеется – это кальциевый скелет, он состоит из многочисленных игл и имеет очень сложную структуру.

Похожая личинка с похожим названием есть у родственницы и соседки морского ежа – офиуры. Офиура, или змеехвостка, живет на большой глубине и внешне отдаленно напоминает морскую звезду, вот только лучи у нее называются не лучами, а руками. Питается змеехвостка мелкими рачками, медузами и червями. При питании она поднимает руки почти вертикально вверх – и в них застревает разнообразная пища (рис. 5).

Мы познакомимся с развитием офиур на примере обычной в северных морях *Ophiopholis aculeata*. У личинки офиуры так же, как и у личинки ежа, есть сложный скелет, состоящий из кальциевых игл. На картинке (рис. 6) хорошо видно, как такую иглу создает целая группа клеток, собравшаяся вместе. Оказывается, совместная деятельность возможна не только у высших животных в макромире, но и у отдельных клеток организма на микроскопическом уровне.

Личинка офиуры называется **офиоплютеус**. С названием ей повезло: так как офиоплютеус не очень сильно изменяется в процессе развития, то ученые не стали придумывать разных названий для разных стадий, как у морской звезды. Все гораздо проще: ранний офиоплютеус, офиоплютеус – I, офиоплютеус – II и офиоплютеус – III (рис. 7).

Если в процессе развития личинка змеехвостки внешне изменяется не очень сильно, то метаморфоз полностью меняет ее облик. На фотографии вы можете видеть, что животное



Рис. 4. Личинки морского ежа.



Рис. 5. Офиуры во время питания, хорошо видны поднятые вверх руки. На врезке офиура целиком. Фото М. Л. Федюка.



Рис. 6. Ранний офиоплютеус. Видны клетки, формирующие кальциевый скелет.



Рис. 7. Различные стадии развития личинки офиуры – офиоплутеуса.



Рис. 8. Метаморфоз офиуры.

во время этого процесса как бы состоит из двух частей (рис. 8). Одна часть – крохотная формирующаяся офиурка. Другая часть – почти полностью разрушенный офиоплутеус, он скоро будет съеден молодой офиурой, которая из него сформировалась.

Морские звезды, морские ежи и офиуры достаточно подвижные существа, но, тем не менее, у них есть плавающая личинка для расселения этих животных на обширных территориях. Существуют морские беспозвоночные, которые во взрослом состоянии не в силах преодолеть даже несколько сантиметров за всю свою жизнь. Таким домоседам личинки-путешественницы просто необходимы.

Мшанки – это крохотные организмы, которые образуют колонии на камнях и крупных водорослях (рис. 9). Колонии мшанок могут выглядеть как небольшие кустики, скорее напоминающие растения, иногда они представляют собой небольшие плоские наросты, в которых трудно распознать живое существо. На самом деле, это огромные дома, состоящие из крохотных квартирок – зооидов. Если колония мшанки напоминает кустик, то такие дома – небоскребы. В плоских колониях предпочитают малоэтажное строительство. Каждый такой многоквартирный дом возник из одной-единственной личинки. Личинка мшанок называется **цифонаут** (рис. 10). Цифонаут активно плавает в толще воды и питается одноклеточными водорослями. Кроме пищеварительной системы и ресничного шнура, которые нужны личинке для планктонной жизни, в ней формируются два очень важных органа: присоска и грушевидный орган. Грушевидный орган служит для выбора места



Рис. 9. Колония мшанок. Фото М. Л. Федюка.



Рис. 10. Личинка мшанки *цифонаут* и молодая колония.

метаморфоза и основания новой колонии. При-соска необходима для того, чтобы прикрепиться к субстрату и спокойно начать обустриваться на новом месте. На фотографии хорошо видно, как начинается формирование новой колонии мшанки *Electra pilosa*. Пройдет некоторое время, и на месте первых квартирок – зооидов вырастет большой город.

Среди заядлых домоседов есть даже ракообразные: это усконогий рачок баянус. Как солидный домохозяин, он не просто поселился на одном месте на всю жизнь, но и построил себе дом. Настоящий дом без окон, но с дверцами, которые называются оперкулум (рис. 11). Баянусы живут на литорали, это участок, который во время морского прилива залит водой, а в отлив осушается. Когда дом находится под водой, две-



Рис. 11. Баянус на камнях во время отлива. На врезке баянус ловит добычу под водой.

ри гостеприимно открыты, проплывающая рядом живность приглашается на обед к хозяину в качестве угощения. Рачок облавливает окружающее пространство при помощи специального ловчего органа, именуемого усконожками, и таким образом питается. Усконожки дали название целому отряду ракообразных – усконогие раки.

Личинка усконового рачка, словно в ожидании длительного заточения, постоянно плавает и меняет свой облик. Сначала личинка путешествует по морю с паспортом на имя **науплиуса**, затем меняет имя на **циприсовидную личинку** (рис. 12). Циприсовидной личинка называется потому, что она очень похожа на морского рачка циприса. Некоторое время ученые их даже путали. Но ни смена имени, ни путешествие в чужом облике не спасут бродягу от метаморфоза и долгой жизни на одном месте.



Рис. 12. Личинки баянуса.

Не намного более, чем мшанки или усконогие рачки, подвижны моллюски, особенно двустворчатые. Мы поговорим про всем известную мидию, ту самую, которую многие покупали в магазине в замороженном виде или в виде консервов. Может быть, кому-то посчастливилось попробовать ее прямо на берегу моря, печеную на костре. По латыни этот моллюск так и называется *Mytilus edulis*, что означает «мидия съедобная» (рис. 13). Моллюск может передвигаться на небольшие расстояния при помощи единственной ноги, но большую часть жизни проводит, прикрепившись к камням или водорослям специальными нитями, именуемыми биссусными. Нити вырабатывает специальная биссусная железа, выделяющая секрет, который сразу застывает в морской воде.

Личинка, как и взрослая мидия, имеет створки раковины, но в отличие от взрослого животного, великолепно приспособлена к длительному и активному плаванию. Само ее название **велигер**, что по латыни означает парусник, напоминает о дальних морских путешествиях. Название личинке дал особый орган – парус, или веллум (vellum). Парус представляет собой



Рис. 13. Мидии на камнях во время отлива.

довольно большой, по сравнению с телом личинки, орган, на поверхности которого находится огромное количество ресничек. Биение этих ресничек и позволяет юной мидии шустро плавать, вращаясь вокруг своей оси. Велигер иногда убирает парус между створок раковины, тогда движение прекращается, и личинка медленно опускается на дно. В центре паруса расположен апикальный султанчик, при помощи которого велигер может менять направление движения. Так что наш парусник имеет не только парус, но еще и руль (рис. 14).

К концу свободной личиночной жизни велигер все больше напоминает взрослого моллюска. У личинки начинает формироваться нога. Парусник теперь не только плавает, но иногда может ползать по дну моря, пытаясь закрепиться бирусными нитями, как настоящая большая мидия. На этой стадии велигер меняет свое название на **педивелигер**, что означает велигер с ногой (рис. 14). Через некоторое время парус исчезнет, закончится период странствий и наступит длинная оседлая жизнь взрослой мидии.

Иногда в мире детей и родителей беспозвоночных животных разыгрываются целые детективные истории с поиском пропавших родственников. Любой сериал обзавидуется. Много

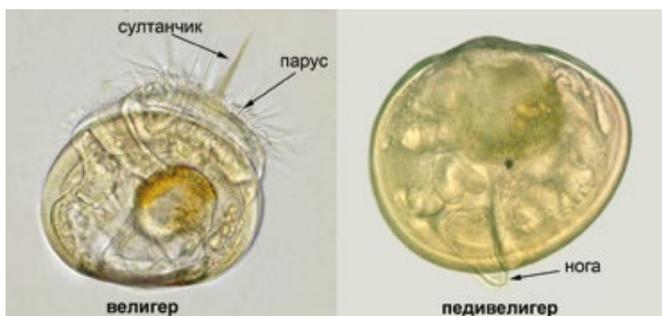


Рис. 14. Личинки мидии.

лет мы занимаемся изучением личиночного развития двустворчатых моллюсков в Белом море и прекрасно знаем, чью личинку поймали в планктоне и где сидят ее родители, взрослые моллюски. Знаем почти про всех, но есть беспризорники. Из года в год попадаются велигеры, принадлежащие моллюскам, которые не встречаются в нашем море. Несколько лет назад мы заметили очень необычный и забавный велигер, который по форме напоминал горошинку, особенно когда убирал парус между створок (рис. 15). По литературным данным получалось, что это род зирфея, но не живут зирфеи в Белом море. Вернее, считается, что не живут. Наловив побольше таких личинок, мы решили выяснить, кто же из них вырастет. Вообще, выращивание личинок в лабораторных условиях – задача не очень простая, но велигеры-горошинки оказались не слишком привередливыми и через месяц



Рис. 15. Личинка зирфеи криспаты.

стали потихоньку превращаться в настоящую зирфею криспату, которой в Белом море нет. Зирфеи нет, а личинки есть. Но так быть не может, должен же кто-то производить на свет этих необычных велигеров. Вывод один: моллюск зирфея криспата (*Zirphaea crispata*) в Белом море все-таки встречается, все дело в образе его жизни. Зирфея – это моллюск-сверлильщик. На переднем конце раковины у животного имеются специальные зубчики, которыми зирфея сверлит известняк и затопленное дерево (рис. 16). По мере истирания на раковине нарастают все новые ряды зубчиков, а от старых изношенных зубцов остаются волнистые бороздки на раковине.

Волнистые линии на раковине и дали видовое название криспата, по латыни *crispata* означает курчавая. Моллюска-сверлильщика очень трудно обнаружить в море, если не знать, кого и где искать. Зирфею выдали плавающие в планктоне личинки – если бы не они, ученые еще много лет не догадывались бы о том, что в Белом море живет это интересное животное. Сейчас мы заняты поиском взрослого сверлильщика.

Строение личинок многих морских беспозвоночных настолько отличается от взрослых животных, что ученые частенько исследуют их отдельно друг от друга. Например, существует целый тип морских червей под названием немертины.

Эти животные встречаются во всех морях нашей планеты и живут на небольших глубинах. Червячок, с виду совсем невзрачный, является страшным хищником, в своем размерном классе, конечно. Они хорошо вооружены. Представители класса вооруженные немертины обладают хоботком с одним или несколькими стилетами, которыми они поражают свою жертву. Класс невооруженных немертин, несмотря на свое название, тоже небезобиден. У них имеется ядовитый секрет, которым они убивают свои жертвы.

Личинки немертин, как это принято у многих морских беспозвоночных животных, абсолютно не похожи на взрослых и, конечно, носят свое отдельное название – пилидий. Название это происходит от греческого слова *pidion* – войлочная шапка. Пилидий, в самом деле, очень похож на шапку, только, по нашему мнению, больше напоминает шапку-ушанку или буденовку (рис. 17). Во время планктонной жизни внутри личинки формируется еще очень маленькая, но уже взрослая немертина. Выйдя наружу из личинки, малыш сразу же поедает то, что осталось после пилидия. Многие молодые животные сразу после метаморфоза не прочь закусить останками личинки, из которой они вышли, вспомните офиуру. Нечего добру пропадать.

В планктоне встречается большое количество различных видов пилидиев, а на дне – большое

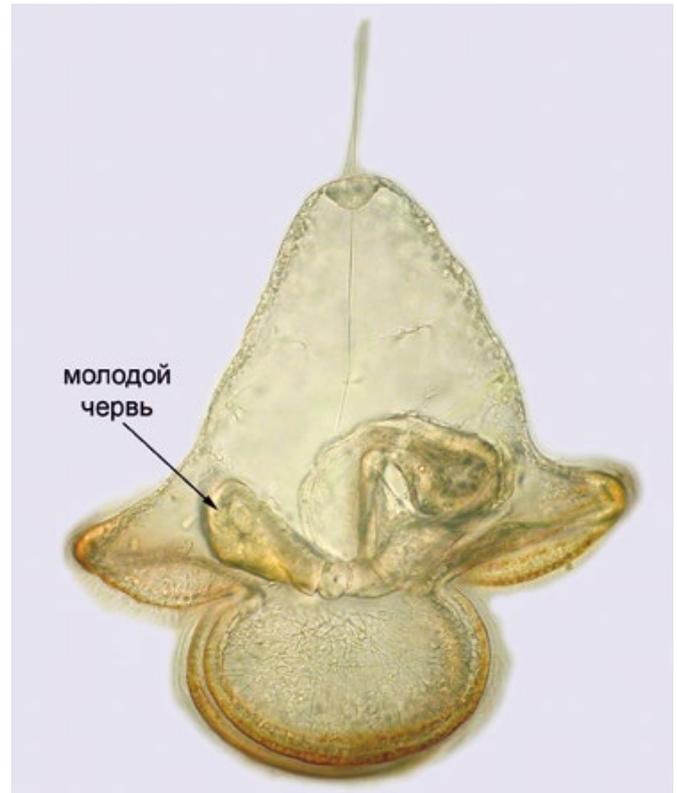


Рис. 17. Личинка немертины – пилидий.

количество видов немертин. Планктонологи и эмбриологи изучают пилидиев отдельно, а зоологи отдельно исследуют немертин. Только в последние годы научная братия стала выяснять, из какого пилидия какая немертина вырастет. Вот до чего может довести отсутствие фамильного сходства с родителями.

Наш рассказ о сложной жизни некоторых морских беспозвоночных подходит к концу. Мы поведали лишь о немногих юных странниках и взрослых домоседах. Трудно написать заключение для бесконечной истории. Поэтому вместо заключения упомянем про личинку краба, которую зовут **зоа**. Попробуйте просклонять это название по падежам...

Флячинская Л. П., кандидат биологических наук
Лезин П. А., кандидат биологических наук
 Беломорская биологическая станция,
 Зоологический институт РАН

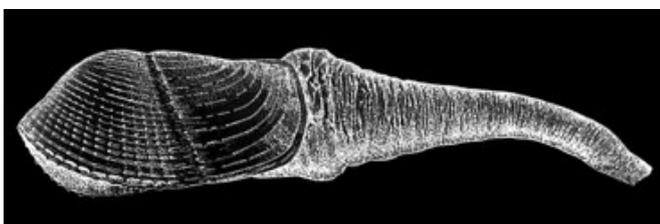


Рис. 16. Зирфея криспата.

Для микросъёмок использовался микроскоп МББ 1-А с увеличением 10x10, 10x20 и 10x40. В качестве устройств визуализации применялись переделанные фотокамеры Canon PowerShot A430 и Nikon Coolpix 450.

Что может любитель астрономии?

Астрономия – одна из древнейших наук. Сознательными наблюдениями за небесными светилами люди стали заниматься очень давно параллельно со своими основными занятиями (скотоводство, морская навигация, культовое служение, педагогическая практика и т. п.), поэтому всех ранних исследователей неба формально можно было бы причислить к астрономам-любителям.

Более определенный смысл это понятие обрело с появлением в XVII в. государственных астрономических учреждений и работающих в них профессиональных астрономов. В ту эпоху рождалась современная наука с ее характерными чертами: государственной поддержкой, подготовкой дипломированных специалистов, необходимостью проведения общественно полезных работ (для астрономии это служба времени, картографирование, служба Солнца) и, главное, – с методологией науки, предполагающей точное описание условий опытов и наблюдений, жесткое взаимное рецензирование работ и опору на публикации только в авторитетных научных журналах, не допускающих на свои страницы результаты низкопробных исследований. Именно эти качества отделили профессиональную науку от любительской. Хотя движущая сила и той и другой заключается в природной любознательности ученых, профессионалы обязаны регулярно выдавать качественные результаты исследований, а любители могут работать на каком угодно доступном для них уровне и лишь в том объеме, который доставляет им удовольствие. Уровень этих занятий может быть различен: от простого любования ночным небом и созерцания доступных объектов (Луна, планеты, Солнце) до систематического поиска комет и изучения переменных звезд и солнечной активности, конструирования новых приборов, участия в работе профессиональных научных коллективов и многого другого.

В связи с этим нередко тех, кто увлечен созерцанием неба и чтением астрономической литературы, называют «любителями астрономии»; а тех, кто в качестве хобби занимается

систематическими исследованиями определенных небесных объектов, называют «астрономами-любителями». О количестве тех и других можно судить по тиражам научно-популярных журналов и книг, по составу некоторых научных обществ. В США в начале XXI столетия было около 100 тыс. активных любителей астрономии; в странах Западной Европы – десятки тысяч; в России – несколько тысяч, в Беларуси – от нескольких десятков до сотен.

Традиционно научные задачи астрономов-любителей требуют не очень сложного оборудования, но внимания, аккуратности и хорошего знания звездного неба. Это поиск комет, изучение метеорных потоков, поиск метеоритов, наблюдение за серебристыми облаками, изучение переменных звезд, систематическая зарисовка поверхности планет, выявление изменений на поверхности Луны.

Чтобы стимулировать поиск уникальных объектов, таких как кометы, метеориты, вспышки новых и сверхновых звезд, официально приняты меры поощрения, особенно ценные для астрономов-любителей. Например, новым кометам присваивают имена первооткрывателей; авторы открытия астероидов получают право предлагать для них имена. В качестве поощрения некоторые обсерватории приглашают опытных любителей на курсы лекций, дают им возможность работать на крупных инструментах и пользоваться профессиональным оборудованием. А если обратиться к карте Луны, то и на ней можно найти немало имен выдающихся любителей астрономии.

В XVII–XVIII веках немногочисленный штат государственных обсерваторий был, в основ-



ном, занят прикладными исследованиями, направленными на совершенствование службы времени и методов определения географической долготы. Поэтому поиском комет и астероидов, изучением переменных звезд и явлений на поверхности Солнца, Луны и планет, главным образом, занимались астрономы-любители. В XIX веке профессиональные астрономы стали уделять больше внимания звездно-астрономическим и астрофизическим исследованиям, но и здесь весьма часто любители науки были в первых рядах.

На рубеже XVIII и XIX веков работал величайший из астрономов-любителей – музыкант, дирижер и композитор Вильям Гершель, верной помощницей и продолжателем дела которого была его сестра Каролина. С точки зрения любительской астрономии главная заслуга В. Гершеля состоит не в открытии планеты Уран или составлении каталогов тысяч туманностей и звездных скоплений, а в демонстрации возможности кустарного изготовления крупных телескопов-рефлекторов. Именно это определило основное направление любительского телескопостроения на несколько столетий вперед.

Менее известен другой любитель астрономии – англичанин Уильям Парсонс (1800–1867), третий лорд Росс, продолживший деятельность Гершеля по развитию технологии крупных рефлекторов. Крупнейший телескоп Росса диаметром 1,8 м, установленный в семейном поместье Ирландии, позволил ему разрешить многие туманности на звезды (т. е. увидеть звезды по отдельности) и впервые совершенно определенно установить спиральную форму некоторых из них. Фактически, В. Гершель и У. Парсонс откры-

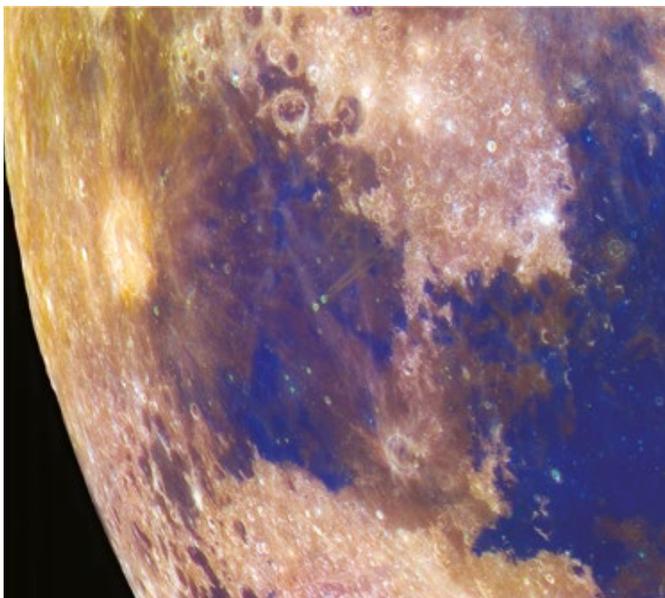
ли эру галактической (звездной) и внегалактической астрономии.

В XIX веке было налажено производство высококачественных рефракторов, что привлекло многих профессиональных и самодеятельных астрономов к наблюдению планет и поиску новых объектов Солнечной системы. Стало очень популярным составление карт лунной поверхности. Существенные результаты были получены банкиром Вильгельмом Бером (1797–1850) и астрономом И. Мёдлером (1794–1874), работавшими совместно. Прделав микрометрические измерения сотен деталей в качества реперных точек и измерив тени более тысячи гор для определения их высот, они составили в 1836–1837 карту Луны с подробным описанием рельефа.

Немецкий фармацевт Генрих Швабе (1789–1875) с 1826 года регулярно наблюдал поверхность Солнца и в 1843 году открыл периодичность в количестве солнечных пятен. К тому же он первым детально исследовал Большое Красное пятно на Юпитере (1831). За свой вклад в науку он был награжден Золотой медалью английского Королевского астрономического общества и в 1868 году избран в члены Королевского общества – весьма редкая привилегия для любителя науки.

Высочайший уровень любительской астрономии XIX века продемонстрировал Уильям Хёггинс (1824–1910), который в собственной обсерватории развил методы астрономической фотографии и спектроскопии; фактически, он стал первым английским астрофизиком.

Американский врач, профессор естествознания Генри Дрэпер (1837–1882) построил частную обсерваторию с 71-см рефлектором, зеркало для которого он шлифовал сам. На фотопластинках с мокрыми коллоидными эмульсиями Дрэпер одним из первых получил высококачественные фотографии Луны, Солнца и солнечного спектра (для этой цели он разработал точный механизм часового ведения телескопа). Он первым в 1872 году получил спектр звезды – Веги. С 1879 года он работал с сухими фотоэмульсиями и фотографировал спектры ярких звезд, планет, комет и туманностей. После ранней смерти исследователя его вдова Анна Палмер-Дрэпер учредила денежный фонд, позволивший астрономам Гарвардской обсерватории создать фундаментальный каталог спектров звезд – знаменитый Дрэперовский каталог и разработать Гарвардскую спектральную классификацию звезд, ставшую основой астрофизики.



В XX в. возможности астрономов-любителей уже не могли конкурировать с оборудованием профессиональных обсерваторий, поэтому любители сосредоточились на поисковых работах, в основном связанных с кометами. Уникальный для XX в. пример авангардной роли любительской астрономии дает работа Грота Ребера, который в конце 1930-х единственный во всем мире проводил радиоастрономические исследования, создавая своими силами и на собственные средства весьма совершенные радиотелескопы. В середине XX века, в связи с развитием космонавтики, радиоастрономия совершила колоссальный рывок, и ее уровень стал совершенно недоступен для любителей. Однако к концу XX в. любительская радиоастрономия возродилась на основе новых технологий; возникло даже Общество радиоастрономов-любителей.

В области оптического поиска и исследования новых объектов (кометы, переменные звезды и т. п.) астрономы-любители до сих пор успешно дополняют профессионалов, используя свои главные преимущества – широкоугольные оптические приборы (бинокляры, кометоискатели), прекрасное знание звездного неба и невероятное упорство в проведении наблюдений.

В конце XX в. ситуация с любительской астрономией существенно изменилась. С одной стороны, на некоторых обсерваториях начали работать автоматические телескопы для поиска комет и астероидов, составившие серьезную конкуренцию любителям. С другой – появление персональных компьютеров, сети Интернет и недорогих электронных приемников света (зеркальные и ПЗС-камеры) открыло перед любителями новые возможности. Например, любители получили возможность пользоваться профессиональными каталогами и базами данных крупнейших наземных и космических обсерваторий, вычислять эфемериды (время и координаты на небе) астрономических явлений именно для своего места наблюдения (это, в частности, позволяет наблюдать покрытия звезд Луной и астероидами). Теперь астрономы-любители могут делать серьезные открытия даже вне зависимости от наличия у них телескопа или хорошей погоды.

Для первого знакомства со звездным небом самым подходящим оптическим инструментом является бинокль, но для опытных астрономов-любителей главным инструментом служит телескоп. Оптические фирмы предлагают широкий выбор любительских телескопов и при-



надлежностей к ним: от простейших, доступных любому школьнику, до вполне профессиональных, но очень дорогих и доступных лишь крупным коллективам любителей. Возможности телескопа возрастают вместе с диаметром его объектива, но вместе с ним растет и цена, поэтому многие любители предпочитают строить телескопы самостоятельно, изготавливая все части или заказывая наиболее важные из них (объектив, окуляры) у оптических фирм. Телескопы астрономов-любителей часто оригинальны и стимулируют профессионалов к разработке аналогичных инструментов. Начинать всегда можно и с самого простого инструмента, чтобы постепенно научиться понимать принципы небесной механики и управления различными видами телескопов. Даже в самый простой телескоп самый неопытный любитель астрономии сможет любоваться и изучать лунные кратеры, солнечную активность (используя специальный фильтр!), планеты и самые яркие объекты далекого космоса – галактики, туманности, звездные скопления.

Важным дополнением к телескопу служит камера. В последние годы на рынке астротоваров появилось огромное количество всевозможных ПЗС-камер, от совсем недорогих до самых профессиональных, но дорогих, позволяющих любителям получать превосходные изображения небесных объектов. Многие любители астрономии делают превосходные снимки и с помощью обычных зеркальных камер.

Для планирования наблюдений и обработки полученных изображений астрономы-любители создали множество полезных компьютерных программ, которыми они обмениваются, обыч-

но, безвозмездно. Специально для любителей астрономии некоторые фирмы выпускают коммерческие программы: виртуальные планетарии, анимированные лекции, галереи изображений и каталоги небесных объектов. Самые мощные программы – такие как Red Shift, Starry Night Stellarium – дают возможность демонстрировать звездное небо, туманности и галактики, астероиды и кометы, планеты и их спутники (включая детали их поверхности), солнечные и лунные затмения, сумеречные явления и т. д. При этом наблюдатель может располагаться в любой точке Земли или космического пространства и выбирать практически произвольный момент времени наблюдения. Эти программы широко используются и профессиональными астрономами.

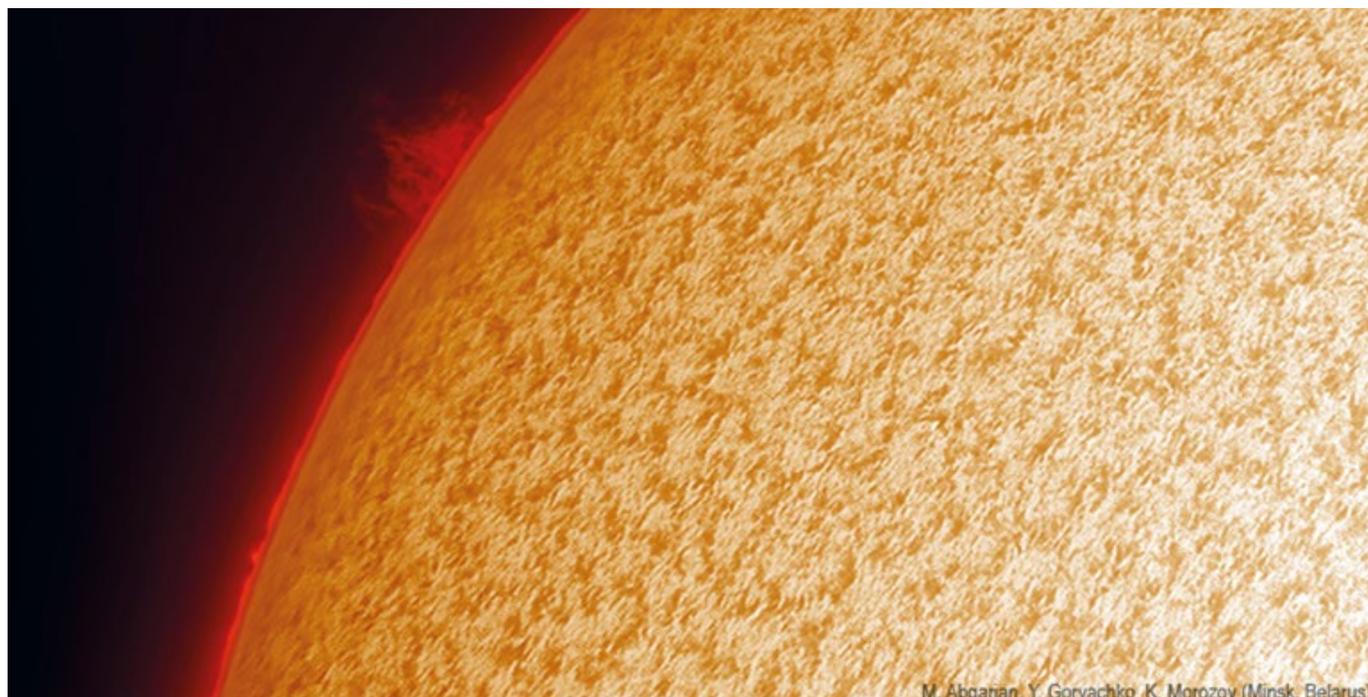
Во всем мире есть огромное количество кружков, клубов, обществ и союзов астрономов-любителей. Они объединяют энтузиастов либо по территориальному признаку, либо по тематике исследований. Некоторые клубы обладают своими довольно мощными обсерваториями. По сравнению с индивидуальными любителями члены астрономических объединений обладают значительно большими возможностями при строительстве или покупке крупного телескопа и аппаратуры к нему, включая современные ПЗС-камеры.

В Беларуси таким клубом является минский клуб любителей астрономии «Аш-ню» (hv), в котором насчитывается несколько десятков активных астрономов любителей. Члены Клуба

принимают активное участие в организации и проведениях таких мероприятий, как Международные Дни Астрономии (МДА), в организации ежегодного «БелАстроФеста» – всебелорусского фестиваля любителей астрономии. А также во многих других мероприятиях, таких как вечера «тротуарной» астрономии – когда в различных точках города выставляются телескопы и всем желающим показывают интересные объекты космоса, доступные для наблюдений «с улицы», проведение совместных загородных выездов с целью совместных наблюдений. Помимо просветительской деятельности, члены Клуба занимаются и прикладными астрономическими задачами, такими как астрофотография, программирование, космонавтика, наблюдения покрытий звезд астероидами, поиск и изучение новых переменных звезд, телескопостроение, радионаблюдения и многое другое.

Подводя итог, хочется сказать, что заниматься астрономией – это здорово. Это превосходное хобби, доступное как и совсем юному исследователю, так и опытному наблюдателю. Найти единомышленников, грезящих звездами, в наши дни можно практически в любом, даже самом маленьком, городе. А занимаясь таким потрясающим хобби, можно принести и немалый вклад в реальную науку! Удачных наблюдений и новых открытий!

В. Г. Сурдин и А. В. Шохан
Планетарий г. Минска, Белоруссия



M. Abganian, Y. Goryachko, K. Morozov (Minsk, Belarus)

Нобелевская премия за дырку от бублика, или Как удалось преодолеть «оптический предел» в микроскопии



Парадокс Нобелевской премии по химии 2014

Микроскописты всего мира справедливо полагали, что достижение командой первооткрывателей сверхразрешения в оптической микроскопии должно быть отмечено Нобелевской премией. Интрига была только в том, когда это произойдёт и какой состав претендентов получит заслуженную награду. Поэтому все с замиранием сердца следили за событиями очередной Нобелевской недели в ноябре 2014 года. Когда были объявлены лауреаты в области биологии и медицины, то есть там, где преимущественно используются эти методики, а потом и по физике, в области которой лежат основные идеи и принципы таких методик, большинству ученых уже казалось, что микроскопии в этот раз не повезло и признания придётся ждать ещё как минимум год. И вот объявляют лауреатов премии по химии. Совершенно неожиданно и вопреки всем прогнозам ими стали отцы – основатели двух методов сверхразрешения: американцы Эрик Бетциг и Уильям Мёрнер – за стохастический метод и немец Штефан Хелль – за метод истощения флуоресценции. Мы не обойдём вниманием первый метод и попытаемся вкратце объяснить его основные принципы, а вот второй рассмотрим более подробно далее, так как именно в нём оказалась незаменимой

Часть I.

От Левенгука до флуоресцентного микроскопа

Прежде всего, в данной статье речь не пойдёт об извечном философском вопросе: «Когда съедается бублик, куда девается дырка от него?» и, конечно, автор не будет утверждать, что Нобелевские премии присуждаются за пустяк! Как раз наоборот, будет описано очень красивое решение важной оптической задачи, которое, без сомнения, достойно наивысшей награды. Но это решение было подсказано геометрической формой фигуры, напоминающей пончик, который в Германии и Америке даже более привычен, чем у нас бублики или баранки. Но обо всём по порядку.



Золотая медаль Нобелевской премии по химии и лауреаты этой премии 2014 г. слева направо: Эрик Бетциг, Штефан Хелль, Уильям Мёрнер.
Изображения с сайта nobelprize.org

та самая «дырка от бублика», вынесенная в заглавие. Объяснение парадоксального решения нобелевского комитета «почему именно по химии» будет в самом последнем абзаце продолжения статьи, а пока разберёмся, что же такое это сверхразрешение и почему оно настолько важно, что сразу трое учёных были отмечены высшей наградой мирового научного сообщества.

Разрешите разрешить?

Для начала вспомним, что такое разрешение с точки зрения микроскопии. Рассмотрим перемежающиеся черные и светлые полосы, скажем, обычную ученическую линейку. Если у вас всё нормально со зрением, то на расстоянии 25 см от глаз (расстоянии наилучшей видимости) вы легко распознаете черные полосы меток, разделённых светлыми промежутками, и легко сможете подсчитать количество таких меток на протяжении какого-либо участка. Физически это будет означать, что на изображении линейки, спроецированном оптикой ва-

ших глаз на сетчатке глаза, изображения светлых и тёмных полосок попадут на разные светочувствительные клетки сетчатки и могут различаться мозгом как разные элементы. (Все помнят из курса анатомии про «колбочки и палочки» сетчатки?!) Если мы будем отодвигать линейку от глаз, то какое бы ни было у вас острое зрение, наступит момент, когда все линии линейки сольются в длинное пятно серого цвета – это значит, что изображения рядом стоящих светлых и тёмных полосок попадают на один и тот же светочувствительный элемент и усредняются мозгом до промежуточного серого цвета. То же самое произойдёт, если мы вместо удаления линейки будем уменьшать расстояние между её рисками. В какой-то момент (а среднее разрешение невооружённого глаза – 0,1 мм) риски сольются, и мы не увидим никакой полезной информации о расположении рисок на линейке. То есть разрешающей способности глаза не хватит для различения или разрешения рядом стоящих полосок.



«Если бы, – говорит, – был лучше мелкоскоп, который в пять миллионов увеличивает, так вы изволили бы, – говорит, – увидеть, что на каждой подковинке мастерово имя выставлено: какой русский мастер ту подковку делал.»

Николай Лесков «Левша» 1881 г.

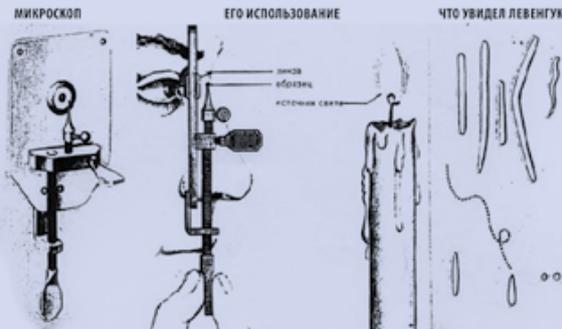
Битва за разрешение

Ещё несколько тысяч лет назад люди обнаружили, что прозрачный округлый кусок стекла может помочь разглядеть мелкие предметы. В течение столетий совершенствовались линзы, увеличивалась кратность их увеличения. Ещё Левенгук в конце XVII века сумел добиться увеличения в 300 крат, используя в конструкции своего «микроскопа», а фактически просто мощной лупы, всего одну искусно вышлифованную линзу. Когда же была изобретена классическая схема микроскопа с двухступенчатым увеличением, где увеличенное с помощью объектива изображение рассматривается сквозь увеличительную лупу или окуляр и общее увеличение является произведением увеличения объектива и окуляра, исследователям начало казаться, что возможности оптики неограничены. Достаточно сделать линзы лучшего качества и составить из них более качественное оптическое устройство – и все детали микромира станут доступны для изучения. Ещё в 1881-м русский писатель Лесков предполагал, что с помощью хорошего «мелкоскопа» можно достигнуть увеличения 5 000 000х. При таком увеличении человеческий глаз был бы способен различить отдельные молекулы воды, а изображение среза человеческого волоса имело бы диаметр 25 метров! Конечно, это писательское преувеличение, но даже в XXI веке на выставках люди со средним, а то и высшим, образованием, увидев современный микроскоп, спрашивают, можно ли в него рассмотреть вирусы или молекулы того или иного вещества. Что уж говорить об исследователях XIX века! Они с нетерпением



Антони ван Левенгук (Leeuwenhoek) (1632–1723) – нидерландский изобретатель-самоучка, один из основоположников научной микроскопии. Изготовив линзы с 150–300-кратным увеличением, впервые наблюдал и зарисовал (публикации с 1673) ряд простейших, сперматозоиды, бактерии, эритроциты и их движение в капиллярах.

Схематическое изображение «Микроскопа Левенгука» и схема его использования.



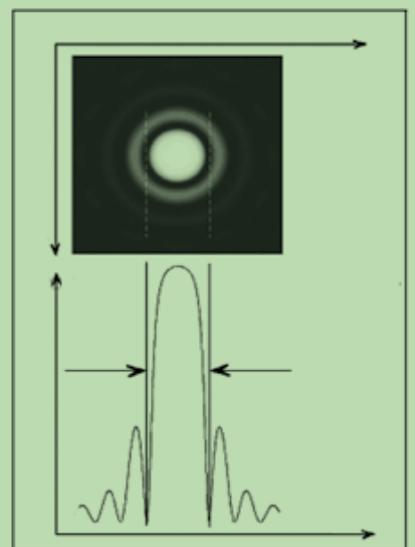
ждали от механиков и оптиков, таких как оптических дел мастер Карл Цейсс из Йены и его коллега Эрнст Лейтц из Ветцлара, всё новых микроскопов с большим и большим увеличением. Но если желанию людей пределов не поставлено, то предел увеличению в оптике, оказывается, существовал. И скоро стало понятно, что нет особого смысла в сильном росте увеличительной способности микроскопа. И виной тому оказалась волновая природа света.

Ещё астрономы задолго до микроскопистов обнаружили, что даже в благоприятных условиях, при спокойной атмосфере, равномерной температуре воздуха и т. д. изображение звезды никогда не получалось в виде точки, а только в виде диска, окружённого двумя, тремя или большим количеством чередующихся тёмных и светлых колец, которые следуют друг за другом вокруг центрального диска практически с равным интервалом. Такой рисунок назвали «Диском Эйри» в честь английского астронома Джорджа Бидделя Эйри, разработавшего теорию дифракции света в объективе телескопа. А функцию распределения интенсивности

света внутри диска Эйри назвали PSF (Point Spread Function) – функция рассеяния точечного источника. Если форма диска Эйри универсальна для любого оптического прибора, имеющего объектив и диафрагму круглой формы (диафрагмой



Настоящий диск Эйри, созданный прохождением лазерного луча через точечное отверстие



Функция рассеяния точки (PSF)

часто служит оправка фронтальной линзы объектива), то PSF уникальна для каждого индивидуального оптического прибора. Зная PSF конкретного микроскопа, можно по диску Эйри достаточно точно вычислить местоположение светящейся точки объекта, которую этот диск окружает. Этим пользуются современные методы улучшения изображений в программах обработки изображений для микроскопии.

Оптический предел Аббе.

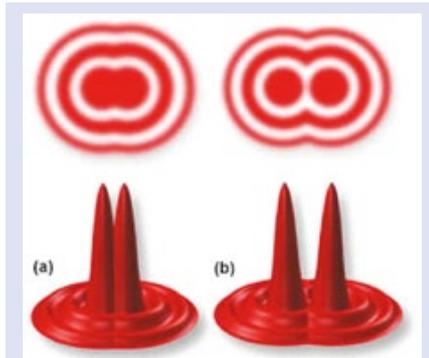
Значение Аппертуры

Современником писателя Лескова был физик Эрнст Аббе, который работал в Германии в г. Йена совместно с уже упоминавшимся предпринимателем Карлом Цейссом, подводя теоретическую базу под только зарождающуюся науку правильного освещения препарата в оптическом микроскопе. Рассматривая взаимное расположение дисков Эйри от двух точечных источников света, он ещё в 1873 году вывел формулу, которая, несмотря на огромное количество достижений Аббе во многих областях физики, единственная высечена на памятнике Аббе в г. Йена:

$$d = \lambda / (2n \cdot \sin \alpha)$$

Эта формула устанавливает физический предел разрешения микроскопа. В ней минимальное расстояние между двумя светящимися точками, которые ещё разрешимы оптической системой (величина, обратная разрешению этой системы), прямо пропорционально длине световой волны и обратно пропорционально числовой апертуре объектива этой системы. В свою очередь, числовая апертура – это произведение коэффициента преломления среды между объективом

и препаратом и синуса α – угла между оптической осью объектива и отрезком, соединяющим точку фокуса объектива и край его *апертурной диафрагмы* или, как уже говорилось, край оправки фронтальной линзы. Такой угол у современных объективов вплотную приближается к 90° , то есть современные объективы могут собирать



Диск Эйри и Функция рассеяния двух точек в случаях:

- а) их неразрешения в оптическом приборе (воспринимается как одна точка),
б) разрешения (воспринимается как две различные точки).*



Памятник Эрнсту Аббе перед университетом г. Йена в Германии.

$$d = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha}$$

Выгравированная на памятнике Аббе формула, определяющая предел разрешения микроскопа.

практически весь свет, распространяющийся от объекта исследования в сторону объектива. Эта формула универсальна для любого оптического прибора, имеющего объектив: телескопа, спектрометра, микроскопа. Легко заметить, что все компоненты формулы Аббе ограничены природой: длина волны видимого света не может быть меньше 400 нм, синус по определению не больше 1, а коэффициент преломления иммерсионного масла, приближенный к коэффициенту преломления стекла – 1,51. Итого теоретически числовая апертура иммерсионного объектива не может быть больше 1,51. Практически апертура самых дорогих объективов «апохроматов» достигает в наше время 1,49. Итого согласно формуле Аббе предел разрешения микроскопа составляет около 140 нм для фиолетовых лучей, приблизительно 200 нм – для желтых и 250 нм – для красных. Достаточно ли этого или нет? По сравнению с разрешающей способностью глаза (100 000 нм) получается очень хорошо! Просто прекрасно даже по сравнению с возможностями микроскопа Левенгука, который в него сумел увидеть самые мелкие клетки в организме человека – эритроциты, размер их около 10 микрон, или 10 000 нм. Но этого явно недостаточно, чтобы разглядеть средние вирусы, размером 60–80 нм, или оперировать даже с самыми крупными биологическими молекулами ДНК, характерные размеры которых 10–40 нм. На протяжении более сотни лет биологи пытались проникнуть за границу наноскопии, условную область разрешений ниже 100 нм. И даже изобретение конфокального микроскопа в конце XX века

не сильно помогло в получении такого разрешения. Предел, установленный Аббе, казался таким же незыблемым, как предел максимальной скорости – скорость света – или предел минимальной температуры – «абсолютный ноль» по шкале Кельвина ($-273,15^\circ\text{C}$). Конечно, электромагнитные волны не ограничиваются видимым диапазоном света, и существуют методы исследования в более коротковолновых диапазонах, скажем, в ультрафиолете, рентгеновских лучах. За последнее время широко развиты методы электронной, и даже ионной микроскопии, где длина волны на несколько порядков меньше, чем у видимого света, а следовательно, на порядки лучше разрешение. Но все эти методы не сочетаются с живыми системами. Исследования вынужденно должны проводиться при очень низких давлениях, практически в вакууме, под мощными потоками излучения, убивающего всё живое. Микроскопия ближнего поля и атомно-силовая микроскопия тоже дают разрешения, перекрывающие нанодиапазон, но скорость формирования их изображения настолько низкая, что динамика и кинетика молекулярных процессов, происходящих в живых клетках, оставалась за гранью видимого. И многие уже смирились с тем, что мы никогда не увидим, как, скажем, распространяется сигнал внутри нервной клетки или по каким нитям расходятся хромосомы по разные стороны клетки перед её делением. Многие, но не все. Будущий лауреат Нобелевской премии Штефан Хель, ещё будучи студентом Университета в Гайдельберге, никак не мог свыкнуться с мыслью, что изучаемые и совершенствуе-

мые им конфокальные микроскопы несмотря на очевидные преимущества по сравнению с обычными флуоресцентными микроскопами, обречены по разрешению топтаться возле предела Аббе, не в силах его преодолеть. Но не будем забегать вперёд. Сначала нужно понять, что же такое конфокальный микроскоп и в чём его преимущества.

Несмотря на то, что в настоящее время конфокальные микроскопы применяются и в материаловедении в обычном отраженном свете, изобретался он как усовершенствование флуоресцентного микроскопа для увеличения контраста наблюдения меченых флуорохромами объектов в толстых срезах тканей. Поэтому нам нужно сначала разобраться с явлением люминесценции и понять принцип флуоресцентного микроскопа.

Флуоресценция и флуоресцентный микроскоп

Кроме разрешения важным условием наблюдения картинки под микроскопом является контраст. Это возможность отличить интересующий объект от фона. Хороший контраст, когда предмет и фон имеют разную интенсивность света, разный цвет, разную степень поворота оси поляризованного света в случае поляризационного микроскопа или, наконец, разный коэффициент преломления для объекта и окружающей его среды в случае фазово-контрастного микроскопа. Но когда изучаются процессы в клетках, живущих в питательной среде, или фрагмент ткани, то оптические свойства всех компонентов клеток совпадают со свойствами среды, различить сами клетки и их компоненты чрезвычайно сложно, даже если

разрешение микроскопа это позволяет. Самый эффективный способ поднять контраст – заставить светиться сами компоненты клеток. Для этой цели используются специальные вещества – флуорохромы, способные поглощать световые волны определённой энергии, а испускать свет с другой, меньшей энергией (большей длины волны). При этом падающая на молекулу флуорохрому волна заставляет один из электронов, находящийся на базовом энергетическом уровне, перейти на более высокий энергетический уровень. Потеряв часть энергии на выделение тепла, электрон переходит на нижний возбуждённый уровень, на котором может находиться некоторое короткое время, а затем срывается на основной уровень, испуская при этом фотон света уже меньшей энергии, следовательно, большей длины. В общем случае испускание света возбуждённой молекулой называется люминесценцией. Но в зависимости от времени нахождения электрона на возбуждённом уровне это может быть флуоресценция (если характерное время – фемтосекунды (10–12 сек)) или фосфоресценция (когда электрон «застревает» на более высоком энергетическом уровне существенно дольше). Обычно исследователей интересует первый случай. Флуоресцентный микроскоп оснащается источником света со спектром, сдвинутым в фиолетовую и ультрафиолетовую область. Помимо этого, в него встроены дихроические зеркала, которые отражают свет меньшей или равной длины волны, нежели нужно для возбуждения флуорохрому, но пропускают свет с большей длиной волны. Ещё одна необходимая деталь –

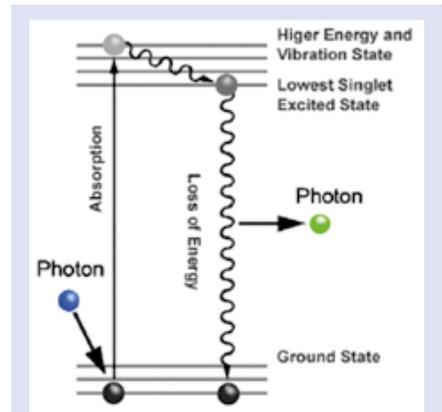
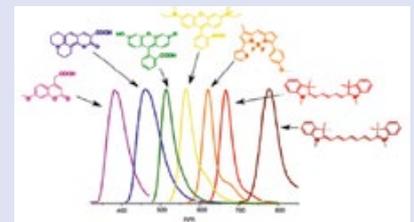
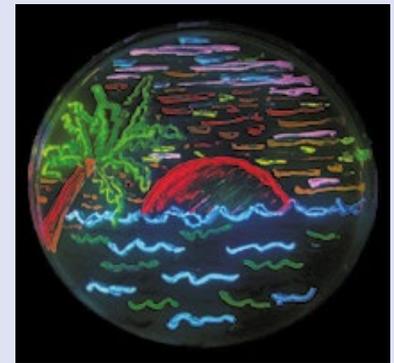


Диаграмма Яблонского показывающая принцип взаимодействия света и электронов флуорохрому.



Спектры испускания флуоресцентных красителей различного химического строения



Пример шуточного использования флуоресцентных белков. В геном бактерий внесены изменения, чтобы бактерии наряду с привычными им белками вырабатывали и флуоресцентные белки разного цвета. Затем этими модифицированными бактериями заселили субстрат на чашке Петри и после того как колонии бактерий разрослись, осветили ультрафиолетом. Получилась такая светящаяся картина.

два узкополосных фильтра, один из которых формирует возбуждающий поток волн нужной энергии, а другой – отсекает все длины волн, кроме

испускаемых флуорохромом. В том числе – что важно! – отсекается и сам возбуждающий свет, который частично отражается объектом и сильно уменьшил бы контраст.

Поскольку фотовыход большинства флуорохромов небольшой, такой источник должен быть гораздо ярче, чем лампа обычного микроскопа. Первоначально использовали ксеноновые газоразрядные лампы, спектр которых лучше всего соответствует спектру солнечного света, или ртутные лампы сверхвысокого давления, обладающие линейчатым спектром. Но наиболее яркие линии как раз находятся в области ближнего ультрафиолета, голубого и зелёного света, которые возбуждают наиболее популярные флуорохромы для биологии.

В самых современных микроскопах источниками возбуждающего света становятся сверхъяркие светодиоды определённой длины волны, что позволяет избавиться от возбуждающего фильтра.

К огромному сожалению, в природе не так часто встречаются объекты, которые сами флуоресцируют. Исследователю необходимо окрасить интересующий объект флуоресцентными красителями, прежде чем помещать препарат под флуоресцентный микроскоп. В настоящее время арсенал флуорохромов или флуоресцентных меток у исследователей очень широкий, но процесс окрашивания часто убивает живую клетку. Открытие зелёного флуоресцентного белка (GFP) из медузы, отмеченное присуждением Нобелевской премией в 2008 году, а вслед за этим и флуоресцентных белков других цветов, в корне изменило ситуацию.

Теперь можно с помощью генной инженерии получать флуоресцентные белки, в которых «светящаяся» часть сцеплена с исследуемым белком организма. Причём вырабатывать такие белки изучаемый организм будет сам! Поэтому следить за молекулярными процессами, происходящими в клетках с этим белком в организме, отныне можно, практически не вторгаясь в жизнь самого биологического объекта.

Следующим шагом, приведшим уже к появлению сверхразрешения, явилось биоинженерное переключаемых белков. Облучение одной длиной волны заставляет такой белок светиться, как флуоресцентный, а облучение другой длиной волны выключает флуоресценцию или переключает её на испускание волн уже другого цвета. Именно за открытие таких белков был отмечен Нобелевским комитетом американский физик Эрик Бетциг. А его соотечественник физик Уильям Мёрнер придумал, как использовать такие экзотические метки для создания стохастического сверхразрешающего микроскопа.

Как мы уже писали, математически обработав PSF отдельной точки, можно с большой точностью определить её место положения, другое дело, что если две или несколько молекул находятся на расстоянии меньше предела разрешения микроскопа, то определить их место положения по слившемуся в одно световое пятно изображению уже нереально. Но если заставить светиться молекулы по очереди, то определить место положения каждой можно опять же с большой точностью, а сложив информацию о положении каждой точки, получить

сверхразрешённую картинку. Осталась проблема, как заставить светиться молекулы в разное время. Вот тут и помогли переключаемые белки. Если мы осветим образец светом с длиной волны, включающей флуоресценцию переключаемых белков, но интенсивностью настолько слабой, что начнёт светиться всего несколько процентов (или даже <1 %) таких молекул, то вероятность того, что засветятся рядом стоящие молекулы, уже будет ничтожно мала. Фотографируем полученное изображение, по нему вычисляем точное месторасположение каждой светящейся молекулы, а затем мощным импульсом, обладающим той длиной волны, которая способна выключать флуоресценцию, приводим систему в исходное состояние. Через мгновение можно проводить процесс получения изображения сначала. Поскольку следующий слабый переключательный сигнал по теории вероятности включит уже другую группу молекул, то, повторяя процесс много тысяч раз, мы можем добиться, чтобы практически каждая молекула переключаемого белка была зафиксирована и отображена на итоговой суммарной картинке. Такой способ получения сверхвысокого разрешения называется одномолекулярным (Single Molecular Microscopy), или стохастическим, поскольку основан на теории вероятностей. Его недостаток только лишь в том, что для большей точности получения изображений необходимо делать огромное количество снимков, что требует продолжительного времени. Поэтому фотографировать динамические процессы в такой микроскоп практически невозможно.

Продолжение следует

С. А. Засыпкин

Ледяная физика

Мы помним, что существует в физике такая температура, как «абсолютный ноль». Т. е. $-273,15\text{ }^\circ\text{C}$. Впрочем, существует-то он только в учебниках по физике: в природе (включая самые далёкие и холодные уголки Вселенной) его нигде и никогда не бывает – самый адский холод открытого Космоса хоть немножко, но теплее абсолютного ноля. Перед нами – классический пример научной абстракции. Однако к недостижаемому абсолютному нолю можно продвигаться всё ближе и ближе – «асимптотически стремиться», как сказали бы математики. Попадая в область столь низких температур, физики видят перед собой совершенно новый мир – поэтому «область ноля по шкале Кельвина» (или попросту 0 K) так манит исследователей.

Электромагнетизм + оптика = АМО

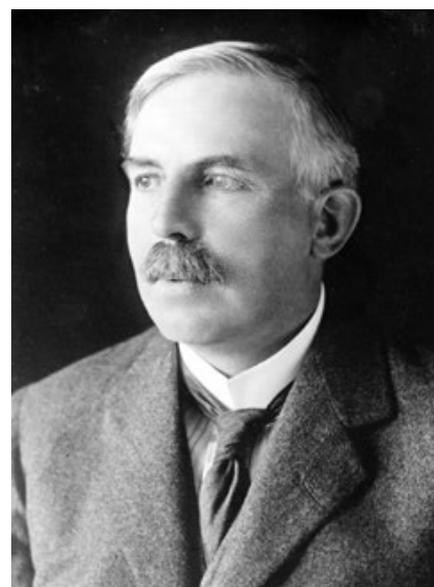
Есть в физике раздел, который сокращённо называется АМО (Атомная, Молекулярная и Оптическая физика). Используя оптику, а также манипуляции над отдельными атомами при помощи электромагнитных полей, удаётся исследовать взаимодействия, которые и создают то, что мы называем словом «материя». Именно АМО является в современной физике теми «воротами», через которые можно попасть в царство сверхнизких температур.

Со школы все более-менее помнят, что такое электрическое и магнитное поля. Есть ещё и оптическое поле – его

создают лазеры, выпускающие узкие лучи монохроматического света. Из названия «монохроматический» (т. е. одноцветный) нетрудно догадаться, что речь идёт о свете со строго определённой длиной волны: ведь именно длины волн (в пределах видимого диапазона) воспринимаются нами как цвета.

Именно использование лазеров совместно с магнитными полями и помогает шаг за шагом продвигаться к заведомо недостижимому абсолютному нолю, получая такие невероятные температуры, как милли- ($0,001$), микро- ($0,000\ 001$) и даже нано- ($0,000\ 000\ 001$) кельвин. Всё это стало возможным благодаря более полному – теоретическому! – пониманию структуры атома.

До XX века человечество не знало об атомах практически ничего. Зато в начале прошлого века обрушился буквально шквал всё новых и новых сведений про атомы. Первоначальный этап этого взрывного прироста знания о материи связан с именами Томпсона, Резерфорда и Бора. Именно ими был впервые поставлен парадоксальный на тот момент вопрос о **внутренней структуре** «неделимого» атома. Иными словами, они



Эрнест Резерфорд

поняли, что «первоначальный строительный блок вещества» и сам, в свою очередь, состоит из каких-то ещё более «первоначальных» маленьких частиц.

Знаменитый эксперимент Резерфорда, в котором он «обстреливал» разогнанными электронами лист тонкой фольги, привёл к ещё более ошеломляющему выводу: оказалось, что материя, «твердь» состоит почти целиком... из пустоты. Поражённый сделанным открытием Резерфорд тогда же, в 1911 году, предложил сравнивать внутреннее устройство атома с Солнечной системой: в его описании атом состоял из Солнца-ядра и вращающихся вокруг него элек-



Нильс Бор

тронов-планет. Однако очень скоро выяснилось, что суть дела ещё более невероятна: **исследователи забрели в такую область, где попросту не существует ничего похожего на наш «большой» видимый мир** – все сравнения с чем-либо уже знакомым хромали на обе ноги...

«Энергия квантуется... потому, что она квантуется»

Однако на первоначальном этапе резерфордская «планетарная модель» оказалась хорошим подспорьем для понимания устройства атомов. Итак, в центре находится ядро (состоящее, как мы знаем, из протонов и нейтронов), которое в 100 000 раз меньше размера самого атома – попросту тяжёлая точка среди невесомой пустоты... Вокруг него «вращаются» электроны. Появился даже термин «орбита электрона», взятый из астрономии. Однако как электрон «знает» то расстояние, на котором он должен «вращаться» вокруг ядра? Уже в 1913 году Нильс Бор выдвинул гипотезу, по которой каждый электрон может находиться только на строго определённом расстоянии от ядра – расстояние это определяется тем запасом энергии, которой электрон обладает. По принципу «чем больше [энергии], тем дальше [от ядра]». Поэтому пришлось «орбиты» срочно переименовать в «**энергетические уровни**».

Эти энергетические уровни оказались похожи на ступеньки: и вверх, и вниз можно шагать или прыгать только через определённое число ступенек: подняться на «1/2 ступеньки» невозможно. Расстояние на обычной лестнице между ступеньками мы меряем в санти-

метрах – а «расстояния» между разными уровнями электрона измеряется в **квантах** энергии. Чтобы перепрыгнуть на ступеньку вверх, электрон должен получить порцию энергии, равную одному кванту. Спускается на 2 уровня вниз – 2 кванта долой.

Получив энергию в виде, например, тепла, электрон может отдать её в виде света. Это явление знакомо каждому, кто накалял в огне кусок металла: нагревшись, металл начинает светиться. Этот свет и есть энергия электронов, которую они испускают в виде «частиц света» – фотонов. Сами же электроны при этом возвращаются «домой», на обычный для них уровень энергии.

Закон природы, повелевающий электронам получать и отдавать энергию только в виде строго отмеренных порций-квантов (сама энергия при этом делится на части – «квантуется»), действует, разумеется, не только в раскалённом металле. Именно это свойство энергии управляет рождением и смертью звёзд, заставляло появляться новые галактики в молодой когда-то Вселенной. **Непостижимо огромные по масштабу события происходят из-за того, что непостижимо маленькие электроны «прыгают» с одного уровня на другой и обратно...**

Свобода имеет степени

Из тепловой теории мы знаем, что тепло – это движение отдельных частиц, атомов и молекул. Чем горячее – тем быстрее и яростней мечутся из стороны в сторону молекулы газа или жидкости. Тем чаще и с большей амплитудой дрожат, стоя на месте, атомы в твёрдом теле. Даже связан-

ные в сложные фигуры атомы, находящиеся в узлах кристаллической решётки, – и те ухитряются активно двигаться, стоя на одном месте. (Когда при повышении температуры движение атомов внутри кристалла становится уж слишком резвым – связи между ними, всё же, разрываются. Кристалл плавится и превращается в жидкость.) Говоря про тепло, нам придётся пользоваться таким термином, как **степени свободы** атома или молекулы. Что это такое?

Если коротко и строго, то степень свободы – это возможность какого-либо движения. Описывая поведение частиц материи, очень удобно измерять количество их степеней свободы. У отдельного атома, если мы представим себе его в виде твёрдого шарика, существует 3 степени свободы – по числу направлений движения в 3-мерном пространстве. (Вообще-то атом-шарик может и вращаться вокруг оси, но его вращение измерению не поддается. Поэтому движение вращения не считают за ещё одну степень свободы.) У молекулы из 2 атомов степеней свободы уже больше: она так же точно может двигаться в любую сторону, но молекула может ещё и вращаться – это же не атом-шарик! И вращается она двумя разными способами: «туда» и «обратно» – это уже 2 дополнительные степени свободы.

А составляющие данную молекулу два атома могут вибрировать, изменяя длину химической связи между ними. Поэтому даже у такой простейшей молекулы степеней свободы будет больше, чем у отдельного атома: не 3, а целых 6. Легко сообразить, что степе-

ней свободы у молекулы будет тем больше, чем молекула сложнее, чем больше атомов её образует.

Но если мы знаем, что тепло – это движение, а движение измеряется степенями свободы, то вывод один: **чтобы охладить атомы или молекулы (лишить их тепла), нужно сковать их движение (лишить их свободы).**

Чтобы поймать атом, нужна «атомоловка»

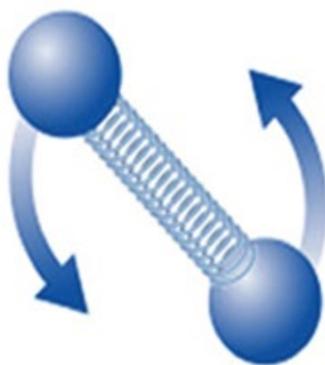
Взаимодействие света с материей может происходить при самых разных температурах – и при сверхвысоких (как это и было в самом начале Вселенной – после Большого Взрыва), и в районе абсолютного нуля. Последнее и является предметом исследования физики сверхнизких температур.

Учёным-экспериментаторам бывает необходимо «поймать» отдельные атомы. Ведь мы теперь уже знаем, что обездвигить частицу, лишить её обычных степеней свободы – это и значит охладить её! «Поймав» частицы в специальные ловушки, удаётся получить немислимо низкие температуры в одну миллионную (!) долю градуса по шкале Кельвина.

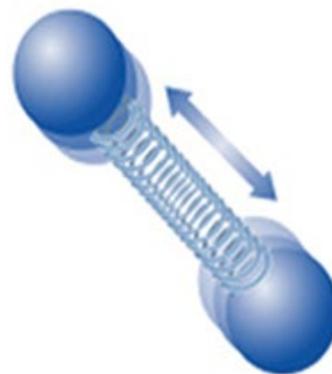
Простейшая ловушка для атомов состоит из одного-единственного... лазерного луча. Частицы попадают в неё, устремляясь на тот короткий участок, где луч лазера обладает наибольшей интенсивностью – подобно тому, как шар скатывается в яму.

Ловушка, которой пользуются у нас – в Институте Наук имени Вейцмана, – является оптико-магнитной. Её основу составляют 3 пересекающихся в пространстве лазерных луча и 2 проволочных кольца

Вращение



Вибрация



Степени свободы внутри молекулы из 2-х атомов

с электрическим током, которые создают «V-образное» магнитное поле (в трёхмерном пространстве оно выглядит, как воронка). В этом устройстве лазерные лучи служат для того, чтобы резко снизить среднюю температуру частиц (метод так называемого лазерного охлаждения), а магнитное поле оказывается той «ямой», из которой холодные атомы выбраться уже не могут.

Для подобной «охоты на атомы» в нашей лаборатории используются очень сильно охлаждённые частицы (как атомы, так иногда и целые молекулы). Охлаждённые частицы можно получать, например, методом сверхзвукового расширения газов, когда газ из области высокого давления выпускают в вакуум через маленькое отверстие за очень короткий отрезок времени (составляющий доли секунды). Так получают охлаждённые «частицы-полуфабрикаты», имеющие температуру около 0,5 К. Однако они ещё способны двигаться поступательно, т. е. долетать до самой ловушки. И скорость их при этом далеко не низкая – сотни метров в секунду! Оказавшись в ловушке-атомоловке,

они замедляются так, что, в конце концов, почти теряют и эту единственную оставшуюся степень свободы.

Т. е. происходит их окончательное охлаждение. Сама ловушка при этом состоит не из одной-единственной комбинации «лазерные лучи + магнитные кольца», а из многих сразу: ведь ловить предстоит не единственную молекулу, а целое «облако» холодного газа. Сложнейшая электроника заставляет все «штучные» ловушки двигаться, как одно целое.

Таким образом, и атомами, и молекулами можно управлять при помощи оптических и магнитных полей. Можно заставлять их перемещаться с места на место, реагировать друг с другом и вовсе лишать их всякой свободы движения. В 1995 году в опытах по охлаждению атомов рубидия до немислимой температуры в 170 нанокельвин (т. е. 170 миллиардных долей градуса) был получен даже... новый вид материи, так называемый конденсат Бозе-Эйнштейна (названный именами физиков-теоретиков, предсказавших возможность такой материи ещё в начале XX века. Впоследствии полу-

чение загадочного конденсата стало более-менее обычным делом в разных лабораториях мира, когда для экспериментов использовали атомы. Однако воспроизвести эту же температуру с молекулами пока не удавалось никому – вы ведь помните, что у молекул гораздо больше степеней свободы и «обуздать» их гораздо труднее?!

Тем не менее, получение сверх-холодных молекул остаётся заманчивой целью многих исследователей. Наша лаборатория тоже работает в данном направлении. И правда, суперхолодные молекулы были бы исключительно полезным инструментом для самых разных направлений науки. Например, для химиков, помогая им лучше понять механизмы химических реакций. Все, наверное, помнят из учебников по химии, что скорость химических реакций замедляется при снижении температуры? Да, это так, но... не совсем так. Т. е. снижается она до тех пор, пока температура реакционной смеси не достигнет значений ниже

10 К – состояния, близкого к космическому холоду.

Но стоит достичь этого рубежа, как случаются странные вещи: внезапно скорость химической реакции резко возрастает! Объясняется это тем, что при столь низких температурах химические реакции подчинены уже не привычным законам термодинамики, а квантовым эффектам атомов и молекул – происходит так называемый квантовый резонанс.

Более того, при сверхнизких температурах число степеней свободы молекулы снижается до минимума. При таких условиях было бы удобно изучить природу движения атомов в «заторможенной» молекуле, изучить многие свойства разных энергетических состояний вещества – этим занимается физическая наука спектроскопия.

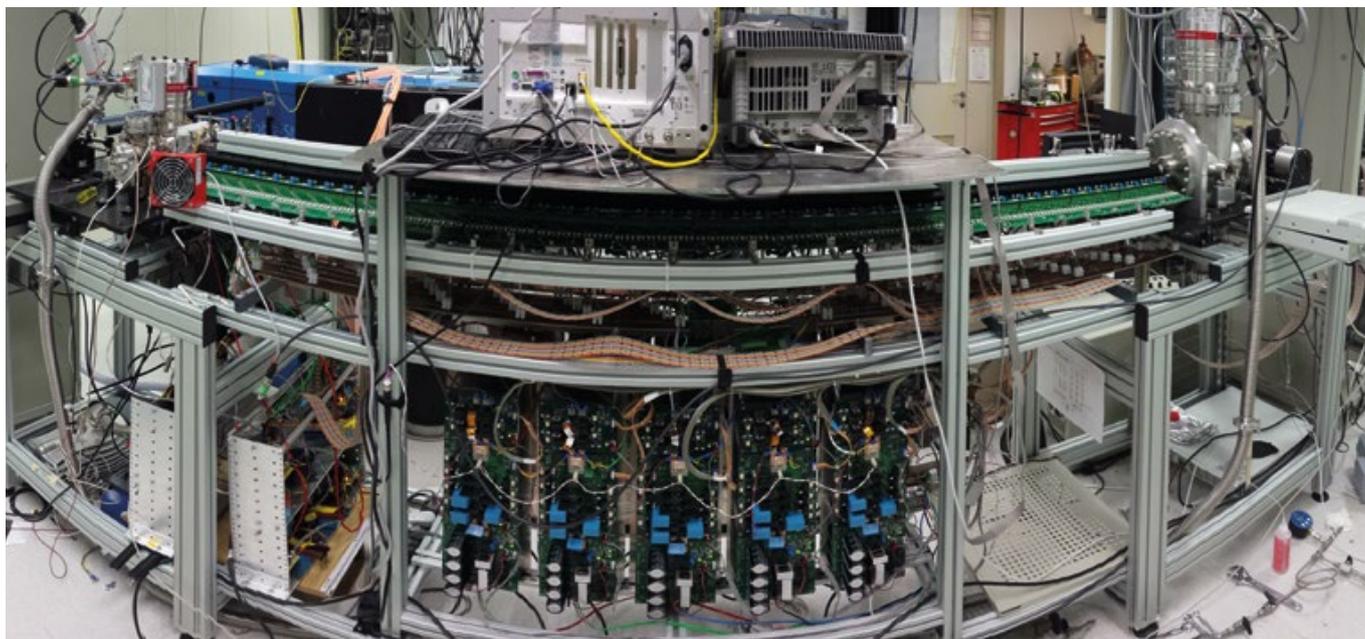
Более глубокое понимание природы «холодных молекул» приблизило бы науку к созданию «квантового компьютера», который был описан советским физиком Ю.И. Ма-

ниним ещё в 1980 году, – такой компьютер мог бы работать в миллион раз быстрее обычных.

В настоящий момент исследования сверхнизких температур ещё не достигли того уровня, когда знание конвертируется во что-либо «съедобное». Но ведь это обычный путь всяких фундаментальных исследований: практические применения им обязательно находятся, но не сразу. Упоминаемые в данной статье исследователи атома начала XX века тоже не могли представить себе, что в будущем их открытия станут основой для всей современной электроники, космонавтики и атомной энергетики! Кроме того, исследования «несъедобного», бескорыстное стремление понять всё то, что на высокочастотном языке можно назвать «тайнами материи», тоже ведь имеет свою прелесть – не так ли?

М. В. Карпов

*Институт наук
имени Вейцмана, Израиль*



Экспериментальная установка в Институте наук им. Вейцмана

Алмазы – окно в мантию Земли

Зачем люди стремятся проникнуть как можно глубже в недра Земли? Дело в том, что процессы, происходящие там, глубоко, оказывают самое непосредственное влияние на земную кору и поверхность Земли, являются причиной движения континентов, вулканизма, землетрясений, горообразования и образования месторождений полезных ископаемых – словом, они своего рода движущая сила этих процессов, изменяющих сам облик и состав нашей планеты. Непосредственно проникнуть вглубь мы можем пока только этим способом. Изучение земных недр посредством бурения ограничено 15 км, ниже этого уровня не выдерживает буровой раствор, действующий как движущая среда для забойных двигателей, хладагент и транспортирующая среда для керна (цилиндрический каменный столб горной

породы, выбуриваемый в результате разрушения забоя скважины и выносимый на поверхность промывочной жидкостью или сжатым воздухом).

А самая глубокая скважина пробурена у нас в России, на Кольском полуострове, бурили ее с 1970-го по 1990-й, то есть в течение 20 лет, и достигли уровня 12 262 метров. Но даже такую глубину относительно размера всей нашей планеты можно сравнить с комариным укусом. Важнейшей целью большинства проектов по глубокому бурению, запущенных во второй половине XX века, являлся таинственный слой Земли под названием «**мантия**».

Мантия — часть Земли (геосфера), расположенная непосредственно под корой и выше ядра. В мантии находится большая часть вещества Земли (68 % массы всей Земли). Она имеет

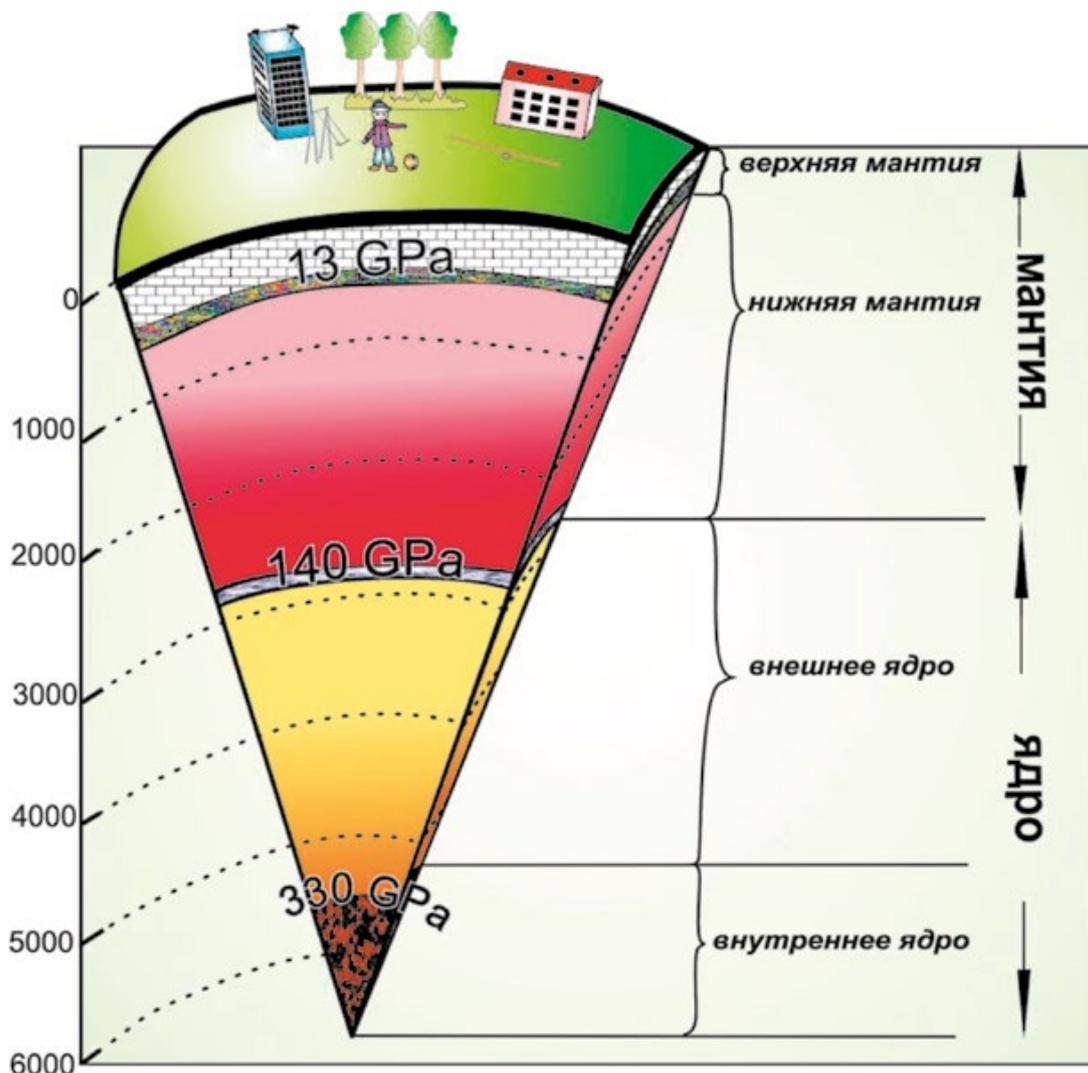


Рис. 1 Внутреннее строение Земли. Схема глубинного давления Земли. ГПа – единицы давления (Гига Паскали)

массу приблизительно $4,08 \times 10^{21}$ тонны. Достичь мантии бурением так и не удалось. Тем не менее, с помощью скважин геологи получили драгоценную информацию о вещественном составе горных пород верхнего слоя Земли, земной коры и физическом их состоянии, выяснили особенности проявления геологических процессов, включая процессы образования руд, добыли новые данные о тепловом режиме недр, глубинных водных растворах и газах и много еще полезных данных.

Как мы получили знания о мантии, если не видели и не трогали ее? Благодаря применению *косвенных методов исследования мантии*. Целый спектр свойств Земли может быть изучен напрямую с использованием умных приборов и различных методов исследования, которые разработаны учеными из различных областей наук о Земле. И только «дружба» этих наук и комбинация научных методов позволяют делать правильные выводы относительно строения и состава Земли в целом и земной мантии в частности.

Так астрономы давно наблюдают за другими планетами в обсерватории, изучают физическую природу небесных тел, их влияние на Землю, астрономия изучает во Вселенной вещество в таких состояниях и масштабах, которые неосуществимы в физических лабораториях. Согласно современным теориям происхождения Солнечной системы первичная Земля имела состав хондритов (рис. 2). Хондритами называются самые распространенные метеориты, падающие на Землю.

Называются они так потому, что содержат хондры — круглые или овальные образования не более 1 мм в диаметре, состоящие в основном из силикатных минералов. Читатели наверняка слышали о метеорите, упавшем примерно 3 года назад в Челябинской области. Он относится к метеоритам такого рода. Считается, что хондриты образовались напрямую из протопланетного облака, окружавшего тогда и окружающего сейчас Солнце, посредством конденсации вещества и слипания пыли. Теоретически мы можем подсчитать химический состав земной мантии, как делают это космохимики (космохимия — наука о химическом составе космических тел). Для этого нужно из состава хондрита, который мы знаем по метеоритам, вычесть состав металлического ядра, известный по результатам геофизических исследований, и коры, известный по результатам глубокого и



Рис. 2. Обычный хондрит

сверхглубокого бурения. Согласно современным взглядам в составе мантии преобладает сравнительно небольшая группа химических элементов: Si, Mg, Fe, Al, Ca и O.

Слово ГЕОФИЗИКА говорит само за себя: это физика Земли, комплекс наук, исследующих строение Земли физическими методами. Геологи в сотрудничестве с физиками разработали геофизические методы исследования недр. Эти методы используются для изучения внутреннего строения Земли в целом и ее структуры на разных глубинах. Следует отметить, что на основе результатов геофизических исследований установлено: Земля состоит из ядра, мантии и земной коры (рис. 1). Огромную роль в изучении земных недр сыграло использование цифровых сейсмографов, специальных приборов, которые фиксируют сейсмические волны — энергию Земли и ее колебания, которые распространяются в направлении от очага взрыва вулкана или землетрясения. По данным об изменениях скоростей таких волн от очагов искусственно создаваемых взрывов была составлена трехмерная схема строения мантии (верхняя мантия, переходная зона и нижняя мантия), в каждом слое скорость распространения волн различна. В арсенале геофизиков множество специальных инструментов и приборов: геодезические, гидрографические, океанографические, гидрологические, метеорологические или геофизические. С их помощью проводятся необходимые измерения магнитных, электрических и гравитационных полей. Их нельзя почувствовать, но можно измерить специальными приборами. По результатам измерений они составляют карты структуры земной коры, рельефа дна океана, определяют толщину ледниковых покровов, а также состав и происхождение горных пород.

ГЕОДЕЗИЯ (от греческого «гео» – Земля и «дайо» – разделяю) исследует главным образом форму Земли. В грубом приближении форма Земли представляет собой шар, слегка сплюснутый на полюсах. Как известно, Земля – геологически активная планета. Слои, образующие Землю, имеют разную плотность и постоянно подвергаются геологическим процессам, тектонические движения пластов, смещение континентов, такие явления, как приливы и отливы, атмосферные явления, которые происходят в гидросфере и атмосфере, – все эти явления и плюс к этому вмешательство человека вызывают изменения на некоторых участках земной поверхности. Это порождает постоянные изменения в форме Земли. Геодезия буквально «разделяет землю» на части, определяет её размеры и форму с высокой степенью точности. А задача эта непростая, так как на каждой широте и долготе кривизна поверхности планеты различна. И без усталости шагают по миру геодезисты со своими теодолитами, проверяя и перепроверяя уже измеренные просторы, внося все новые штрихи в бумажное отображение современной картины мира. Для полного представления и отображения формы наземная геодезическая съёмка сочетается с изучением орбит искусственных спутников Земли. Огромные изолированные блоки земной коры – литосферные плиты – постоянно движутся в горизонтальном направлении, сближаются и отдаляются друг от друга. Благодаря перемещению литосферных плит форма Земли тоже меняется – эти изменения фиксируют с использованием данных Системы глобального определения местоположения (GPS). Для определения положения любой точки земной поверхности используют три координаты: широту и долготу (указывают положение объекта на земной поверхности), высоту над нулевым уровнем – уровнем моря (определяет действительное положение объекта в трехмерном пространстве). Точные измерения земной поверхности, перенесение её на карты и планы в масштабе – это и есть основная задача геодезии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ проводят в оборудованной лаборатории с помощью специальных аппаратов и приборов, способных воссоздать условия недр – давление, температуру, химический состав, условия, в которых, по предположениям, образуются те или иные минералы и горные породы. Эксперимент тщательно планируется исследователями, со-

ставляются задачи, основанные на природных и/или экспериментальных данных. Для так называемых закалочных экспериментов берется какое-то стартовое вещество, состав которого определен исходя из теоретических умозаключений и зависит от целей самого эксперимента. Затем по специально разработанной методологии его подвергают предполагаемой температуре и давлению с помощью экспериментальной аппаратуры. Параметры удерживают какое-то время – время выдержки. После эксперимента из установки извлекают образец, который представляет собой исследуемую систему, застывшую в тот момент, когда она достигла заданных параметров. Далее ученые с помощью различных аналитических методов и приборов исследуют закаленные продукты опытов. Современная аппаратура позволяет даже проводить эксперименты и изучать превращения вещества в режиме реального времени, визуально контролировать процесс превращений, изменяя параметры и проводя параллельно исследования свойств образующихся фаз. Экспериментальное моделирование придумано, чтобы ответить на спорные вопросы геологов, например, уточнить происхождение какой-либо породы. Так, относительно происхождения всем известного гранита в середине XX века две школы геологов, изучавшие эти породы, вели жаркие споры. «Магматисты» считали, что все граниты произошли из магматического расплава, который зародился в глубинах земной коры. Их противники, «трансформисты», считали, что граниты могут образовываться (трансформироваться) и без расплавления. Эксперименты, проведенные с системой, моделирующей состав гранита, уверенно доказывали правоту первого лагеря.

Примером экспериментального моделирования в режиме реального времени (*in situ* экспериментов) могут послужить эксперименты с применением кристаллов алмаза в качестве аппарата для создания высоких давлений. Они помогают нам «заглянуть» в мантию в лабораторных условиях, благодаря своей исключительной твердости и прозрачности в широкой области спектра. Для экспериментального моделирования глубинных условий учёные создали высокие давления с помощью конических наковален из кристаллов алмаза, моделируя тем самым высокие давления мантии.

Установки с прозрачными наковальнями из алмазов (рис. 3), обеспечивающие давления до

200 ГПа и температуры до 3 000 К, легко поместятся на вашей ладони и столике микроскопа. А давление создается легким поворотом винтов установки шестигранным ключиком. Очень маленький образец (10^{-11} – 10^{-14} м³) сжимается между двумя прозрачными и специально ограниченными кристалликами алмаза. Лазерный луч, направленный сквозь алмазное «окошко» на образец, нагревает его до заданной температуры. Одновременно возможно наблюдать в микроскопе за превращениями сквозь прозрачные алмазные кристаллы, а также проводить аналитическое изучение происходящих реакций благодаря применению различных видов спектроскопии (определение характеристик вещества по свойствам его спектров).

МИНЕРАЛОГИЯ. Есть геологические процессы, которые выносят на поверхность Земли материал с глубин. Например, породы в горных хребтах могли быть образованы на глубине порядка 100 км и более, а затем подняты при горообразовании. Образцы из мантии могли быть вынесены кимберлитовой магмой к поверхности. Название «кимберлиты» эти горные породы получили от названия городка Кимберли в ЮАР. В конце 60-х годов XIX века здесь были найдены алмазы в коренных отложениях современного города Кимберли, получивших названия кимберлитов. Главный объект алмазодобычи в районе Кимберли – «Большая дыра» («Big Hole») – был вырыт практически вручную

нахлынувшими сюда старателями, численность которых достигла 50 тыс. человек к концу XIX века. Такими породами заполнены редкие воронкообразные полости в земной коре, называемые также кимберлитовыми трубками, или трубками взрыва. Кимберлиты вскрываются процессами эрозии, естественным разрушением горных пород и почв поверхностными водными потоками и ветром. Прежде чем стать кимберлитом, глубинный магматический расплав проходит, точнее, проплывает долгий путь из недр к поверхности. Вместе с алмазами кимберлитовая магма приносит образцы глубинных горных пород, из которых состоит земная мантия. Геологи называют такие образцы кимберлитовыми включениями и оказывают им исключительное внимание, так как эти породы доставлены на поверхность с глубины в несколько сот километров. Кимберлитовые магмы выносят на поверхность обломки глубинных пород, слагающих земные недра, недоступные для прямых наблюдений, которые называются мантийными ксенолитами. Ксенолитом (от греческого «ксенос» – чужой и «литос» – камень) называется кусок горной породы, который не связан своим происхождением с магматической массой, в которой он найден.

Ксенолиты не образуются из магмы, а захватываются магмой при ее подъеме к поверхности. Это может быть единичный кристалл или огромная глыба. Ксенолиты могут представлять собой блоки отложений нижних отделов земной коры, располагавшихся близко к поверхности, или, что особенно важно, обломки пород мантии. Алмазоносные ксенолиты (рис. 4) представляют особую ценность, поскольку позволяют исследователям определить характеристики мантийных пород, такие как: химический состав, температурный интервал, давление, присутствие флюида и другие параметры. Большинство включений в кимберлитах состоит из горной породы – перидотита, образованного двумя минералами – оливином и пироксеном. Это говорит в пользу предположения ученых о том, что земная мантия состоит в основном из перидотита. Мантийные образцы могли сохраниться также в виде включений в природных алмазах (рис. 5) – самом устойчивом к различного рода воздействиям материале.

Алмазы занимают среди источников информации о мантии особое место. Большинство алмазов происходят с глубин 150–200 км в верхней мантии, но установлены минеральные

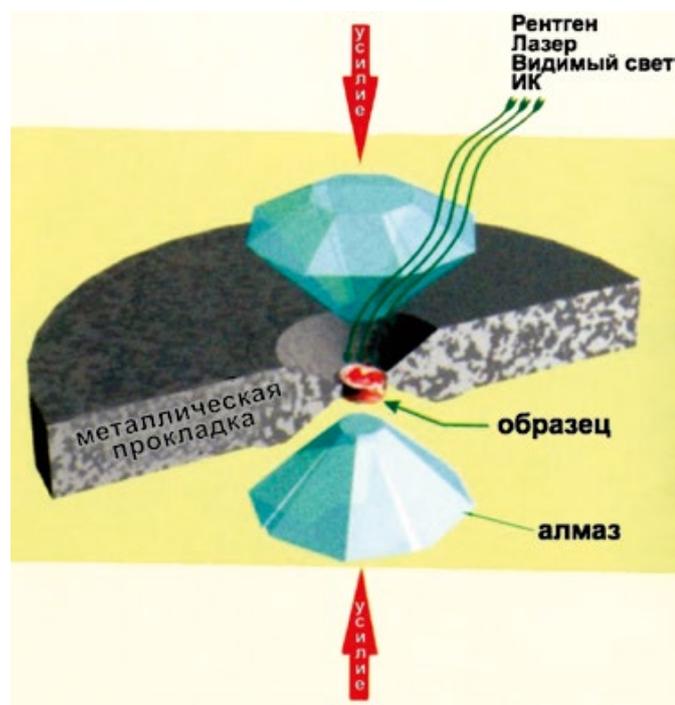


Рис. 3. Схематический разрез алмазных наковален для создания высоких давлений в эксперименте

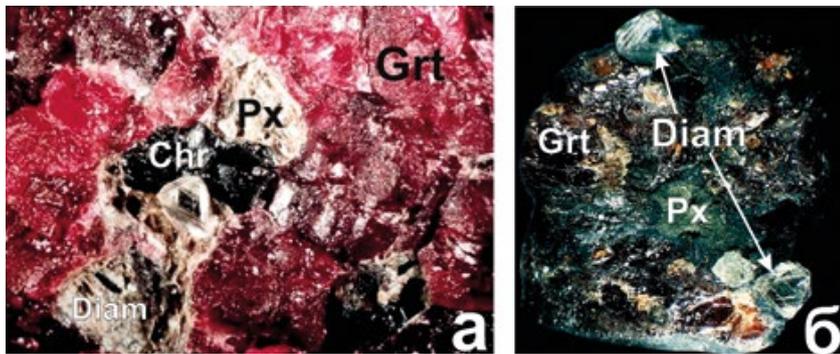


Рис. 4. Глубинные алмазоносные ксенолиты:
 а) гарцбургит (фото: A. Menzies);
 б) эклогит (фото: Gurney). Diam – алмаз,
 Chr – хромит, Px – пироксен, Grt – гранат;

включения в алмазах, относящиеся к глубинам переходной зоны (410–660 км).

Состав первичных (захваченных кристаллами при их росте из расплава) включений должен отражать состав расплава, из которого образовался минерал-хозяин (сам алмаз). Первичные включения в алмазах и минералах, слагающих разные мантийные породы, отличаются большим разнообразием. Это оксиды и силикаты, сульфиды и нитриды, карбонаты и фосфаты, карбиды и самородные металлы, вода (лед) и уголекислота, сам алмаз и графит. Благодаря исследованиям микровключений в алмазах теперь нам известен химический состав среды, обеспечивающий рост природных алмазов. Химические составы таких включений переменны в рамках системы $K_2O-Na_2O-CaO-FeO-MgO-Al_2O_3-Fe_2O_3-TiO_2-SiO_2-P_2O_5-CO_2-H_2O-Cl$.

Из результатов минералогических исследований алмазных включений, алмазоносных ксенолитов, а также лабораторных экспериментов, моделирующих мантийные реакции, автором статьи с коллегами предложена и продолжает развиваться следующая модель происхождения алмазов и сопряженной с ней эволюцией мантийного вещества...



Рис. 5. Включения мантийного вещества в кристаллах алмаза:
 а) сульфида (фото: С. Тальниковой),
 б) граната (Richardson et al., 1984);

Глубоко-глубоко в недрах, где имеют место высокие температуры и давления (40–70 кбар и 1000–1500 °С), существует силикатная мантия. Снизу (с уровня нижней мантии или с границы ядро/мантия – пока непонятно) локально поступает флюид – легкоподвижный расплав с большим количеством газов и обязательно содержащий карбонатный компонент. В результате этого воздействия силикатное вещество верхней мантии в местах поступления флюида производит карбонатно-силикатные расплавы, очень жидкие и подвижные. Образовавшийся расплав, соприкасающийся с твердой силикатной мантией, по идее, растворяет в себе ее минералы, а также углерод. Формируются так называемые резервуары силикат-карбонатных алмазообразующих расплавов во вмещающей мантии. Впоследствии, по мере остывания очагов эти растворенные минералы кристаллизуются из расплава вместе с алмазом. Последней стадией, как мы уже знаем, является вынос алмазов кимберлитовыми магмами, захватывая по пути и мантийные породы, находки которых мы называем ксенолитами. В итоге эти алмазы с включениями или без, а также фрагменты мантийных пород мы находим в виде непримечательных камушков на карьере кимберлитовой трубки. Теперь вы можете себе представить, как алмазы «консервируют» мантийную магму – расплав в очаге, где они зародились и который «принесли» нам практически без изменений, в целостности и сохранности.

Геологи, минералоги, геофизики, астрофизики, химики и физики совместно изучают данные, получаемые от разных приборов и с применением доступных методов, с целью теоретически воссоздать картину строения земных недр и их изменения во времени, начиная от самого образования Земли и до наших дней. Благодаря их работе мы немало знаем сейчас о тех глубинах, которые недоступны непосредственному исследованию. Но как многого еще мы не знаем!

Геологи, минералоги, геофизики, астрофизики, химики и физики совместно изучают данные, получаемые от разных приборов и с применением доступных методов, с целью теоретически воссоздать картину строения земных недр и их изменения во времени, начиная от самого образования Земли и до наших дней. Благодаря их работе мы немало знаем сейчас о тех глубинах, которые недоступны непосредственному исследованию. Но как многого еще мы не знаем!

А. В. Кузюра
 Институт экспериментальной минералогии
 РАН
 Научная станция в Бишкеке (Киргизия)

Чибис изучает грозу

Какими бывают спутники Земли

Изготовление и запуск малых космических аппаратов в последнее десятилетие стали массовыми по разным причинам. С одной стороны, это происходит благодаря огромным достижениям микроэлектроники, информатики, широкому производству элементов космических систем и их доступности. С другой стороны, причины сугубо экономические: это стремительная коммерциализация деятельности людей в космосе и существенное сокращение финансирования космонавтики со стороны государства.

В зависимости от массы (веса) космических аппаратов в настоящее время сложилась классификация:

- а) пико-спутники массой менее 1 кг;
- б) нано-спутники массой от 1 до 10 кг;
- г) микро-спутники массой от 10 до 100 кг;
- д) малые спутники массой от 100 до 500 кг;
- е) спутники массой выше 500 кг.

Отдельный класс составляют орбитальные станции, например Международная космическая станция, масса которых более сотни тонн.

Первый в мире Искусственный Спутник Земли (ИСЗ) массой 83,6 кг, выведенный на орбиту Советским Союзом 04 октября 1957 г. по данной классификации являлся бы микро-спутником.

В представленной классификации особую роль играют микроспутники, поскольку они способны решать важные самостоятельные задачи как фундаментальных (научных), так и прикладных (фотографирование поверхности Земли, погода и др.) космических исследований.

Освоение Космоса – одна из самых важных и благородных задач, стоящих перед людьми, – требует подготовки специалистов. Поэтому хорошо бы эту подготовку начинать уже в средней школе, совершенствуя в последующем знания в вузе и на практической работе. Космонавтика как раз представляет собой одну из редких областей деятельности, где каждый человек способен найти поле для приложения собственных способностей.

«Школьный спутник»? – Да!

Очевидно, что научно-образовательный микро-спутник может быть создан профессионалами, имеющими должные квалификации, опыт и материально-техническую базу. Создание микроспутника – дело непростое, так как



Рис. 1. Общий вид микроспутника «Колибри-2000» общей массой 20,5 кг с комплексом научной аппаратуры (3,8 кг), 4-мя солнечными панелями и гравитационной штангой.

необходимо «вписаться» в жёсткие требования по массе, габаритам, энергопотреблению. Добиться этого можно, если использовать последние достижения технологии, материаловедения и кибернетики.

Научно-образовательный спутник должен быть направлен на решение трёх задач: образовательных, научно-исследовательских и технических. И поэтому требования к такому космическому аппарату высоки.

Его конструкция должна вмещать все системы, устройства и – самое главное! – надёжно защищать научные приборы, проводящие физические измерения на орбите.

Спутник должен «слушаться» людей, управляющих им с Земли: его командная система должна содержать приёмники, принимающие телекоманды из Центра Управления Полётом (ЦУП) и определяющие режимы работы всей «начинки» космического аппарата.

Связь со спутником должна быть двухсторонней! Его телеметрическая система будет передавать на Землю данные научных приборов и других систем, характеризующих техническое состояние аппарата на орбите.

Для работы всех систем спутника необходимо электричество. Поэтому следует обеспечить все системы и устройства электропитанием, а также отладить солнечные батареи (панели), подзаряжающие аккумуляторы.

Обычно приборы не любят работать «вверх ногами». Следовательно, необходима система ориентации и стабилизации (СОС), обеспечивающая правильную ориентацию датчиков

научных приборов (на Землю, по вектору скорости и др.) и направляющая солнечные панели на Солнце.

На «Колибри-2000» использовались раскрывающаяся гравитационная штанга длиной ~ 2 м (устройство для стабилизации спутника в полёте) и демпфирующие (подавляющие колебания) электромагниты. А на «Чибис-М» были установлены 4 гироскопа. Гироскоп – это прибор, прикрепляющийся к какому-то телу и реагирующий на изменения ориентации тела в пространстве. (Именно гироскопами пользуются любители игр на мобильных телефонах, когда игра требует быстрых наклонов телефона в разные стороны и прочих выкрутас.)

Первым в программе явился микроспутник «Колибри-2000» (рис. 1), разработанный и изготовленный в Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН), с участием ведущих организаций космической промышленности.

Проект «Колибри-2000» был совместным Российско-Австралийским проектом, так как в нём участвовали, с одной стороны, группа российских школ (базовая – Физико-техническая школа при Институте атомной энергетики г. Обнинска), а с другой – группа школ Австралии из г. Сиднея: Knox Grammar School и школа для девочек Ravenswood School.

В рамках проекта «Колибри-2000» в Сиднее и Обнинске были развёрнуты Школьные Наземные Пункты приёма Телеметрической информации (ШНПТ) (рис. 2).

При этом школьники сами участвовали в разработке научной программы, концепции конструкции микроспутника и его систем, а потом становились помощниками при практическом осуществлении проекта! Для этого учёные ИКИ РАН и НИИ-ЯФ МГУ проводили специальные занятия со школьниками, как непосредственно в Физико-технической школе г. Обнинска, так и в ИКИ РАН (фото 1). После этого уже в Сиднее состоялся совместный российско-австралийский коллоквиум, где школьники России сделали ряд докладов на английском языке по всем составляющим проекта.

Участие в проекте МС «Колибри-2000» школьников России и Австралии предопределило конкретную научную и учебную задачу – сравнительное описание околоземного космического пространства (ОКП) над территорией Европы, имеющей сильное техногенное воздействие на космическую среду, и над традиционно менее загрязнённой Австралией. Одной из важных задач при этом было изучение в ионосфере Земли (область ОКП на высотах 300–1000 км) процессов, связанных с выбросами с поверхности Солнца плазменных облаков, взаимодействующих с земной магнитосферой (область ОКП, где проявляется магнитное поле Земли) и вызывающих резкие изменения магнитного и электрического поля в ионосфере и на поверхности Земли. Обе эти задачи явились составной частью более общей научной задачи – изучения «космической погоды».

«Звезда по имени Солнце»

Главным объектом, определяющим космическую погоду, так же как и атмосферную, является Солнце. Основные процессы этого воздействия представлены на рис. 3.

Солнце (слева на рис. 3) является постоянным источником широкого спектра излучений, включая видимое, инфракрасное, ультрафиоле-

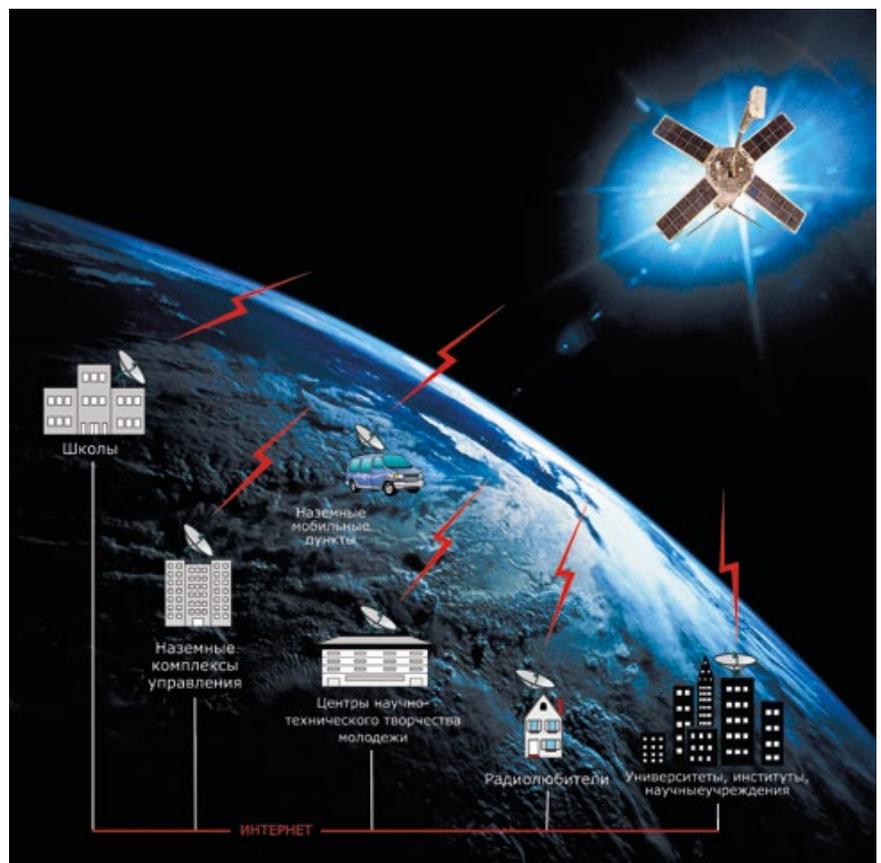


Рис. 2. Схема работы ШНПТ

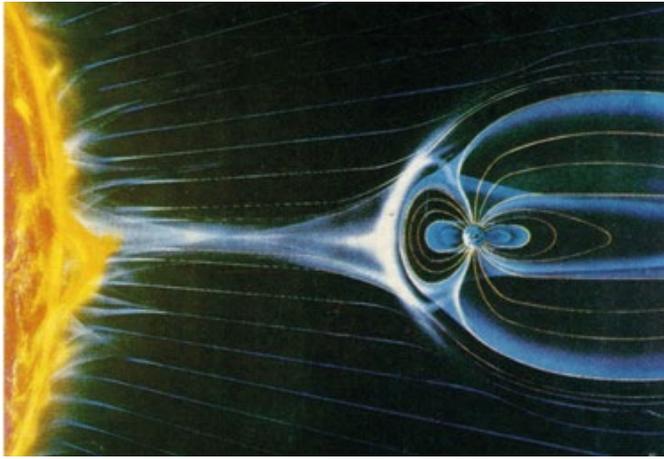


Рис. 3. Схема воздействия Солнца на магнитосферу и ионосферу Земли.

товое; энергичных заряженных частиц; солнечных космических частиц. Из Солнца непрерывно «вытекает» поток плазмы (электроны и ионы с концентрацией ~ 10 частиц/см³), называемый «солнечным ветром», который движется с большой скоростью ~ 500 км/сек. и «обдувает» магнитосферу (справа на рис. 3), прижимая магнитные силовые линии на подсолнечной стороне (до расстояния от Земли ~ 20 тыс. км) и вытягивая силовые линии в «хвост» Земли до миллионов километров.

Изменения скорости и концентрации солнечного ветра вызывают сжатие и расширение

магнитосферы, что на Земле отражается в виде геомагнитных бурь. Изменения магнитного поля генерируют мощные электрические токи в наземных системах (рис. 4), приводящие в ряде случаев к техногенным катастрофам.

Спутники покидают Землю

Несмотря на малые размеры, «Колибри-2000», выведенный на орбиту в марте 2002 года, нес 3,6 кг научной аппаратуры, предназначенной для изучения космической погоды и решения задач космического образования.

Используя практический опыт и основные научно-технические, технологические и организационные решения, реализованные на «Колибри-2000», в ИКИ РАН был создан и в 2012 году выведен на орбиту микроспутник «Чибис-М». Впервые был разработан комплекс измерительной научной аппаратуры для изучения грозовых разрядов и «видящий» практически весь спектр связанных с разрядом электромагнитных излучений, включая гамма-излучения.

И «Колибри-2000», и «Чибис-М» были доставлены на орбиту в инфраструктуре Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС). Орбита «Чибиса-М» была поднята до ~ 500 км, чтобы увеличить срок существования на орбите до ~ 3 лет. Без поднятия

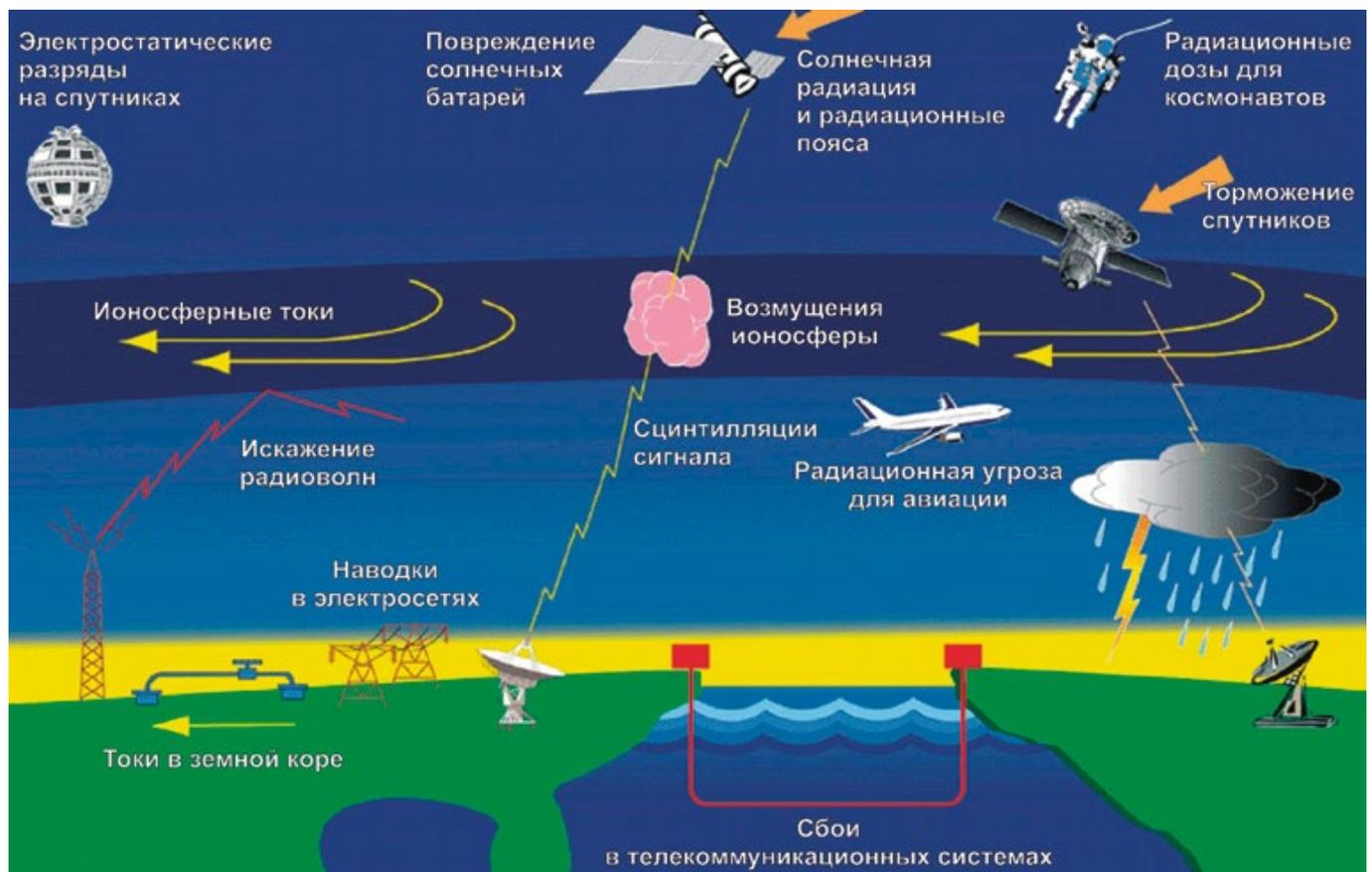


Рис. 4. Схема воздействия космической погоды на ОКП.

орбиты «Колибри-2000» просуществовал только 48 дней, т. к. в это время Солнце было очень активным, и разогретая атмосфера расширилась, увеличивая тем самым силу торможения спутника, – в результате он сгорел. Этим было показано влияние космической погоды на «жизнь» космических аппаратов.

Поднятие орбиты «Чибис-М» обеспечило его активную работу с 25 января 2012-го до входа в атмосферу 15 октября 2014 года. Последняя научная информация с него была получена 14 октября.

Разумеется, для успеха в Космосе потребовалась масса земной работы: ведь нужно было не только изготовить сам микроспутник, но и испытать работу всех приборов и систем на Земле – в условиях, имитирующих полёт в космическом пространстве.

Потребовалось также сконструировать транспортно-пусковой контейнер (ТПК), который бы обеспечил сохранность микроспутника на всех этапах его доставки к «месту работы» – в Космос. А кроме того, надо было во всех подробностях отработать способ вывода микроспутника из ТПК. «Заставив» при этом спутник раскрыть все свои механические устройства в ожидающей его невесомости.

Когда земные хлопоты были завершены, ТПК с упакованным внутри микроспутником был помещён внутри транспортно-грузового корабля (ТГК) «Прогресс» и отправлен в Космос. После чего «Прогресс» благополучно состыковался с РС МКС.

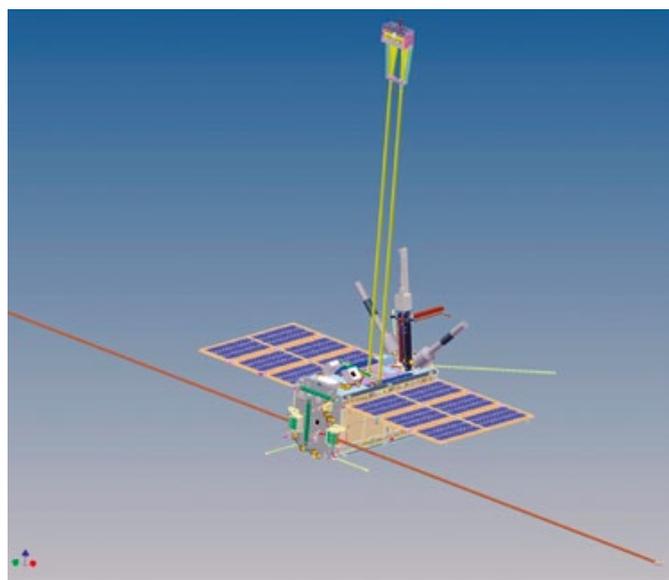


Рис. 5. Общий вид микроспутника «Чибис-М» общей массой 40 кг с комплексом научной аппаратуры с антеннами (10,8 кг), двумя солнечными панелями и гравитационной штангой.

Вслед за этим уже на Международной космической станции контейнер с микроспутником был выгружен работающими там космонавтами и закреплён на стыковочном шпангоуте «Прогресса». Далее ТГК «Прогресс» покинул космическую станцию и поднял свою орбиту до ~500 км.

И вот, наконец, электроника «Прогресса» даёт микро-спутнику прощальную команду. Маленький посланец Земли, в который вложено так много труда и школьников, и взрослых исследователей, раскрывает свои устройства, активизирует системы своих приборов и... уходит в автономный полёт. С этого момента за ним будет пристально следить Центр управления полётом в подмосковном городе Королёве.

Навстречу грозам

Научная программа исследований на микроспутнике «Чибис-М» ориентирована на детальные исследования одного из самых загадочных, несмотря на их высокую частоту проявления и наблюдений, природных явлений – атмосферные грозные разряды. Последние десятилетия принесли серьёзные изменения в наше понимание природы грозных разрядов, что было также связано и с космическими исследованиями.

В 2005 году американский астрофизический спутник наблюдал идущее от Земли достаточно мощное гамма-излучение. Примерно в то же время американские астрономы, фиксирующие гамма-излучение далёкого Космоса, направили свою аппаратуру на Землю. К своему удивлению, они «увидели» потоки гамма-лучей, идущие явно от земных (или околоземных) объектов. Никаких объяснений этому явлению, кроме дежурных догадок про «игры военных», у них на тот момент не нашлось. Известно было лишь то, что гамма-излучение рождается на Земле при ядерных реакциях в атомных реакторах (или испытаниях ядерного оружия) и приходит из далёкого космоса от астрофизических объектов. Предварительный анализ космических данных американского спутника, правда, показал, что излучения наблюдаются при пролёте областей на Земле, где наиболее часто регистрируются молниевые разряды – в частности, в приэкваториальных областях. Сверхмощное гамма-излучение на высотах 10–20 км представляет значительный интерес с точки зрения безопасности, как пассажиров, так и самолетов гражданской и военной авиации. Поэтому од-

ной из важнейших задач «Чибис-М» было исследование источников гамма-лучей.

Грозовой разряд между Землей и облаком или между облаками занимает несколько сотен микросекунд, а длительность серии всплесков – всего несколько десятков миллисекунд. Наблюдать эти явления с Земли практически невозможно: порожденное излучение распространяется далее по всем направлениям, но по пути вниз, к Земле, гамма-фотоны высоких энергий мгновенно поглощаются земной атмосферой. (В этом, кстати, ещё одно важнейшее свойство атмосферы – она защищает всё живое от смертельных излучений.) И лишь по пути вверх, где плотность атмосферы резко уменьшается, они могут проникнуть в околоземное пространство и наблюдаться спутниками. Физический механизм рождения гамма-фотонов от грозových облаков непонятен до сих пор.

Эксперимент на «Чибисе-М» (М – означает Молнии) – поисковый, так как мы точно не знаем физику процесса. Каждый научный прибор (масса всех приборов 10,8 кг) имеет свой компьютер (процессор), поэтому в ходе полета мы могли менять режим и логику их работы. У нас

очень длительное время заняла наземная отработка этих режимов.

Получено около 40 Гбайт научной информации, показавшей, что характерные условия, возникающие в наэлектризованном грозовом облаке, людям пока не под силу воссоздать в лаборатории. Данные «Чибис-М» приблизили исследователей также к пониманию природы зарождения и развития электрических разрядов во время грозы.

Анализ данных электрического датчика на борту микроспутника «Чибис-М» доказал, что в верхней ионосфере в ночные часы появляются низкочастотные электромагнитные излучения. А их, в свою очередь, рождают грозы.

Отработанная схема запуска оказалась достаточно эффективной и малозатратной. В настоящее время в ИКИ РАН началась разработка нового микроспутника «Чибис-АИ» (АИ – означает Атмосфера – Ионосфера) для исследования электромагнитных связей атмосферы с ионосферой. Планируемая дата вывода на орбиту – начало 2019 года.

*С. И. Климов, доктор физических наук
Институт космических исследований РАН*



Фото 1. Сидней, школа Нокс, российско-австралийский коллоквиум.

Пыль Сахары... над Минском

Пыль как предмет исследований

Морская соль, вулканический пепел, сажа от пожаров, пыль из пустыни, промышленные выбросы – что общего между ними для физика-оптика или метеоролога? Попадая в атмосферу в виде взвешенных частиц, то есть аэрозолей, они становятся хоть и малой, но крайне важной её составляющей. Их относительная концентрация составляет всего от одной миллиардной до одной миллионной массы воздуха – это на три-четыре порядка (т. е. в 1 000–10 000 раз) меньше, чем концентрация водяного пара, но при этом их роль в атмосферных процессах велика.

Атмосферные аэрозоли оказывают значительное влияние на радиационный баланс планеты, при этом ученые до сих пор не выяснили, охлаждается ли планета от увеличения концентрации аэрозолей (ведь они закрывают Землю от солнечных лучей!) или, наоборот, нагревается, как от парниковых газов. В данном случае важны химический состав частиц, их размер и форма, в совокупности определяющие оптические свойства. Также аэрозоли выполняют важную функцию центров конденсации для капель воды в облаках, без них облака могли бы образовываться только в верхних слоях атмосферы, конденсируясь на ионах. Кроме того, даже небольшие концентрации аэрозоля в приземном слое негативно воздействуют на здоровье человека, достаточно хотя бы вспомнить знаменитый пекинский смог.

Известно немало случаев, когда аэрозоли, можно сказать, меняли ход истории. Самые масштабные события связаны с извержениями вулканов – наиболее непредсказуемых естественных источников атмосферных аэрозолей. Например, малый ледниковый период, пик которого пришелся на XVII век, связывают с извержением вулкана Уайнапутина на юге Перу в Ю. Америке. Извержение вулкана Тамборы на одном из островов Малайского архипелага в 1815-м вызвало такой неурожай и голод, что началась массовая миграция населения из Европы в США. Извержение Кракатау в Индонезии, произошедшее в 1883 г., вызвало похолодание на всей планете и эффектные вечерние зори в течение нескольких лет. Из-за выбросов вулкана Исландии с длинным названием Эйяфлатлайокудль в 2010 г. несколько дней были закрыты авиационные сообщения в Европе. Обратите внимание на огромные рас-

стояния, отделяющие в каждом случае источник извержения от тех территорий, где ощущалось его влияние! Разумеется, такие масштабные природные явления вызывают интерес не только с научной, но и с экономической точки зрения.

Аэрозоли представляют опасность для здоровья человека при их вдыхании. Первое событие, показавшее связь между загрязнением воздуха и влиянием на здоровье, имело место в Глазго в 1909 году, когда около 1 000 человек погибло из-за резко возросшей концентрации двуокиси серы и взвешенных частиц вследствие очень стабильных метеорологических условий. Для описания этого события впервые был использован термин «смог» (англ. smog, от smoke – «дым» и fog – «туман»). Подобный трагический эпизод произошел в Лондоне между 5 и 9 декабря 1952 года, унесший жизни 4 000 человек, когда концентрация частиц достигла 3 000 мг/м³. События, связанные с чрезмерным использованием ископаемого горючего, в особенности угля, вынудили наиболее развитые страны принять меры по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Однако уровень загрязнения в крупных мегаполисах Индии, Китая и Африки до сих пор является угрожающим. Для исследования аэрозолей используются различные методы, среди которых ведущую роль играют методы дистанционного зондирования. Из них наиболее популярны лидарное и радиометрическое зондирование.

Знакомьтесь – лидар

Название **лидар** произошло от английского Light Detection and Ranging – обнаружение света и измерение расстояний. Как работает лидар? Всё начинается с того, что лазерный луч «выстреливает» в атмосферу. Далее пучок света взаимодействует с аэрозольными частицами и, как результат, частично поглощается ими, а частично рассеивается в различных направлениях. Та часть света, которая рассеивается назад, может быть измерена и зарегистрирована. Чем больше прошло времени с момента испускания лазерного импульса до момента регистрации вернувшегося излучения, тем выше находится аэрозольный слой (рассчитать расстояние до слоя частиц несложно: скорость света x время «туда» и «обратно»).

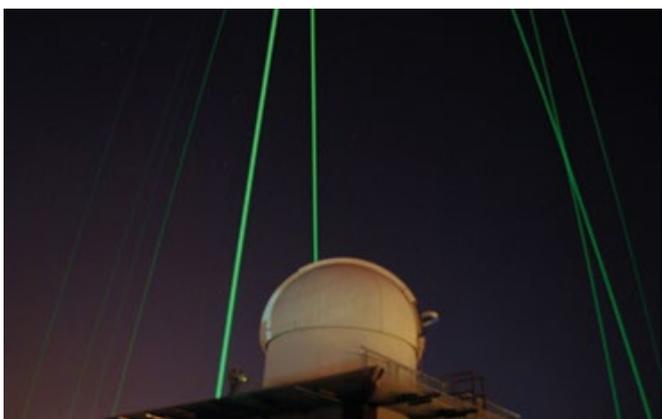
По интенсивности рассеянного назад излучения можно судить о концентрации частиц. Излучение разных длин волн взаимодействует с частицами разных размеров, поэтому, чем больше длин волн имеет инструмент, тем больше информации можно получить при помощи его измерений. Благодаря лидарам осуществляется дистанционное зондирование (то есть оценка на расстоянии) распределения аэрозольных частиц над исследуемой областью, например над городом. А уж сами частицы, «пылинки» могли появиться из местных источников (например, из фабричных труб) либо проделать тысячи километров вместе с ветром.

Атмосферные аэрозоли – штука непостоянная. Перемещаясь вместе с воздухом, облака пыли то и дело меняют направление, оседают на землю или на поверхность океанов, сливаются друг с другом. Поэтому для их изучения в масштабе всей планеты формируются международные сети. Наша станция в Минске – это один из элементов гигантской измерительной системы. Она одновременно входит и в Европейскую лидарную сеть EARLINET, и в лидарную сеть стран СНГ, которая называется CIS-Net.

Над Минском чаще всего регистрируется пыль, принесенная из Сахары, а также пепел от пожаров, которые обычно случаются летом и осенью на юго-западе России. Вулканический пепел от упомянутого выше Эйяфлатлайокудла также был зарегистрирован над территорией Беларуси, однако в небольшой концентрации, поэтому не представлял опасности для реактивных двигателей самолетов.

Белорусские лидары: от Китая до Антарктиды

Для проведения измерений белорусские ученые используют инструменты, которые создают сами. Институт физики НАН Беларуси хорошо известен во всем мире своими лидарами, кото-



Одновременные измерения несколькими лидарами, входящими в Европейскую лидарную сеть EARLINET.

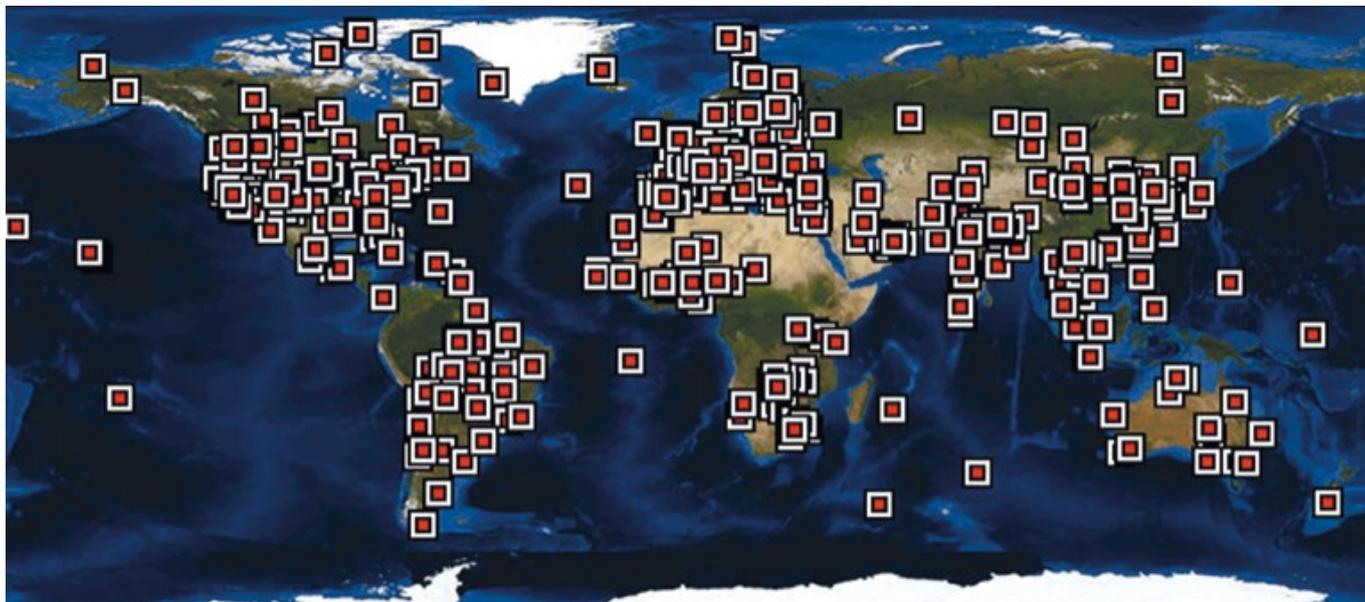
рые берутся за образец при разработке инструментов за рубежом. Так, в 2015 году в Беларуси был создан уникальный лидар для Китайской Народной Республики. Как известно, в крупных городах КНР стоит острая проблема загрязнения воздуха, и власти уделяют все большее внимание экологической безопасности, тратя немалые средства на развитие науки в данном направлении. И белорусские ученые им в этом помогают.



Лидарная станция в районе озера Иссык-Куль (Киргизия), оборудованная белорусским инструментом.

Вторым из основных инструментов для исследования атмосферных аэрозолей является радиометр, принцип работы которого заключается в измерении ослабления солнечного излучения на различных длинах волн при прохождении его через атмосферу. Радиометры, которыми мы пользуемся, сделаны нашими коллегами из Франции. При помощи радиометра можно определить множество оптических и микрофизических параметров аэрозолей, например, толщину ослабления, показатель преломления, размер частиц, однако нельзя узнать, на какой высоте находится аэрозольный слой. При этом радиометрические измерения являются прямыми, для обработки данных не требуется дополнительной априорной информации, как для лидарных измерений, поэтому алгоритмы, используемые в радиометрическом зондировании, проще и точнее. Кроме того, радиометры значительно дешевле лидаров. Именно поэтому международная радиометрическая сеть AERONET всего за несколько лет охватила весь земной шар, насчитывая в настоящее время более 300 станций на всех континентах, включая Антарктиду.

Лидары и радиометры могут устанавливаться как на земле, так и на спутниках – на Земной орбите. Также инструменты могут монтироваться на самолеты, корабли и автомобили. Одной из ключевых задач всего мирового научного сообщ-



Станции международной (американо-французской) сети AERONET.

щества в области физики атмосферы является создание единого алгоритма (математического порядка действий) обработки данных различных инструментов. В основе лежит принцип синергии (то есть взаимного усиления), когда объем информации при одновременной обработке данных различных инструментов в итоге оказывается больше совокупного объема информации от отдельных инструментов.

Белорусские физики также занимаются исследованием атмосферы в Антарктиде. Считается, что южный континент является индикатором здоровья планеты и одновременно одной из самых важных её областей. Поэтому даже незначительные колебания в антарктической атмосфере сказываются на глобальных изменениях. Практически ежегодно Институт физики направляет на международную станцию в Антарктиде несколько инструментов в сопровождении одного из сотрудников для проведения экспериментов. Несмотря на то что в Антарктиде очень чистый

воздух и концентрация аэрозолей крайне мала, было зарегистрировано несколько случаев выноса аэрозолей с территории Южной Америки. Даже чистейший шестой континент сегодня оказывается иной раз под угрозой загрязнения!

Успехи последних лет во многом обусловлены развитием компьютерной техники. Но, несмотря на небывалые вычислительные мощности, используемые для работы с данными дистанционного зондирования, на расчеты может потребоваться от нескольких минут до нескольких часов. Обычная практика при обработке состоит, в том числе, и в совмещении полученных данных с электронными картами (города, страны, континента...). Над оптимизацией программного обеспечения трудятся уже не физики, а программисты.

Я. А. КОРОЛЬ

Ученый секретарь Института физики
НАН Беларуси, кандидат физ.-мат. наук



Снимок с самолета на высоте 1 500 м недалеко от пролива Ла-Манш в мае 2010 г. Отчетливо видны две темные полосы вулканического пепла вулкана Эйяфллатлайокудль.



Первый модуль Белорусской антарктической станции, установленный в 2015 году.

ПЦР – диагност и сыщик

Структура и репликация ДНК

Всем известно, что ДНК содержится в каждой клетке любого живого организма и именно в ней заключен план построения этого организма. Большинству известно также, что такой план записан при помощи четырех букв-нуклеотидов: А, Т, G и С, соединенных в цепочку-полимер. Многие знают еще больше: что цепочек этих две, и они соединены друг с другом и закручены в спираль таким образом, что буква А всегда расположена напротив Т, а G – напротив С, как условно (без спирали) показано на рисунке 1. Последовательности ДНК, способные образовывать друг с другом двойную спираль, называют комплементарными (то есть взаимно дополняющими, не путать с комплИментами!). Именно благодаря такой структуре длину цепи ДНК удобно измерять в парах оснований. У приведенного выше маленького фрагмента ДНК – длина 32 пары оснований (п.н.). Нить ДНК имеет направление, которое определяется ее химической структурой. Направление обозначено на рисунке 1 синими стрелками. Для нас важно, что комплементарные цепи двойной спирали антипараллельны, то есть направлены навстречу друг другу.

При обычных условиях обе цепи двойной спирали ДНК прочно связаны друг с другом, однако если раствор ДНК нагреть, то связь между цепочками нарушается, они расходятся и ДНК, как принято говорить, плавится. Температура этого плавления зависит от длины ДНК – цепочки длиной 20–30 п.н. расходятся уже при 50–70 градусах, а для плавления длинной (тысячи п.н.) ДНК необходимо нагреть ее до 94–96 градусов Цельсия. При понижении температуры двойная спираль ДНК восстанавливается.

Вся ДНК одной клетки какого-либо организма составляет его геном, то есть хранилище его генетической информации. Понятно, что чем сложнее организм, тем, как правило, больше его

геном. Геном бактерий имеет длину в несколько (2–10) миллионов п.н., тогда как геном клеток человека и других млекопитающих состоит из нескольких миллиардов п.н. и для его хранения у таких клеток имеется специальный орган – клеточное ядро.

В процессе роста и развития многоклеточного организма или в процессе размножения одноклеточной клетки должны делиться. Соответственно, чтобы каждая дочерняя клетка получила свой геном, количество ДНК в каждой клетке перед делением должно удвоиться. Процесс удвоения ДНК в клетке называется репликацией (понятно, что от слова «реплика», то есть копия). Процесс репликации ДНК происходит в клетке при помощи фермента (белка-катализатора реакции полимеризации), называемого ДНК-полимеразой. Не вдаваясь в сложную картину полного копирования генома клетки, отметим, что, как это показано на рисунке 2, ДНК-полимераза (зеленый овал) способна по имеющейся одной нити ДНК (матрице) строить из отдельных букв вторую нить двойной спирали.



Рис. 1

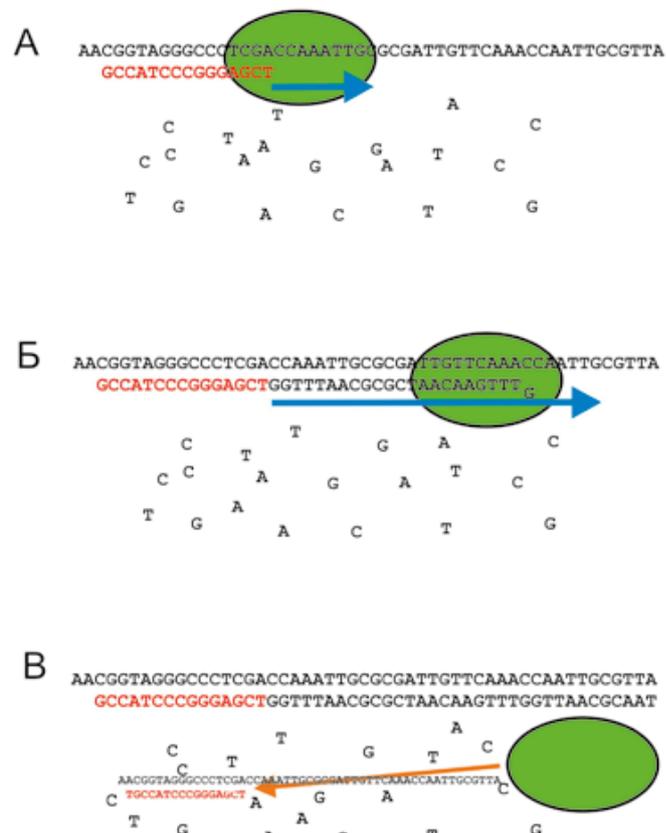


Рис. 2

ли по принципу А напротив Т, G напротив С. Для нас здесь важны два момента:

1. ДНК-полимераза не способна начать построение второй нити ДНК просто на свободной матрице, для начала построения ей требуется хотя бы короткая (15–20 п.н.) затравка или праймер, с которой и начинается синтез (затравка обозначена красными буквами на рисунке 2). Иными словами, ДНК-полимераза может только удлинять праймер, уже образовавший участок двойной спирали.

2. ДНК-полимераза способна строить вторую цепь только в направлении цепи-матрицы (на рисунке 2 – слева направо, показано синей стрелкой). Фермент не сможет достроить две буквы А в начале цепи, так как для этого нужно построить цепь в недопустимом направлении.

Когда матрица заканчивается, ДНК-полимераза отделяется от готовой двойной спирали и ищет новую матрицу для синтеза. Так продолжается, пока не иссякнут матрицы или буквы.

Для полимеразной цепной реакции используется ДНК-полимераза, получаемая из бактерий, живущих в горячих источниках, и способная переносить высокие температуры (до 100 градусов). Такую ДНК-полимеразу называют термостабильной. Почему используется именно она, станет ясно из следующей главы.

Принцип полимеразной цепной реакции (ПЦР)

Поместим в одну пробирку небольшое количество ДНК-матрицы, два праймера, соответствующих по последовательности букв двум коротким участкам **разных цепей** матрицы (отмечены красными и зелеными буквами на рисунке 3), термостабильную ДНК-полимеразу и свободные буквы. Число молекул каждого из праймеров должно во много (тысячи) раз превышать число молекул матрицы. В пробирке ничего не произойдет, так как полимеразе достраивать нечего – матрица уже состоит из двух цепей. Нагреем пробирку до 95 °С. ДНК-матрица расплавится, цепи ее разойдутся, однако ДНК-полимераза (мы помним, что она устойчива к такой температуре) работать не начнет, поскольку праймеры находятся в растворе и не связаны с матрицей. Теперь охладим пробирку до температуры 50–60 °С, при которой короткие праймеры образуют двойную спираль с матрицей (процесс этот называют **отжигом** праймера на матрице ДНК). Так как молекул праймеров во много раз больше, чем молекулы матрицы, в

подавляющем числе случаев образуется именно такая структура (см. рисунок 3), а не восстановится исходная двойная спираль. Вот тут ДНК-полимераза начинает работать и за несколько секунд достраивает к праймеру десятки и сотни букв. Важно, чтобы длина достроенной двойной спирали позволяла включать последовательности обоих праймеров, как показано на рисунке 3. Так завершается первый цикл полимеразной цепной реакции. В результате мы имеем две разделенные цепи матрицы, частично достроенные в области отжига пары праймеров.

Второй цикл ПЦР также начинается с плавления вновь полученных матриц и последующего понижения температуры для отжига праймеров. При плавлении образуется исходная матрица, с которой происходит то же, что и на первом цикле. Интереснее то, что происходит со вновь построенной цепью: она сама теперь служит матрицей для отжига праймеров и достройки. При этом образуется фрагмент ДНК, ограниченный с обоих концов добавленными нами праймерами.

При третьем и последующих циклах этот фрагмент будет служить основной матрицей сам для себя, его количество будет практически удваиваться на каждом цикле и расти в геометрической прогрессии. После, например, 20 циклов изменения температуры количество молекул этого фрагмента увеличится в $\sim 2^{20}$ раз, то есть будет более чем в миллион раз превышать количество молекул исходной матрицы, и все это произойдет только в результате циклического изменения температуры пробирки.

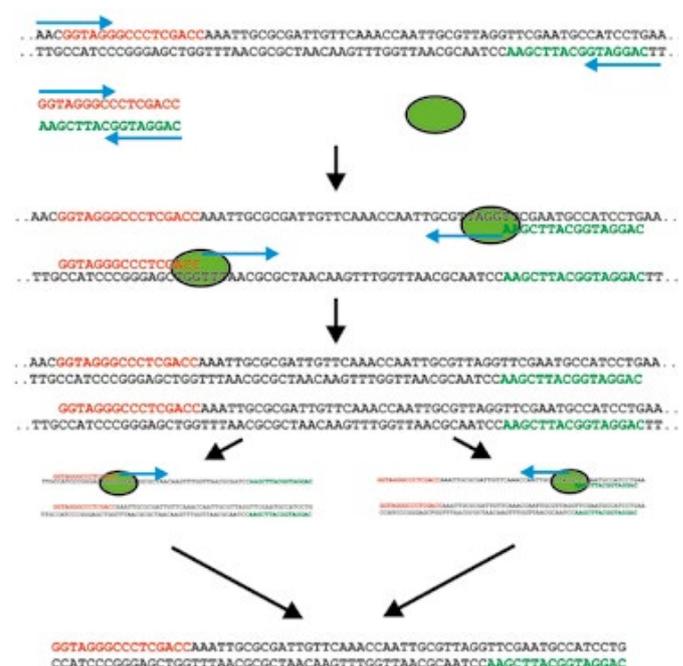


Рис. 3

То, какой именно фрагмент ДНК будет получен в результате ПЦР матрицы или, как говорят, амплифицирован, зависит только от последовательности двух праймеров, используемых в реакции.

Таким образом, ПЦР позволяет нам сделать две важнейшие вещи: выделить из огромной длины генома интересующие нас фрагменты ДНК длиной от десятков до тысяч п.н. и увеличить количество этих фрагментов в миллионы раз – и все это при помощи несложного прибора, изменяющего температуру пробирки и ее содержимого по заданной программе.

Изобретением ПЦР мы обязаны норвежцу Кьеллю Клеппе, придумавшему общий принцип реакции, и американцу Кери Муллису, осуществившему в 1985 году ПЦР на практике и получившему за это в 1993 году Нобелевскую премию.

Диагностика инфекционных болезней при помощи ПЦР

Все бактерии-возбудители инфекционных заболеваний и большая часть вирусов имеют в своем составе ДНК, последовательность букв в которой уникальна для этих болезнетворных организмов. Если у больного взять небольшой образец слюны, крови или мокроты, то содержащейся там ДНК возбудителя болезни будет вполне достаточно для того, чтобы стать матрицей для полимеразной цепной реакции.

Любой метод обнаружения носителя инфекции должен обладать высокой чувствительностью и специфичностью или избирательностью. Понятно, что чувствительность метода ПЦР необычайно высока – исходное количество ДНК может быть увеличено за 30 циклов ПЦР в 2^{30} , то есть более чем в миллиард раз, и это еще не предел. Избирательность же ПЦР, а именно ее способность различить две разные молекулы ДНК, будет определяться структурой и длиной праймеров.

Откуда берутся праймеры? Их синтезируют химически при помощи автоматов, называемых олигонуклеотидными синтезаторами. Предварительно последовательность праймеров посредством компьютерных программ подбирают таким образом, чтобы при ПЦР с этой парой и матрицей на основе генома бактерии или вируса образовывался фрагмент ДНК определенной длины. Очевидно, что для подбора праймеров необходимо знать хотя бы частичную последовательность букв в геноме болезнетворной бактерии или вируса. К счастью, современные

методы определения последовательности ДНК уже позволили получить полные последовательности геномов сотен бактерий и вирусов и десятков высших организмов.

В большинстве случаев используют праймеры длиной примерно 20 букв, то есть всего 40 букв. Определенная последовательность из 40 букв встретится в случайной последовательности ДНК через в среднем 4^{40} букв (здесь 4 – число разных букв, 40 – длина последовательности), то есть через более чем 1000 миллиардов пар оснований, что в сотни раз превышает длину генома млекопитающих. Поэтому, если праймеры подобраны таким образом, что их последовательности комплементарны последовательностям двух цепей ДНК болезнетворной бактерии и найдутся на относительно небольшом расстоянии друг от друга, и при ПЦР с этими праймерами образуется фрагмент ДНК ожидаемой длины – можно с уверенностью утверждать, что в исследуемом образце присутствует генетический материал именно этой бактерии, а вероятность случайного совпадения пренебрежимо мала. Если мы приготовим пары праймеров для большого числа возбудителей различных заболеваний, то, проведя ПЦР в необходимом числе пробирок, сможем установить, какой именно возбудитель имеется у пациента.

Как же определить количество и длину ДНК после ПЦР? Проще всего это сделать при помощи электрофореза в геле. ДНК не зря называют кислотой – ее молекулы в водном растворе заряжены отрицательно и при наложении электрического поля будут передвигаться от минуса к плюсу. Для того, чтобы разделить молекулы по длине, необходимо, чтобы скорость их движения зависела от длины молекулы ДНК. Проще всего это сделать, поместив молекулы в гель, то есть в раствор очень длинных взаимодействующих друг с другом полимерных молекул, в котором другие молекулы могут перемещаться, лишь с трудом протискиваясь между молекулами основы. Примером геля в быту служат различные фруктовые желе (гель и желе – на самом деле одно и то же, только желе по-немецки, а желе – по-французски) и заливные. Для образования геля к жидкости добавляют полимеры – агар-агар или желатин, нагревают и затем охлаждают. Именно из очищенного агар-агара получают гель для разделения ДНК. Его готовят в виде тонкой пластинки с прямоугольными лунками, в которые помещают раствор ДНК, затем подают напряжение, и молекулы ДНК начинают

двигаться от минуса к плюсу, причем, чем длиннее нить ДНК, тем сильнее она тормозится в геле и медленнее движется.

На рисунке 4 слева приведена схема разделения фрагментов ДНК. В лунку 1 помещена смесь фрагментов ДНК с известной длиной (стандарт). Сравнивая длины полос в дорожках 2–4 с полосами в дорожке 1, можно определить приблизительные длины фрагментов ДНК в них, например дорожка 2 содержит фрагмент ДНК длиной примерно 350 п.н. Справа приведено разделение фрагментов ДНК после ПЦР в реальном эксперименте. Из одной и той же пробирки частично отбирали и анализировали ДНК после 20, 23 и 26 циклов ПЦР. Видно, что с увеличением числа циклов увеличивается и интенсивность полосы, то есть количество ДНК в ней. Зная число циклов ПЦР, необходимое для появления видимой полосы, можно не только установить наличие возбудителя, но и оценить количество вирусных частиц или бактерий в организме больного.

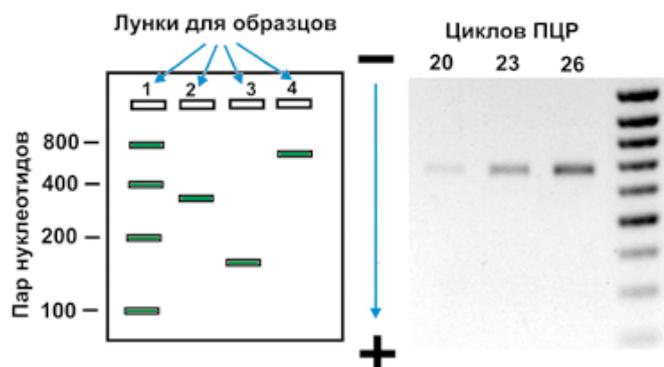


Рис. 4

Генная дактилоскопия – идентификация личности и установление родства

Геном конкретного человека (и животного) уникален, что в принципе позволяет по структуре генома идентифицировать конкретную личность надежнее, чем по отпечаткам пальцев. Однако определение полной последовательности генома дорого и трудоемко, поэтому для генной дактилоскопии используют ПЦР имеющихся в геноме областей, содержащих **короткие tandemные повторы** (КТП). Они представляют собой последовательности из 2-5 букв, повторяющиеся подряд много раз. На рисунке 5 показан КТП с последовательностью AGAT, повторяющегося в некоем геноме шесть раз. Если синтезировать праймеры таким образом, чтобы они

ограничивали область повтора с обеих сторон (как показано на рисунке 5 синими стрелками), то при ПЦР с этими праймерами и матрицей из ДНК данного генома будет получен продукт длиной 62 п.н.

Для того чтобы КТП мог быть использован для идентификации личности, он должен быть полиморфным, то есть число повторов AGAT у разных людей должно быть различным. Поэтому при амплификации ДНК различных людей длина продукта ПЦР также будет различной. К счастью, в геноме человека и других организмов существует достаточно много полиморфных КТП.

Сделаем примерный расчет числа разных КТП, необходимых для безошибочной идентификации личности. Допустим, для нашего КТП AGAC (назовем его КТП1) существуют у разных людей варианты с 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 и 14 повторами, всего 10 вариантов, то есть степень полиморфизма КТП1 равна 10. Это означает, что если мы проверим ДНК одиннадцати случайно выбранных людей, то хотя бы у двух из них число повторов, а значит, и длина продукта амплификации КТП1 совпадут.

Заметим, что длина амплифицируемого фрагмента (как видно из рисунка 5, она включает длину праймеров и коротких участков ДНК между праймерами и повторами) в таком случае будет изменяться от 58 до 94 п.н. через 4 п.н.

Если мы амплифицируем два КТП – КТП1 и КТП2 (для простоты допустим, что степень полиморфизма всех КТП равна 10), то оба полученных фрагмента совпадут по длинам уже у двух человек из ста, если три – у тысячи и т. д. Легко подсчитать, что при амплификации 10 КТП случайное совпадение возможно у двух человек из 10 миллиардов, то есть на всей Земле невозможно найти двух человек с одинаковым набором таких продуктов ПЦР (за исключением, конечно, однояйцевых близнецов, геномы которых практически одинаковы). В реальном анализе используют 13 КТП с различными степенями полиморфизма.

Как мы уже знаем, при помощи ПЦР можно анализировать очень малые количества ДНК, вплоть до отдельных молекул. Это свойство полимеразной цепной реакции, наряду с возможностью идентифицировать личность, оказалось незаменимым в криминалистике. Действительно, преступник может оставить на месте преступления волос, капельку крови, частичку кожи, окурок со слюной и т. п., и во всех этих

Зачем экономике «падать»?

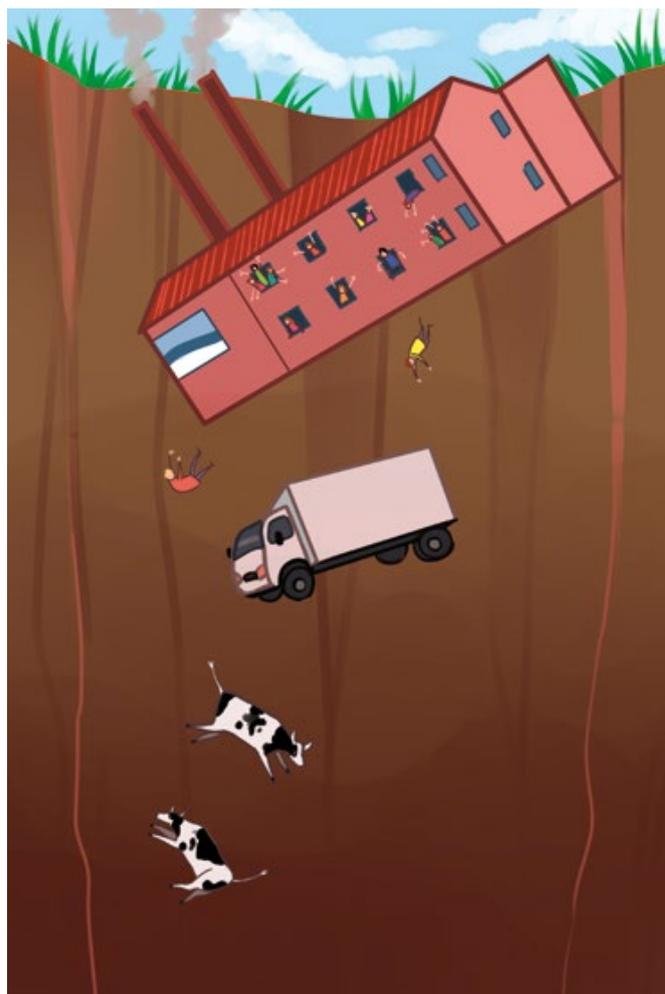
Волны перекатывались через мол и падали вниз стремительным домкратом

И. Ильф и Е. Петров, «12 стульев»

Интернет и телеэфир в очередной раз запестрели кричащими заголовками из разряда «экономика страны Верхнее Какаду стремительно падает в пропасть». Каждый раз, читая подобные тезисы, я невольно вздрагиваю и вспоминаю персонажа, придуманного писателями Ильфом и Петровым: литератора – халтурщика Ляписа Трубецкого, фраза из опуса которого и вынесена в эпиграф этой статьи. И сразу хочется задать вопрос: почему, например, физика или биология никогда не падают, а экономика делает это регулярно? Вроде бы экономика – наука, вполне себе уважаемая и древняя, и вот так вот все время падает. Непорядок.

Вы, конечно же, можете попытаться успокоить меня, сказав, что имеется в виду не наука, а «экономика» как термин, обозначающий хозяйственную деятельность общества. Согласен, но ведь деятельность-то тоже, как и домкрат, невозможно представить «стремительно падающей в пропасть»! Вы как покупали молоко в магазине, так и покупаете; как молоко до магазина везли в специальных емкостях, так и везут; как его пастеризовали, так и пастеризуют. Сами коровы и вовсе равнодушны к ТВ и Интернету – поэтому доятся исправно. Ни потребитель, ни магазин, ни грузовик, ни молокозавод, ни коровник в тартарары не провалились, так что же происходит? Что именно, куда и зачем стремительно падает?

Такие рассуждения могут показаться несерьезными, но на самом деле есть в этой шутке и доля истины: небрежное отношение к терминологии слишком часто встречается в непрофессиональных дискуссиях. А ведь экономическая наука («Economics») занята изучением крайне сложного субъекта – хозяйственной деятельности человеческого общества (экономики, есопому), поэтому невнимательность к терминам может привести к плачевным последствиям. В частности, вместо того, чтобы служить инструментом для улучшения жизни человечества, экономические методы порой используются для обоснования и объяснения любого состояния



общества – даже самого несправедливого. Так наука превращается в мощнейший инструмент пропаганды, и мы, сами того не замечая, начинаем смотреть на окружающий нас мир через «кривое зеркало».

Интересно, что первыми жертвами данной пропаганды зачастую становятся... сами экономисты, особенно «начинающие». Это наглядно иллюстрируется одним простым, но любопытным экспериментом, который вы легко можете провести сами. Он называется «Ультиматум», и с начала 1980-х годов данный эксперимент неоднократно проводился в самых разных странах, культурах и слоях общества, показывая на редкость стабильные результаты.

Классический эксперимент проводится следующим образом: двум участникам, которые не знают и не видят друг друга на протяжении всего эксперимента, предлагается разделить между собой некую сумму денег. При этом ведущий передает всю сумму первому участнику, и именно первый участник определяет, какую долю предложить второму участнику. Второй участ-

ник может отреагировать на предложение всего двумя способами: либо принять предложение, и тогда оба участника получают оговоренную долю денег, либо отказаться, и тогда ни один участник не получает ничего.

Проверьте себя: допустим, ведущий эксперимента дал вам 10 долларов. Какую долю вы предложите второму участнику? Почему? А в качестве второго участника, на какое минимальное предложение от первого вы бы согласились? Почему? А если бы в качестве начальной суммы вы бы получили не 10, а 1 000 долларов, поменялся бы ваш ответ? Почему?

А теперь давайте подумаем, как, по мнению классической экономической науки, должен вести себя человек, движимый лишь холодным расчётом. С точки зрения такого человека (назовем его *homo economicus*), любое количество денег лучше, чем ноль. Поэтому второй участник должен соглашаться на любое ненулевое количество денег: то есть он должен быть согласен получить 1 цент. А как рассуждает первый участник? Чем больше денег, тем лучше, поэтому, зная, что второй участник согласится на 1 цент, первый и предлагает ему 1 цент. Таким образом, первый участник получает 9 долларов 99 центов, второй – 1 цент, и оба расходятся, довольные друг другом. А как бы вы поделили сумму в качестве первого участника? На какое минимальное предложение согласились бы в качестве второго участника? Подтверждают ли ваши ответы теорию?

Результаты проведения сотен исследований с такими экспериментами с различными суммами (иногда достигающими полумесячной заработной платы участников эксперимента) стабильно опровергают теорию. В большинстве случаев первый участник предлагал второму от 40 %–50 % от общей суммы, а второй участник зачастую отвергал предложения, составлявшие меньше 30 % ⁽¹⁾. Почему? Потому что иное распределение казалось участникам «несправедли-

1 При этом в некоторых культурах Юго-Восточной Азии было зарегистрировано парадоксальное, с нашей точки зрения, поведение: первый участник предлагал 90 % и более, при этом второй участник такое предложение отвергал. Скорее всего, это связано с особенностями видения репутации человека в этих обществах: по сложившейся веками традиции, наиболее высоким статусом обладает тот, кто сделает самый большой подарок партнёру.



вым». Понятие справедливости, которое никак не учитывалось в рамках экономической теории, оказалось ключевым при принятии решений. Любопытно, что результаты, наиболее близкие к теоретическим, были получены при проведении эксперимента на... группе студентов экономики престижного американского вуза, то есть как раз на тех людях, мышление которых уже было в значительной степени сформировано экономической наукой.

Но если бы все ограничилось студентами! Надо сказать, что и многие представители экономической науки были удивлены. Степень изумления была такова, что особо рьяные поклонники *homo economicus*-а поспешили объявить, что человечество ведет себя «нерационально». Сложно себе представить, например, серьёзного физика, обвиняющего природу в том, что она ведет себя «неправильно», только потому, что эмпирические наблюдения не соответствуют его теории. А вот некоторые вполне уважаемые экономисты обвинили людей в «нерациональном», то есть, можно сказать, в «неразумном» поведении. И описание такого нехитрого эксперимента, и его результаты, и дальнейшие работы над созданием более реалистичной модели экономического поведения человека, известные как «Поведенческая экономика» (Behavioral economics), остаются сравнительно малоизвестными даже для выпускников экономических факультетов. Так, рациональным, разумным, «нормальным» поведением в рамках экономической науки может быть объявлено то, что на самом деле противоречит как раз нормальному для любого человека стремлению к справедливости.

Что же делать в такой ситуации человеку, которому все-таки интересно разобраться в том, как работает экономика?

Самое главное – при чтении любых книг, статей и новостей об экономике постоянно задавать вопросы другим, а особенно себе. Точно ли так происходит? – Откуда я это знаю? Точно ли причины именно таковы? – Откуда я это знаю? Задавать вопросы и «не давать душе лениться» при поиске ответов: одним лишь обращением к Wikipedia здесь не обойдешься. Если хочется разобраться в экономических проблемах, недостаточно читать

даже самые авторитетные журналы – надо и думать самому, и активно искать противоположные точки зрения, чтобы проверить свои предположения, рассуждения и выводы.

Да, зачастую вы не сможете прийти к однозначным выводам. Но поверьте, вы не одиноки. Существует история, рассказываемая про одного из наиболее почитаемых экономистов «всех времен и народов» – англичанина Джона Мейнарда Кейнса (1883–1946): говорят, что если Парламент Великобритании запрашивал мнение у шести экономистов по какому-либо вопросу, то всегда приходило семь ответов – два из них были от мистера Кейнса. Кстати, еще одна очень полезная цитата, которую стоит лишней раз вспомнить при виде любых экономических прогнозов, принадлежит видному американскому ученому, который, в частности, одним из первых критиковал «общество потребления», – Дж. К. Гэлбрейту: «экономисты делают прогнозы не потому, что они знают, как будет, а потому, что их просят сделать прогноз».

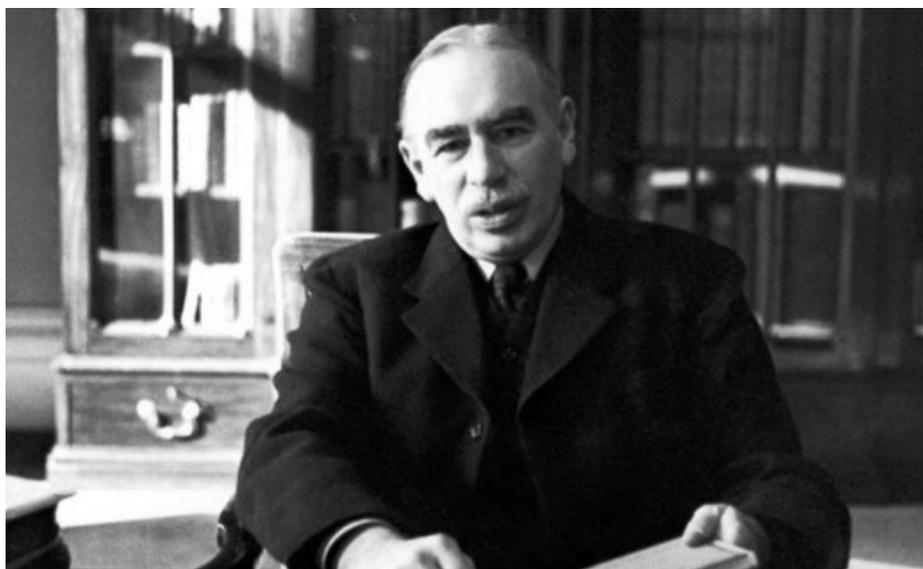
И вот теперь можно вернуться к вопросу, с которого мы, собственно, и начали: что же именно «падает», когда «падает экономика», и плохо ли это. Не хочется заранее пугать читателя, но простого ответа на такой, вроде бы, простой вопрос не существует в принципе. Однако сама попытка хоть как-то на него ответить даст возможность прикоснуться к различным граням экономической науки и хотя бы на базовом уровне ощутить сложность изучаемого субъекта. В данной статье я предлагаю двигаться методом последовательного упрощения вопроса для того, чтобы попытаться прийти к какому-то однозначному выводу.

Итак, как правило, если очередной телеведущий завел речь о «падении экономики», то речь идет не о воздействии гравитации на сочное экономическое яблоко, летящее прямо в темечко мирно спящего под яблоней шотландца Адама Смита, а о том, что снижается один или несколько показателей, по которым предлагается измерять «здоровье» экономики. При этом аудитории сразу подспудно внушается мысль, что такое снижение плохо, то есть негативно, влияет на уровень благосостояния и счастья людей, которые являются участниками этой экономики.

В качестве первого этапа упрощения выберем для анализа только один из таких показателей, наиболее известный. Таковым, без сомнения, является ВВП или Валовой Внутренний Продукт, предложенный экономистом Саймоном Кузнецом в 30-х годах XX века. По его замыслу, ВВП должен отражать рыночную стоимость всех товаров и услуг, произведенных экономикой (²).

Уже на этом месте у вас может появиться резонный вопрос – является ли ВВП хорошим индикатором благосостояния людей? Скорее нет. Сам «изобретатель» ВВП, Саймон Кузнец, был против использования своего индикатора для этих целей. Тем не менее, до сих пор ВВП обсуждается политиками, бизнесом, экономистами так, как будто его падение или рост является

² То есть если сантехник за 10 долларов помог соседу-электрику прочистить засорившуюся раковину, а тот на следующий день помог сантехнику установить розетку и унёс свои 10 долларов назад в качестве оплаты, то вместе они увеличили ВВП страны на 20 долларов. Если же каждый из них справился с домашней работой сам либо помогал просто «по-соседски», бесплатно – тогда ВВП остался без изменений.



Джон Мейнард Кейнс



Джон Кеннет Гэлбрейт

мерилом прогресса и определяет уровень удовлетворенности и счастья.

На втором этапе упрощения я предлагаю абстрагироваться от понятия рыночной стоимости, а также от нюансов того, как именно происходит расчет ВВП (по доходам, расходам или добавленной стоимости). Предположим также, что мы концентрируемся только на реальном ВВП, то есть ВВП, который выражен в неизменных ценах. Фактически это означает, что снижение ВВП в нашей логике возможно только за счет снижения производства.

Если у вас появилось много вопросов относительно этого упрощения – прекрасно. Придется признать, что в погоне за хоть каким-то ответом мы оставляем «за бортом» значительную часть факторов, которые совершенно точно влияют не только на ВВП, но и напрямую на благосостояние людей. Это и инфляция, и скачки курсов валют, и влияние монополии (что может исказить рыночную стоимость), и многое другое. Изучение каждого из данных факторов – отдельная большая область экономики.

Наконец, в качестве третьего этапа упрощения сделаем следующее: для описания объемов производства в экономике может быть использована так называемая агрегированная производственная функция; мы возьмем ее самый простой вариант, который выглядит как $Y = f(K, L)$, где Y – максимальный выпуск продукции, возможный при наличии капитала K , и человеческих ресурсов L . То есть предполагается, что производство в экономике зависит только от объема капитала (его можно представить себе, как оборудование) и количества затраченных часов работы людей на этом оборудовании.

Наверняка вы уже отметили, что данное упрощение оставляет за рамками нашей дискуссии возможность инноваций, а также управленческие и технологические решения, необходимые для достижения производства Y с капиталом K и людьми L . Также вне дискуссии остается тот факт, что ряд экономистов по определенным причинам вообще не признает саму идею агрегированной производственной функции.

Тем не менее, после трех этапов упрощений, на каждом из которых нами сплеча «отрубались» целые области экономических знаний, мы пришли к тому, что в нашей модели мира экономика «падает», либо если снижается количество оборудования, либо если снижается количество человеческих ресурсов. И теперь-то мы, наверное, сможем понять: плохо ли это самое «па-

дение» для самих людей? Увы, правильный ответ – все еще не сможем. Приведу в качестве иллюстрации только два из множества возможных вариантов объяснений снижения уровня производства, один из которых ухудшает благосостояние людей, а другой, скорее, улучшает:

Вариант 1. изнашивается и выходит из строя оборудование K , и поэтому сокращается Y . Такой сценарий, скорее всего, сопровождается падением благосостояния людей в описываемой экономике. Они хотят производить и потреблять Y , а могут, без сверхусилий, произвести только $Y' < Y$. Если при этом мы считаем, что цены остаются неизменными, может возникнуть дефицит товаров и услуг, и жизнь становится хуже.

Вариант 2. Люди предпочитают меньше работать и больше отдыхать, поэтому вводится четырехдневная рабочая неделя вместо пятидневной. Таким образом, сокращается L и, как следствие, Y . Но вот вопрос – хуже ли от этого людям? Да, им придется снизить потребление, но зато увеличивается свободное время. И если люди в рассматриваемом обществе ценят свободное время выше, чем потребление, то при снижении производства (и, как следствие, ВВП) благосостояние живущих в условиях «падающей экономики» людей на самом деле повышается.

Удовлетворены ли вы таким ответом? Вряд ли – ведь мало того, что мы проигнорировали множество важных факторов, так еще и не получили однозначного ответа. Но в данном случае гораздо важнее понимание того, что простых ответов в экономике и не бывает, что бы ни говорили разные «эксперты». Если вы слышите что-то про «падение экономики», про «экономическую эффективность», про необходимость «развивать экономику» – стоит лишний раз подумать и задаться вопросом: что, собственно, происходит, к чему вас призывают и как это повлияет на вас. А уж если сам процесс размышления покажется вам интересным, добро пожаловать в экономическую науку!

Не забудьте только захватить с собой основные инструменты экономического анализа: здравый смысл, честность, стремление использовать данные из реального мира для проверки любых гипотез и здоровый скептицизм. Да, и чувство юмора тоже – очень пригодится. В конце концов, по мнению все того же Дж. К. Гэлбрейта, «экономическая наука приносит огромную пользу в качестве места трудоустройства экономистов».

Е. С. Панасюк

Делосский Детектив

Легенда о Гиперборее

С самых древних времен ходило много легенд о существовании на Севере таинственной высокоразвитой цивилизации. Да и не только легенд: было предостаточно и письменных указаний, причем очень уважаемых авторов, начиная с Древней Греции. Греки были убеждены, что на Севере за полярным кругом (примерно на территории современной России или в Северном Ледовитом океане) живет народ гиперборейцев, любимцев бога Аполлона, который время от времени уезжал к ним на летающей колеснице, запряженной лебедями. Если верить грекам, то таинственная страна за полярным кругом была для них самым настоящим «культурным лидером», оказавшим на Грецию значительное влияние. Древние греки утверждали, что знали гиперборейских посланцев лично и даже учились у них, о чем оставлены письменные свидетельства.

Древние историки свидетельствуют

О существовании гиперборейцев с убежденностью писал и один из самых авторитетных ученых Древнего мира – Плиний Старший. В его «Естественной истории» (IV, 26) читаем: *«За этими [Рипейскими – т. е., вероятнее всего, Уральскими] горами, по ту сторону Аквилона, есть счастливый (если можно этому верить) народ, который называется гиперборейцами, достигает весьма преклонных лет и прославлен чудесными легендами. ...Солнце светит там в течение полугода, и это только один день, когда солнце не скрывается (как о том думали бы несведущие) от весеннего равноденствия до осеннего, светила там восходят только однажды в год при летнем солнцестоянии, а заходят только при зимнем. Страна эта находится вся на солнце, с благодатным климатом и лишена всякого вредного ветра. Домами для этих жителей являются рощи, леса; культ богов справляется отдельными людьми и всем обществом; там*



неизвестны раздоры и всякие болезни. Смерть приходит там только от пресыщения жизнью. Нельзя сомневаться в существовании этого народа». Единственное, что патриарх древней истории подвергает сомнению, – действительно ли так уж идеально счастливы гиперборейцы.

Диодор Сицилийский сообщает как об известном факте, что гиперборейцы оставляют дары Дельфийскому Храму на границе соседней страны, откуда их постепенно переносят другие народы, вплоть до самого Делоса. Мудрецы и служители Аполлона Абарис и Аристей, обучавшие греков, считались выходцами из Гипербореи. Они научили греков музыке, философии, поэзии, составлению гимнов и строительству храмов.

Им приписывается строительство первого храма Аполлона на Делосе в конце II – начале I тыс. до н. э., (точнее его возраст так и не определен), впоследствии этот храм был перестроен греками в начале IV в. до н. э. Ряд авторов утверждает, что первым оракулом в этом храме был гипербореец Олен, или Алин. Показательно, что древние греки вели себя очень достойно – они не скрывали, что научились определенным вещам у других народов, нисколько не пытаясь приписать себе эти достижения, изображая себя центром вселенской цивилизации! Признание греками своей учёбы у более развитого народа можно считать косвенным доказательством того, что их контакты с указанными людьми действительно происходили. Без сомнения, греки были очень впечатлены пришельцами и передавали сведения о них из поколения в поколение.

Геродот сообщает, что лично видел могилы гиперборейских жриц на Делосе, к которым издавна ходят поклоняться местные юноши и девушки. Однако он же свидетельствует, что народы, которые должны были быть соседями гиперборейцев, о них не знали: когда этот уважаемый автор путешествовал в землях Скифии (Поволжья), то предполагаемые соседи гиперборейцев (иссидоны) не смогли сказать ему ничего про Гиперборею, хотя Рипейские горы были близко. Странно выглядит, не правда ли? Кстати, Геродот сомневался в существовании Гипербореи. Древним авторам



не было достоверно известно, чтобы хоть один грек побывал в Гиперборее. Сами ее посланцы утверждали, что путь в их страну можно только одолеть по воздуху. Тем не менее греки, общавшиеся с посланцами «оттуда», никогда не выдали их летающими.

Следует ли верить Плинию?

Если попытка описать легендарную Атлантиду вызвала у греческих ученых скептическую насмешку («Платон мне друг, но Истина дороже»), то усомнившегося в существовании Гипербореи самого бы подняли на смех – ему показали бы храм в Делосе, могилы гиперборейских жриц и письменные свидетельства пребывания гиперборейцев на Делосе. Означает ли всё это, что Гиперборея действительно существовала во времена древних греков? Нет.

Это значит лишь то, что, вероятнее всего, к грекам приходили люди, выдававшие себя за жителей таинственной страны.

Кем они могли быть? Давайте попробуем проанализировать имеющуюся информацию.

Были ли эти люди носителями очень развитой цивилизации? В технологическом отношении – нет. Ведь они не учили греков ни математике, ни металлургии, ни мореплаванию – хотя один только компас мог бы спасти многие тысячи греческих моряков, потерявших ориентацию в бурном море. Почему же «высокоразвитые прогрессоры» не обучили греков хотя бы медицине – разве им не хотелось спасти

больных, если уж им удалось победить болезни у себя на родине? Не хотелось спасти маленьких детей, рожениц в горячке, раненых моряков?.. Почему? Да потому, что трудно научить тому, чего не умеешь сам...

Никаких особо выдающихся гуманитарных знаний «лица, называвшие себя гиперборейцами» тоже не передали – все то, чем они так впечатлили эллинов, те вполне могли освоить и сами. Музыка и стихи? Покажите мне народ, даже самый дикий, без музыки и песен! Поэзия? Греческая поэзия интересна сама по себе, а гимны, которые занесли туда пришельцы, во-

обще говоря, не блистали ни глубиной, ни мудростью, ни литературными достоинствами. Строительство храмов? А что, греки не умели строить каменные дома, крепостные стены, театры, стадионы и т. д.? Прекрасно умели: согласно греческим источникам они ещё раньше научились этому от полубоготворных пеласгов, живших в Средиземноморье. В чём же принципиальное отличие строительства театра от сооружения небольшого храма? Да ни в чем. Более того, греки построили множество великолепных храмов, а гиперборейцы – только один (и тот потом пришлось перестраивать). Даже улучшенный вариант, прямо говоря, не поражает воображение: 6 колонн в центре и 13 по краям, чуть больше 25 м – строение явно не циклопических размеров. Единственное, что восхищало греков, так это алтарь храма, сделанный по греческим меркам довольно странным способом: из рогов жертвенных животных. Вообще, греки могли научиться строительству культовых сооружений и у своих соседей: например, на Ближнем Востоке, древние строения которого были явно «круче», чем храм Аполлона в Делосе.

Умели ли «гиперборейцы» рисовать? Нет, не умели. Может быть, они были искусными скульпторами? Тоже нет. Странно: так что же конкретно умели делать «лица, похожие на гиперборейцев», что сумели оставить у греков такое сильное впечатление о себе? Болтать. При чем болтать здорово и напыщенно. Внушать свою важность. «Прорицать» – то есть прекрас-

но понимать человеческую натуру. Воздействовать на человеческое сознание. Вводить людей в транс ритмически распеваемыми гимнами.

Они говорили с греками на одном языке и объясняли это тем, что в Гиперборее говорят по-гречески. Но в это поверить трудно – ведь гиперборейцы жили в полном отрыве от Средиземноморья, как минимум, многие сотни, а то и тысячи лет. А тут, на тебе, – язык почти один в один. Весь человеческий опыт показывает, что уже нескольких сот лет разного исторического пути достаточно, чтобы язык двух народов одного корня стал отличаться очень заметно, даже если народы живут рядом. Попробуйте понять, например, болгарина. Да что там болгарина – даже языки Северной и Южной Кореи всего за полвека стали заметно различаться. А уж если другой конец света... Всего за 150–250 лет язык англичан, переселенцев в Новый Свет, превратившихся в американцев, стал так разительно отличаться от того английского, на котором продолжали разговаривать в «доброй старой Англии», что первые звуковые фильмы Голливуда в Лондоне пришлось показывать... с субтитрами. Однако гиперборейцы не только свободно говорили по-гречески, но и гимны на этом языке составляли! В общем, попросту говоря, ввали они все про греческо-гиперборейский язык. Таким же надувательством были и рассказы про культ Аполлона на другом конце света.

Вывод может быть только один – лица, выдававшие себя за гиперборейцев, перед проникновением в Грецию целенаправленно учили греческий язык, имели четкое представление о греческой мифологии.

Нет сомнений, что многие греки жаждали побывать в таинственной стране и увидеть самого Аполлона: убежденных паломников не испугал бы долгий путь даже с риском для жизни. Можно не сомневаться, что «гиперборейцев» просто осаждали вопросами, как можно попасть в их страну и где она находится. Ответ был «достойным» – только по воздуху. То есть ни доплыть (греки были хорошими мореплавателями – а вдруг доплывут), ни дойти или доехать (нет никаких принципиальных проблем в преодолении больших расстояний – это

лишь вопрос времени) в загадочную страну было нельзя, а можно именно «долететь». Вопрошающих, попросту говоря, «отфутболили». Попытки греков найти дорогу самостоятельно ни к чему не привели. Даже опытейшие и очень заинтересованные путешественники потерпели неудачу: какие бы дикие племена они ни встречали на своём пути, но при описании Гипербореи местные жители только разводили руками – они просто не понимали, о чем речь (или в лучшем случае, отвечали какими-то сомнительными слухами). Есть, правда, греческие источники, которые ссылаются на рассказы о неких своих земляках, якобы побывавших в Гиперборее. Но очевидно, что данные «свидетельства», упоминающие «волшебное пение лебедей», не более чем фальшивка – можно не сомневаться, что автор этого «фольклорного предания» никогда в жизни не слышал резких криков и шипения этих прекрасных птиц.

Верите ли вы в то, что целый народ может безбедно жить в лесах и пещерах в условиях полярной ночи, пусть даже и относительно тёплой? Земледелие в это время года невозможно по понятным причинам, скотоводство будет тоже крайне затруднено. Так что ж они там у себя ели? В описаниях этой странной земли нет никаких ссылок на производство продовольствия и необходимых человеку предметов, которые все народы изготавливали в городах или, по крайней мере, в крупных поселках. Как они рожали и воспитывали детей, как обеспечивали их необходимым питанием? Археологические и геологические данные показывают, что в указанное время (1–2 тыс. до н. э.) существование развитой цивилизации за полярным кругом было в принципе нереальным. Без сомнения, северные

народы, вроде саамов и ненцев, там жить вполне могли, но вряд ли уровень их развития мог впечатлить современников-средиземноморцев. Во все времена (а тогда – в особенности!) ни один народ в принципе не мог существовать без средств обороны. Разве среди жестоких и диких соседей не нашлось бы желающих захватить чудесную землю или «самых прекрасных в мире женщин»?! Кроме того, простой здравый смысл говорит о том, что гиперборейская





цивилизация в том виде, как описывали ее жители Древней Греции, существовать не могла. Конечно, можно было бы допустить, что, к примеру, 10 или 40 тыс. лет назад на Севере существовала какая-то относительно развитая цивилизация (или протоцивилизация), но ведь это совсем незапамятные времена! А к грекам-то кто приходил?

Кто же обманул древних греков?

Тут возможны разные варианты. Например, это могла быть группа аферистов, состоящая как из самих греков, так и из соседних народов. Но ведь подобная афера занимала очень долгий срок, не менее нескольких десятилетий, и даже столетий! Обычным мошенникам нет никакого смысла проворачивать такого рода операции. Нет, это должна была быть организованная сила, способная к столь долгосрочному планированию и способная подготовить нужных людей для выполнения этого весьма сложного задания.

Кто мог это сделать? Очевидно, таинственным мистификатором мог быть некто, живший по соседству. Тот, кому это было нужно и выгодно. Вряд ли бы на это пошли, например, индусы или китайцы. Однако несомненно, что за столь масштабной аферой должно было стоять какое-то государство либо... либо некая организация религиозного толка, но обладающая при этом определенной идеологи-



ей, достаточными ресурсами и знаниями, а также поставленной системой планирования своих действий с расчетом на десятки и сотни лет вперед. В таком случае «Гиперборея» в каком-то виде действительно существовала, правда, не совсем там, куда указывали рассказчики. И был это не народ, а тайное место постоянного пребывания некоего религиозного «ордена». Тогда всё представляется логичным – древние религии нередко требовали от своих жрецов и их учеников поселяться в лесах и пещерах. В принципе, не исключено, что речь идёт о религиозной организации, представлявшей собой остаток какого-то древнего народа, когда-то покинувшей по какой-то причине свою древнюю прародину.

Из государств, соседствовавших с Грецией, операции такого уровня могли проделать, в принципе, только два – Персия и Египет. Их жрецы обладали необходимыми для этого знаниями, системами подготовки, средствами, возможностью незаметно доставить подготовленную группу по месту назначения и поддерживать с ней связь. Такого типа государства или организации должны были быть ориентированы на внешнюю экспансию, то есть быть достаточно агрессивными.

Однако Египет на такую роль никак не подходит – в то время он уже вступил в период своего упадка. Да и в более удачные для себя времена египтяне практически не занимались захватом чужих территорий и не подчиняли себе чужие народы идеологически. Для этого они слишком презирали всех не родившихся в Черной Земле. Да, были у египтян и военные походы, и грабежи – но серьезной экспансии не было.

Персия... Персия ориентировалась в основном на военную силу. А если так, то зачем что-то мудрить с какими-то жрецами, а потом долго ждать сомнительного итога, если можно без затей послать огромную армию?

Очевидно, что любому сильному государству не имело особого смысла тратить, как минимум, десятки лет до получения заметного результата. Военная сила даст такой эффект сразу, и при правильной подготовке – гарантированно. Тем более любое государство всегда базируется на каком-то наро-

де, на государственной идее, государственной религии. Зачем же ему проникать столь странным образом в другую страну и укреплять, пусть на первом этапе, религию страны-конкурента?

Нет, для государства такое поведение очень странно, а для некоего идеологического «ордена» – в самый раз.

Зачем же неизвестным пока идеологам нужно было проворачивать делосскую аферу? Очень просто – можете представить себе колоссальную власть над умами и душами, которой обладал жрец-оракул, Вестник Богов? По одному его слову могли начинаться и останавливаться войны, не говоря уже о более мелких событиях.

Делос с древнейших времен был центром союза ионийских племен, одно время там вообще хранилась казна Афинского Морского Союза. А его члены даже посылали на Делос «Священные Посольства» из самых богатых и уважаемых граждан. Идеологическое влияние Делоса было настолько высоким, что греческие тираны заигрывали с ним, осыпая подарками. На этом острове регулярно проводились всеобщие собрания ионийцев и крупные спортивные игры в честь богов, куда прибывали самые знатные и уважаемые люди из всех уголков Греции.

Поэтому контроль над храмом Аполлона в Делосе давал возможность оказывать сильное влияние на Афины и на Морской Союз, то есть влияние на всё Средиземноморье. И хотя весь этот расцвет Делоса произошёл существенно позже внедрения гиперборейцев в греческую религиозную элиту, предсказать исключительное положение, которое займет Делос, было не столь трудно уже в самом начале. Такие ключевые точки могут сильно влиять на жизнь и развитие целых народов. Этот остров был идеальным «плацдармом» для внедрения в идеологическую элиту греческого общества – ведь именно на Делосе, по греческой легенде, родился Аполлон. Легенда внедрения была очень трогательной и возвышенной: пришли таинственные «любимцы бога», чтобы построить ему храм и поучить дикарей-греков божьему слову, – что ж тут удивительного?! Не к Орысти ради, а любимого бога для.



Таинственный орден

Так кто же мог бы проверить всю эту операцию? Кандидаты есть, причем в самом ближайшем соседстве с греками – друиды. Таинственные жрецы-правители галлов. Именно они представляются наиболее вероятными организаторами, стоящими за спиной гиперборейцев из Делоса. У них было многое, описанное делосскими гиперборейцами: привычка жить в лесах и пещерах, ориентация на духовное развитие, проработанная техника прорицания и сложения гимнов, очень большая,

по тем временам, продолжительность жизни. Кстати, в друидском описании «Другого Невидимого Мира» характерно упомянутое выше «волшебное пение лебедей». Хотя эти дети природы прекрасно знали, что в нашем мире такое вряд ли возможно.

Греческие, римские и кельтские (ирландские) источники говорят о просто колоссальной идеологической власти друидов в кельтском обществе. Они буквально назначали и смещали вождей и королей, судили высшим судом, изрекали волю богов, проклятие друидов означало полную изоляцию, а то и истребление целых племен.

Трудно ли было, к примеру, друидам при желании освоить гиперборейско-греческий язык, изучить греческие религиозные представления или получить греческих «агентов влияния»? Очевидно, что нет: контакты галлов с соседями-эллинами были довольно прочными, вполне могли быть смешанные браки, а сыновья от таких браков могли бы участвовать в этой афере, вполне натурально изображая гиперборейцев. Одним словом, творческий простор перед мнимыми гиперборейцами открывался широкий: греки расселились в довольно большом ареале, так что при желании запутать следы не представляло особого труда.

Друиды были, по сути, закрытым религиозным орденом-корпорацией с многими ступенями посвящения и не вполне понятными целями. Некоторые исследователи полагают, что друидизм не возник исходно в среде кельтских племен – согласно их гипотезе друиды сами были пришельцами, которые сумели захватить идеологическую власть в кельтском обществе. Что ж,

вполне правдоподобная версия. Римские и кельтские источники утверждают, что друиды полагали своими родными краями, откуда они «есть пошли», Британию.

Археологические и исторические исследования предусматривают несколько вариантов прародины кельтов, но это явно не о. Британия. Кстати, первое земляное кольцо знаменитого Стоунхенджа (очевидно, имеющего к друидам самое непосредственное отношение) начало строиться в III тыс. до н. э., а кельты-бритты и скотты пришли туда только во II тыс. до н. э. Вполне вероятно, новые поселенцы вскоре попали под идеологическую власть уже сформировавшейся там таинственной секты. Естественно, как бывает в таких случаях, перемешав это со своими верованиями и богами. Несмотря на многочисленные друидические «центры подготовки» в Ирландии и на территории континентальной Европы, друид не мог получить высшее посвящение, пока не проходил обучение в неких «академиях» на территории современной Англии.

Нередко властители кельтского духа поднимали галльский народ на бой с врагами и захватчиками, но не стоит представлять их только как патриотов галльских народов – они обычно действовали в своих интересах, даже рискуя при этом гибелью собственной страны.

Есть серьезные основания полагать, что в начале Галльской войны (завоевания европейских земель римлянами под командованием Цезаря) друиды заняли проримскую позицию, отвечавшую на тот момент интересам их «ордена». Это было откровенным предательством по отношению к галльскому народу. Так что укреплению своих позиций в Галлии и, в конечном счете, ее полному завоеванию Цезарь был во многом обязан именно друидской религиозной знати. Одним словом, взаимоотношения ордена друидов со странами их обитания простыми никогда не были...

Не стоит представлять себе друидов фанатиками, до иступления преданными своим богам: они добровольно предоставляли свои храмы в пользование не то, что более близким для них язычникам-римлянам с их многочисленными богами, но даже христианам, как бы-

ло в Ирландии. Естественно, не по широте души, а как плату за то, что друиды не оказывались под ударом очередного завоевателя. Кому они на самом деле поклонялись, каким силам служили и для чего – всё это до сих пор не ясно. Друиды выжили даже после того, как христиане огнем и мечом насадили «религию добра» в Европе; тайные ордена друидов, несмотря на это, продолжали существование. В Ирландии, по крайней мере, до XVIII века просуществовали друидические традиции сложения гимнов и ряда других искусств. Причем совершенно открыто – в христианских монастырях, которые размещались в бывших учебных центрах друидов! Они сумели сохранить свои традиции и, возможно, организацию в, казалось бы, совершенно безвыходной ситуации. Есть серьезные основания полагать, что ряд «эзотерической» информации попал от друидов к средневековым мистикам, прорицателям и прочим любителям «тонких материй», таким как Парацельс (что, естественно, не делает эту «информацию» достоверной).

Кельтские народы, расселившиеся на огромной территории, были цивилизацией, ориентированной не на создание мощного централизованного государства, а на духовное совершенство. Можно сказать, что они жили весьма своеобразным укладом – совсем не похожим на цивилизации Средиземноморья и Ближнего Востока. Это была совместная жизнь довольно разных кельтских племен и кельтизированных народов, связанных идеологией, культурой и религией намного больше, нежели формальной властью. Эта цивилизация обладает непередаваемым очарованием своих ценностей – глубинной мудростью, бережным сохранением духовных традиций, отчаянной храбростью, презрением к смерти, исключительной наблюдательностью.

Шли годы и столетия, посещения Делоса гиперборейцами с принесением даров Аполлону стали регулярными. Люди смертны, давно ушли в «Другой Мир» учителя греков. Но чем более ослабевало влияние гиперборейцев, тем чаще на Делосе появлялись посланцы с гиперборейскими дарами Аполлону. Интересно, почему же они свои подарки дома не могли вручить Аполлону, где, по их словам, он регулярно объявлялся?



«Игра окончена»!

А дальше происходит просто потрясающее событие – посланную с дарами к дельфийскому оракулу группу гиперборейских дев в сопровождении нескольких охранников арестовывают (задерживают навсегда) на Делосе, а по некоторым свидетельствам – даже убивают.

Случай беспрецедентный, просто выходящий из ряда вон для греков, необычайно трепетно относившимся к своим богам и всему, что с ними связано. Убить жрецов-паломников Делосского Оракула?! Да за намного меньшие проступки провинившихся немедленно казнили на месте. А уж убийство паломников, прибывших с дарами... Уж после такого чудовищного преступления греки из других уголков страны не то что виновных – все живое на Делосе могли стереть с лица земли! Практически невероятно, чтобы на такое кощунство отважились на священном острове, не заручившись предварительным согласием афинских властей. Но ещё вероятнее – всё произошло по прямому приказу из Афин.

Что интересно, греческие историки-летописцы, интеллектуальная и культурная элита тех лет ничуть не возмущена поведением своих соплеменников, а лишь сухо констатирует факт, словно ничего особенного не произошло. Не заступились за паломников и жрецы Оракула. Странно, очень странно. Значит, они не только были в курсе, но и одобрили все это. Промолчал и «старший брат» оракула с о. Делос – Дельфийский Оракул. Видимо, неспроста.

Объяснение всему этому в предлагаемой модели, пытающейся отыскать реальный исток делосских гиперборейцев, очень простое. Тайинственные посланцы начинают понемногу захватывать идеологическую власть над всей Грецией – как, впрочем, они с самого начала и планировали. Однако в греческом обществе нашлись силы, способные противостоять захвату идеологической власти пришельцами.

Гиперборейцам незатейливо дали понять, что их претензии контролировать всю Грецию никто более терпеть не собирается.

Широко обнародовать то, что греческая верхушка поняла давно (а именно, что храм Аполлона в Делосе был в своё время построен аферистами), посчитали при этом совершенно излишним. Скандал с громким разоблачением был не нужен никому – ни греческой верхушке, ни гиперборейцам. Последние просто молча утерли разбитый нос, «ужаснулись содеянному»



и на территории Греции больше практически не объявлялись. А что же ещё они могли сделать – бросить галлов в жестокую войну с греками? И чем бы они вдохновили суровых воителей? Сказали бы, мол, заступимся за неизвестный чужой народ и чужих богов? Похоже, что здесь они сами попали в ловушку, которую расставили другим. Есть некоторые сообщения, что пара гиперборейских дев прибыла-таки на Делос несколько десятилетий спустя, но они тут же «принесли себя в жертву богине». Интересно, что до этого гиперборейские учителя в Греции склонностью к суициду не отличались. (Видимо, гиперборейские девы сами упали на жертвенный нож, каждая по нескольку раз...) Больше в Греции гиперборейских паломников-самоубийц не объявлялось. Видимо, их руководители поняли, что греки шутить не собираются. Впрочем, довольно скоро, по историческим меркам, начала восходить звезда новой сверхдержавы – Рима – и друидскому ордену стало явно не до чужеземных храмов.

Так значит ли всё это, что Гиперборей не было? В том виде, как о ней рассказывали делосские гиперборейцы, – нет. Но все еще интереснее! Тайинственные делосские посланцы просто использовали очень древнюю греческую легенду, чтобы внедриться в греческое общество. Лингвисты утверждают, что греческая легенда о Гиперборее много старше и относится, как минимум, к началу II тыс. до н. э. Есть немало других источников, которые описывают некую «Северную Прародину» у самых разных европейских народов и достоверные факты, говорящие о том, что с Севером не все было так просто.

Продолжение следует.

П.П. Краснов

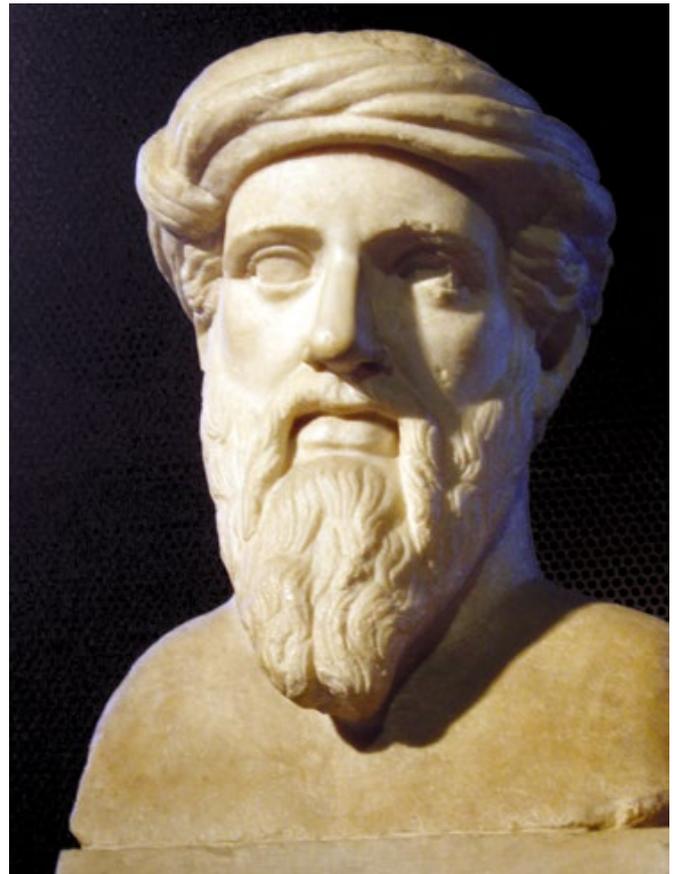
Когда возникла наука?

Да, кстати, что это вообще такое?

Подобные вопросы кажутся уж очень простыми – ведь все мы ещё со школы привыкли к таким оборотам, как «древнегреческий» или «древнекитайский» учёный. Надо сказать, что на русском языке они звучат вполне разумно, если слово «учёный» понимать в старорусском значении – в смысле, «знающий». Что же, никто и не ставит под сомнение огромные для своих времён знания Гераклита или Лао Цзы. Однако уже на английском языке то же самое прозвучало бы более странно: ведь пришлось бы их обоим именовать словом *scientist*, т. е. производным от *science*, которое, в свою очередь, возникло от латинского *scientia* («познание»). Т. е. «учёный» – это тот, кто профессионально занят «познанием».

Но ведь не он один познаёт мир! «Познающими» себя вполне могли бы назвать и философы, и художники, и математики. Да и жрецы либо священнослужители любой религии, наконец. Так есть ли между ними разница? Для нас эта разница более или менее очевидна. А древние, и даже средневековые, люди её не видели, принципиально не различая познания разных видов. А главное, и сами «познающие» не считали себя связанными с каким-либо одним видом знания. ...Теорему Пифагора помнят все. «Пифагор – великий древнегреческий математик». Но считал ли сам Пифагор себя математиком? Во всяком случае, он был также проповедником переселения душ. А ещё оставил множество туманных наставлений о том, как следует человеку вести себя в жизни. Странно звучат эти загадки: «Не разгребай огня ножом» (не провоцируй вспыльчивого человека острыми словами), «Через весы не шагай» (придерживайся во всём законов и меры) и т. п. А ещё категорически требовал от своих учеников, чтобы те ни в коем случае... не ели бобы (пифагоровскому поклонению бобам так и не нашлось внятного объяснения по сей день). Иными словами, на профессионального математика, каким мы его знаем уже лет 300-400, он мало походил – правильнее всего было бы называть Пифагора «мудрецом древности».

Общеизвестно и то, что гений итальянского Возрождения Леонардо да Винчи был не только художником, но и придумывал проекты небывалых машин, и с невероятной для своего време-



Так древний скульптор изобразил Пифагора. Капитолийский музей, Рим.

ни точно изображал внутреннее строение человеческого тела, и оставил свои знаменитые дневники, где касался самых разнообразных проблем своего времени – от естественных наук до музыки и военного дела. Т. е. опять-таки «мудрец». Огромными для своих эпох познаниями обладали некоторые монахи Средневековья. Но их сохранившиеся до наших дней трактаты так мало похожи на научные статьи! В них мы найдём сведения из естественных наук (иной раз достаточно фантастические) вперемешку с богословием и философией. Такие очевидные для нас вещи, как «научный метод», «критерий научности» или противопоставление разных взглядов по принципу «научно – не научно», были начисто неизвестны тем людям.

Отличий научного познания мира от всех иных можно найти множество. Вглядимся пристальнее в одно из них. В научную... скажем так – категоричность мышления. Т. е. для учёного Истина может быть всегда принципиально только одна. Тем он и отличается от всех других «познающих мир». В самом деле, разве же, например, стихи Есенина **отменяют** поэзию

Пушкина? А Пушкин «отменил» Державина или, допустим, Шекспира? Сама постановка подобного вопроса была бы нелепа и смешна! Не только не отменяют, но наоборот – эти столь разные (и многие другие тоже) способы поэтической речи *вместе* делают человека глубже. А всякий ценитель стихов любит не одного какого-либо поэта, а именно многих сразу. И правда, как замечательно жить в мире, где одновременно звучат для нас голоса и Есенина, и Пушкина, и Державина, и Шекспира! Нечто похожее мы увидим и в философии: системы рассуждений, например, жившего 25 веков назад греческого философа Платона прекрасно сочетаются с теми, которые философы создали 5 веков, 2 века, несколько десятилетий назад... И с теми, которые возникнут в будущем, через несколько веков. Сказать, что тот же Платон «больше прав», чем, скажем, Гегель, никому не придёт в голову. ...Веками бушевали в Европе религиозные войны. Во имя религиозной истины принимали муки и смерть русские старообрядцы в XVII веке. Неразрешимые религиозные противоречия по сей день сталкивают во многих точках мира мусульман. Казалось бы – где же ещё Истина формулируется столь категорично, как в религиозных исканиях?!

Однако религии и их разные течения существуют на Земле совместно уже много веков. Какого-либо понятного каждому способа выявить, «кто более прав» – русский старообрядец с его «двуперстием», или крестящийся тремя



Фрагмент картины Сурикова «Боярыня Морозова» из Третьяковской галереи. Изображённая на ней Фёдосия Морозова, не колеблясь, отдала жизнь за то, что считала Истиной. Но доказательств не требовалось при этом ни ей самой, ни её гонителям.



Герман Минковский – математик, объединивший пространство и время в единой 4-мерной модели. В той реальности, к которой принадлежим мы с вами, время и пространство – разные сущности. Но Минковский видел мир по-другому: «Отныне время само по себе и пространство само по себе становятся пустой фикцией, и только единение их сохраняет шанс на реальность».

перстами «никонианин», или, быть может, мусульманин-шиит (Т. е. такого способа установления Истины, с которым были бы вынуждены согласиться и эти трое, и буддист, и католик... и атеист) – попросту не существует. Равно как и не существует в этой области познания «общеобязательных» методов доказательства Истины. Для сравнения попробуйте-ка аргументированно «не согласиться» с тем, что сумма квадратов катетов равна квадрату гипотенузы... Математика – вот царство точности и логики! Вот где ответы легко разделить на верные и неверные! Но с другой стороны, математик исходит из достаточно условной системы «правил игры» – аксиом. Параллельные прямые не пересекаются? Конечно же, нет... у Эвклида. Но это не мешает им пересекаться в других геометриях (например, у Лобачевского или у Минковского). Мы с вами знаем только трёхмерное пространство, в котором живём? Математик на это лишь пожмёт плечами – 4-мерное, 5-мерное... n-мерное пространства для него точно такая же реальность! Стоит лишь договориться о новых аксиомах-правилах...

Лишь наука стоит особняком! В ней всегда были и сегодня есть спорящие друг с другом учёные и целые научные школы. Более того, подобные дискуссии жизненно необходимы для существования науки. Однако ни один из этих споров не длится вечно, но лишь только до тех

пор, пока одна из сторон не получит неопровержимые доказательства своей правоты. Когда же решающий эксперимент поставлен и Истина установлена, то все те, кто раньше придерживался иных точек зрения, обязаны согласиться со своими вчерашними оппонентами. Позиция «а мы всё равно остаёмся при своих мнениях!» в науке полностью исключена. Ну а если даже после «решающего» эксперимента остаются возможности разных, противоречивых толкований полученных данных... значит, этот эксперимент решающим не был – нужно планировать новые! До тех пор, пока все «несогласные» не будут вынуждены признать правоту одной-единственной теории. Или вовсе покинуть науку, объявив себя, например, сектой... В науке нет и в принципе быть не может «священных идей», т. е. того, что ни при каких обстоятельствах не подлежит исследованию, пересмотру и уточнению. Ну, была механика Ньютона кумиром людей своего времени – однако потом она становится лишь «частным случаем» современной механики Эйнштейна. Точно так же, если завтра кто-либо заявит, что человек произошёл не от обезьяны, а допустим, от дельфина (и предоставит этому неопровержимые доказательства!), нам волей-неволей придётся признать его правоту!

За подобную готовность в любой момент «стирать» старые знания и при появлении новой информации вписывать на их место новые, науке пришлось заплатить высокую цену. Этой ценой стало *принципиальное* безразличие науки к тому, что принято называть Добром и Злом. Учёный ищет лишь Истину. И, оставаясь в рамках науки, он должен быть безразличен к тому, кто и как пожелает воспользоваться открытыми им

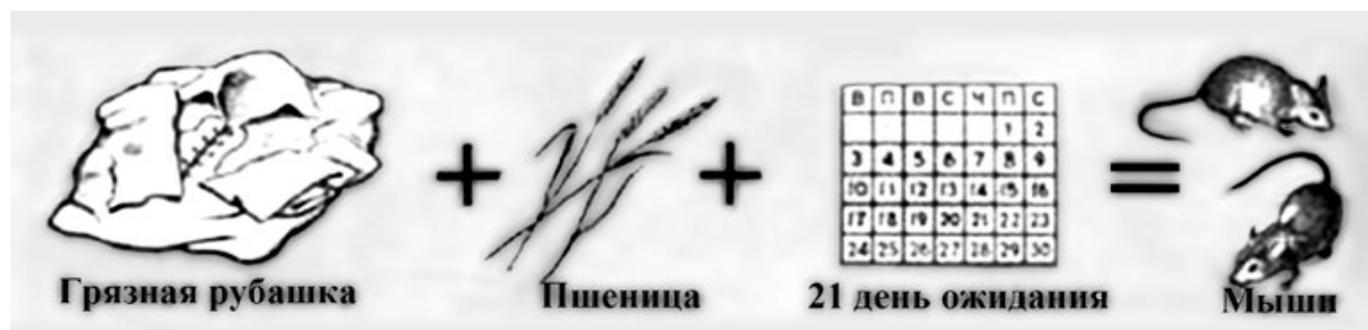


Так итальянский художник XIX века Кристиано Банти изобразил встречу двух миров – науки и религии

законами природы. (Разумеется, это не исключает того, что как человек учёный может ужаснуться, например, созданию на научной основе нового смертоносного оружия. Но это уже совсем другая тема. Научный интерес к атомному ядру или к изучению вирусов не зависит от результатов применения полученных знаний.) Все мы слышали легенду о том, как Галилео Галилей разговаривал с кардиналами в Риме об астрономии. Обычно эту историю рассказывают в несколько упрощённом виде: мол, бесстрашный Галилей предложил кардиналам самим посмотреть в телескоп, дабы убедиться в его правоте. Но мракобесы-кардиналы отказались.

Однако этот эпизод известен и в немного другой трактовке. Когда Галилей предложил направить телескоп на небо, кардиналы ответили ему: «Добывать знания можно либо ради Добра, либо ради Зла. Для чего это делаешь ты?» – «Ни для чего – просто, ради самого знания», – ответил Галилей. Даже сегодня от такой откровенности Галилея и от стоящего за ней холода «бесцельного знания» у многих, наверно, пробегают мурашки по спине. Что уж говорить о более впечатлительных людях, живших на рубеже XVI и XVII веков! Однако можно условно считать, что именно в тот момент и родилась наука в привычном для нас значении этого слова. Т. е. такого способа познания мира, где на первом месте стоит беспристрастность и объективность исследователя. Его умение не только на небо, но и на всякий объект изучения смотреть как бы через стекло...

В этой связи можно задать парадоксальный вопрос – а является ли наукой История? По всем признакам это ведь вполне классическая наука. Где существуют строгие методы исследований и научная логика, где исключительно важны количественные (т. е. выраженные в числах) данные. Где от учёного требуются объективность и точность не меньшая, чем, например, в химии или в биологии. Всё так. Но есть одно отличие Истории от остальных наук – их главный принцип, *Sine ira et studio* («Без гнева и пристрастия»), применим в работе историка далеко не всегда. В самом деле, можно ли требовать от исследователя, изучающего, к примеру, трагическую гибель Хатыни, чтобы он толковал о своём предмете так же отстранённо, как палеонтолог будет рассказывать версии гибели динозавров?! Подобное требование не только неосуществимо, но и безнравственно. Хотя при этом, безусловно, от историка, как и от всяко-



Эксперимент Ван Гельмонта

го другого исследователя, требуются научная честность и логическая строгость.

Новое, научное отношение к познанию породило и невиданный раньше способ исследования – эксперимент. Для нас он стал настолько неотъемлемым, главным инструментом научного исследования, что и представить трудно – неужели раньше люди экспериментов не ставили? Как ни странно – нет. Более того, сама идея экспериментальной науки была настолько невероятна для людей прошлого, что современник Галилея, английский философ Фрэнсис Бэкон, говорил: «Эксперимент – это допрос Природы под пыткой». Чтобы понять это, попробуем представить, что некто планирует в порядке эксперимента... поженить голубоглазого мужчину и зеленоглазую женщину, чтобы проверить, какого цвета будут глаза у их детей. Нас, считающих священной человеческую жизнь и любовь между мужчиной и женщиной, естественно, оскорбит сама мысль о подобном опыте. Но для людей, живших относительно недавно, такой же святыней был и весь мир в целом! А потому всякое вмешательство в него с целью «посмотреть, что получится» казалось им недопустимым кощунством.

Странными и подчас неуклюжими были первые шаги человека на принципиально новом для него пути экспериментального исследования. Один из первых в мире учёных-экспериментаторов, голландец Ян Баптиста ванн Гельмонт, живший в эпоху зарождения современной науки (т. е. всё на том же на рубеже XVI и XVII веков), задумал проверить: верно ли то, что мыши сами по себе зарождаются при контакте человеческого пота (носителя «жизненного начала») и пшеничных зёрен. Прикрыв горшок с зёрнами пропотевшей рубашкой, он стал терпеливо ждать. И вот – ровно на 21-й день (аккуратный Ван Гельмонт отметил это в лабораторном журнале) мыши «самозародились»!

Не будем торопиться с насмешками – Ван Гельмонт был исключительно талантливым и

пытливым исследователем. Но являясь одним из первых учёных-экспериментаторов Земли, он ничего не знал о технике экспериментов, об обязательных контролях и т. д. (Современный учёный, желая воспроизвести опыт Ван Гельмонта, очевидно, поставил бы его так: (1) рубашка + зёрна в незапечатанном горшке; (2) то же самое, но в наглухо закрытом горшке; (3) только рубашка; и (4) только зёрна.) Некоторые другие опыты Ван Гельмонта были весьма успешны – именно он доказал, что растения получают «строительные материалы» не из почвы (как до того времени считали все), а из воздуха (про фотосинтез люди узнают ещё не скоро). Кроме того, Ван Гельмонт обогатил наши языки новым научным термином – словом «газ», которое он образовал от греческого «хаос».

Итак, возникшая в начале Нового Времени наука начала стремительно обзаводиться необходимыми ей инструментами исследования и вырабатывать новую «научную» логику, достаточно отличающуюся от всех иных способов думать, которые были известны человечеству раньше. Появились со временем *критерии научности* рассуждения или исследования. Авторитет науки, бывшей некогда лишь «служанкой богословия», стремительно рос. Одновременно возникли, естественно, многочисленные подделки «под науку». Специфическим научным языком бойко заговорили самые разные, зачастую далёкие от науки люди: политики, журналисты, домохозяйки и просто жулики. Одним словом, новорожденной науке предстояла бурная жизнь в обществе. В наши дни научные термины и наукообразные доказательства чего угодно сыпятся на нас так часто, что современному человеку просто необходимо уметь отличать науку от ненауки и понимать, что такое «научность». Обо всём этом мы можем поговорить в следующих выпусках журнала.

М. Л. Шатури

Дневник Коли Петрушкина

Ученик пятого «Б» Коля Петрушкин открыл дневник и задумался. Если бы дневник был школьный, пришлось бы не раздумывать, а прятать его за батарею, пока мама не увидела замечание. Но дневник был Колин личный, созданный в вордовском файле на компьютере. А компьютер за батарею не спрячешь.

В дневнике люди записывают самое главное. В школе считается, что главное – уроки, поэтому в ученических дневниках – домашнее задание и оценки. Если бы дневник вёл Колин кот, то записи были бы о мышах. В общем, у каждого главное – своё. А у Коли дневник особый. Он нужен для важного дела. В середине четверти Коля влюбился в Катю Лощинину и сразу решил подробно записывать, как продвигаются дела: во-первых, чтобы рассчитать, когда делать признание, во-вторых – чтобы понять, стоит ли надеяться на взаимность.

В начале документа жирным шрифтом выделен заголовок: «Дневник Коли Петрушкина. Моя любовь к Кате Лощининой. Февраль 2010 – ...». Дальше стояло:

«Вторник. Лощинина (для краткости буду называть её К.Л.) прошла сегодня мимо нас в столовой. Пашка сказал: «Красавица!», и я понял, что это правда. Пашка влюблён в К.Л. два



месяца, Марик – три недели. Только я отстал. По пути из школы купил блокнот в виде сердечка, розовый. Девчонкам такие штуки нравятся.

Среда. Отправил К.Л. записку на листке из блокнота: «Вы прекрасны, словно роза». Не подписался. К.Л. фыркнула и скомкала листочек. А он, между прочим, был надушенный. Анька Батырина, когда передавала записку, так на меня посмотрела, что я испугался. Вдруг догадалась, что там написано? Но она ничего не сказала.

Суббота. Вчера в школе не был. Мама возила меня к зубному и обещала за мужество купить что-нибудь ценное. Я выбрал набор для бисероплетения «Мама и дочка». Мама удивилась, но купила. Второй день не вижу К.Л.. Как я страдаю, просто невероятно. Процарапал на своём письменном столе буквы «К» и «Л», на всякий случай – сбоку, чтобы папа не заметил. Немного увлёкся, борозды получились широкие и глубокие, вся полировка сошла.

Понедельник. Ура, я был в школе! Удивительно, мне теперь это в радость. Когда девчонки вышли на перемену, подсунул набор К.Л. в сумку. Встал неподалёку: хотел услышать, что она скажет. Она не заметила. Заметила Батырина, вытиравшая доску, и весь урок смотрела на меня глазами свирепого волка. Наверное, подумала, что я подложил бомбу. Жду завтрашнего дня, чтобы узнать реакцию К.Л.

Вторник. К.Л. пришла в бусах из набора, но ничего не сказала: я, болван, забыл положить в сумку записку. Записку нашёл Пашка: она выпала из моего кармана. Завтра в школу не иду: фингал под глазом в пол-лица. Или правильно писать «пол лица»? Повторю пока правила.

Среда. Правильно писать «пол-лица»: мама составила заявление на имя директора. А ещё звонила Пашкиным родителям, обещала устроить им «весёлую жизнь». Велела мне с Пашкой не водиться. Папа возразил, что мужчины должны сами выяснять отношения. Мама стала кричать, что мужчины зарабатывают деньги для семьи, а не валяются на диване, и что мужчинам не всё равно, что происходит с их детьми. Папа ушёл в гараж, а мама пила валерьянку и весь вечер слушала Джо Дассена. Я так волновался, пока они ругались, что нацарапал три сердца вокруг букв «К.Л.». На полировке делать бороздки неудобно, и одно немного не получилось, вылезло на верх-

нюю крышку стола. Но если не присматриваться, не заметно.

Четверг. После уроков подошёл к девчонкам. К.Л. надевала куртку. Я сказал «Давай помогу». Девчонки стали смеяться, только Батырина смотрела зло. Наверное, хочет меня убить. К.Л. ушла с Пашкой. Он показал мне кулак издали. Подумаешь, кулаков я не видел, что ли.

Пятница. Раздобыл в учительской журнал и списал телефон К.Л. Буду звонить.

Суббота. Увозят к бабушке на выходные. Вынужденно бездействую.

Воскресенье. Вернулся от бабушки поздно, сразу позвонил К.Л.. Поставил Джо Дассена, пустил музыку в микрофон. Трубку снял какой-то грубый мужчина, долго кричал, что ему рано вставать, что телефонное хулиганство – подсудное дело. Потом накричала мама, что уже за полночь, а я не сплю. Влюблённые всегда непоняты.

Понедельник. В буфете купил К.Л. шоколадку, но отдать не решился: с одной стороны стоял Пашка, с другой – Батырина. Пашка опять показал кулак. Его вызывали к директору за драку, а он кулаками размахивает. Батырина ничего не показывала, только смотрела. Интересно, у человека от рождения волчьих глаза или можно научиться так смотреть? Попробовал посмотреть волчьими глазами на Мурзика. Он только зевнул. Наверное, всё-таки – от рождения.

Среда. Пришёл на английский на десять минут раньше! Написал на доске: «Лоцинина+Петрушкин=...». Надо же как-то менять сознание человека. Может, дело сдвинется с мёртвой точки. Как назло, Батырина тоже пришла раньше: дежурить. Конечно, всё стёрла. Бывают же такие злые глаза у человека. По цвету, между прочим, зелёные. Как у кикиморы. А волосы – рыжие. Не удержался, дёрнул за косу. Ничего особенного, такая же, как у брюнеток.

А у К.Л. глаза светло-карие. И вместо косы она носит «хвост». Где ты, о К.Л.?

Вторник. Я влюблён уже две недели, и никаких результатов! Одни страдания. Нарочно подождал К.Л. после уроков: сегодня Пашка болеет. Записываю наш диалог. К.Л.: «Что надо, Петрушкин?». Я: «Лоцинина, только не вешай мне лапшу, что портфель лёгкий», – это я намекнул, что могу проводить. К.Л.: «Петрушкин, детский труд запрещён! Береги силы, малыш!». И засмеялась. И ушла вместе с девчонками. Ха, «малыш»! Про Наполеона она, что ли, не слышала? Бывает, «малыши» мир завоёвывают. Ая, между прочим, среднего роста, а никак не ниже.

Мне не понравился диалог. Я был как-то скован. Надо придумать пару умных ответов, чтобы не стоять столбом, когда говорят что-то насчёт роста или, например, очков. Проблема в том, что я не очень привык говорить с девчонками. Нет практики. Решил тренироваться пять минут с утра перед зеркалом: непринуждённые позы, мужественное лицо и т. д. Примерные фразы для беседы:

- мал золотник, да дорог;
- на себя посмотри, скоро головой потолок достанешь;
- мадам, что вы знаете о Наполеоне Бонапарте?



Четверг. Всё-таки грубые эти девчонки. Сегодня после школы снова ждал К.Л.. Про Наполеона заговорить не успел, она издали закричала: «Ой, не могу, опять детский сад на прогулку вышел!» и пошла в другую сторону. Девчонки за ней. Я сделал вид, что жду приятелей: вокруг толклись парни из параллельного, могли поднять на смех. Я очень разозлился. Написал на стене «К.Л.» и пулял в буквы грязным снегом. Немного успокоился и сделал выводы: нахрапом К.Л. не возьмёшь. Надо стихи использовать какие-нибудь. О любви.

Когда все ушли за К.Л., Батырина вернулась: обронила перчатку. Глаза, между прочим, заплаканные. Из-за перчатки, что ли, расстроилась? Так отстирать можно. Или она не умеет? Девчонка, а грязнула.

Дома пробил все три сердца вокруг «К.Л.» стрелами. Уроки делать не мог: наступил Мурзику на хвост, а он сдуру опрокинул кастрюлю с супом на учебники. К вечеру должны высохнуть.

Среда. Схватил «двойку» по английскому. Влада Михайловна сказала: «Учебники в супе! Придумай что-нибудь получше». Мне что, кастрюлю в школу принести, чтобы она поверила? Или, лучше, кота?

Учебники совсем размокли, особенно английский. Папа кричал, что у него не швейцарский банк, чтобы каждую неделю учебники покупать. Потом ушёл в гараж. О любви думать не могу, обстановка неподходящая.

Четверг. Вчера так нервничал, что нет времени подумать о любви, что уснул, не собрав портфеля. В результате забыл тетрадь по английскому дома. Влада Михайловна ничего не сказала, только двойку поставила. И это всё для К.Л., а она опять ушла с Пашкой!

Звонила Батырина. Ей Влада Михайловна поручила пройти со мной деепричастие. Я сказал, что простудился, пусть приходит ко мне. Всё-таки надо посмотреть, как на Мурзика действуют волчьи глаза.

Пятница. Удивительное дело: кот Батырину не испугался. Мурлыкал. Батырина одолжила мне свой учебник, у неё есть второй. Вот у чьего отца дома швейцарский банк.

Суббота. Ходили с классом в зоопарк. Постарался встать поближе к К.Л.. Она была в сапогах на таком тонком каблучке, называется «шпиль-

ка». Шла последняя: может, не хотела, чтобы другие завидовали? Сапоги блестящие, у меня в таких мама ходит. Когда переходили через мост на новую территорию, К.Л. упала. Я помог ей дойти до лавки. Влада Михайловна велела нам оставаться и ждать, пока класс вернётся обратно. Я так волновался, что не мог говорить. К.Л. спросила: «Петрушкин, ты охрип?». Я кивнул. Тогда она сказала «а-а-а», достала мобильный и стала набивать смс-ки. Потом спросила, есть ли у меня айфон. Я ответил, что нет. Тогда она опять сказала «а-а-а». Пока я думал, пора признаться в своих чувствах или нет, вернулся класс.

Дома покрасил сердца вокруг «К.Л.» в красный цвет. Под полировкой стол оказался светлым. А если процарапать поглубже, пахнет настоящей древесиной.

Воскресенье. Решил написать письмо с объяснением. В письме надёжнее: сразу можно начать с фразы про Наполеона, никто не помешает. Ну, и стихи можно просто написать, наизусть учить не надо. Спросил Батырину (она опять приходила), может ли она передать послание К.Л.. Намекнул, что важное. Она вскочила, как ошпаренная, и стала собираться домой. Наступила Мурзику на хвост. Он, конечно, взвился. Прыгнул на стол, помял тетрадь по английскому. Придётся переписывать, а то Влада Михайловна мне не верит, опять «пару» влепит. Но как передать письмо?

Понедельник. Решил отдать письмо сам. Долго думал, надо ли говорить какие-то слова. Взял у мамы сборник стихов «О любви». Почитал, не понравилось. Слова какие-то неподходящие: «гений», «виденье», «заточенье», «пробуждение». Не подходит по смыслу. Спросил у папы, говорил ли он какие-то слова, когда ухаживал за мамой. Папа прямо зарычал: «А мама, разумеется, говорит, что нет?». Я сказал, что не спрашивал. Но папа почему-то разозлился и ушёл в гараж. Придётся говорить от себя. Для объяснения выбрал такой стишок (записал после «Я тебя люблю», конечно):

*Люблю, – но реже говорю об этом,
Люблю нежней, – но не для многих глаз.
Торгует чувством тот, что перед светом
Всю душу выставляет напоказ.*

Вообще-то, я не очень понял текст. Но в книжке все стихи непонятные, а в этом хоть первое слово подходит. Сразу объяснился, и всё. И во второй строчке повторяется. Для уверенности, что дошло. Дальше пусть сама понимает. Девчонки стихи любят.



Вторник. Я всегда знал, что не оратор. К тому же, когда я подошёл к К.Л., в горле пересохло, как в пустыне Калахари (или Сахаре? Надо повторить географию, кажется, что-то такое задали). Отдал письмо и сразу отбежал. Вышло немного странно, но, во-первых, в класс вошёл Пашка, а, во-вторых, нужно было срочно списать домашку по английскому. Я из-за этого письма ничего не успел. А тут у окна стояла Батырина. Я и отбежал к ней. Попросил дать списать, а она меня со всей силы по голове учебником огрела. Всё-таки она сумасшедшая. Может, Мурзику уколы от бешенства сделать? Она его гладила.

Среда. Сегодня день прошёл без событий: К.Л. заболела. Батырина приходила заниматься английским. Принесла торт «Наполеон». Вот я знал, что завоеванием Европы дело не ограничилось: даже торт в честь Наполеона назвали. Надо будет вставить где-нибудь в разговор. Вот тебе и «малыши».

Получил «пятёрку» по географии за пустыню Калахари. Сахара тоже есть. А ещё – Каракум, но она в Средней Азии, а те две – в Африке. Интересное дело эта география.

Мама вчера нашла свою книгу со стихами в гостинице. Я забыл убрать. Стих «Люблю» был подчеркнут, – я переписывал. Странное дело, мне даже не попало, а вечером мама надела синее платье, праздничное, и включила Джо Дассена. Папа вернулся с работы и не пошёл в гараж, а пошёл к маме, в комнату. По-моему, они там танцевали.

О любви сегодня не думал: было некогда.

Пятница. Оказалось, Батырина пекла торт сама! Но сказала, что «Наполеон» – это сложно (я не сомневался! Наполеоны просто так не даются). Пончики гораздо проще. Она приносила, вкусно. Она много печёт, а девать некуда: мама худеет. А папа, конечно, занят швейцарским банком и не обращает внимания на сладкое.

Два дня был так занят английским и пончиками, что совсем не думал о любви. Но К.Л. всё равно болеет, так что я с чистой совестью позволил себе выходные.

Вторник. По английскому за контрольную получил «четыре». Батырина в честь этого испекла пирог с яблоками. Надо всё-таки привыкать называть её «Аня».

Среда. Батырина (нет, я же обещал!) Аня сегодня не пришла заниматься, и я волновался: вдруг пекла что-нибудь и обожгла руку? Или случилась утечка газа в плите, а это не шутка! Телефона её у меня не было. Из девчонок знал

только телефон К.Л. (ещё тогда переписал из журнала). Решил позвонить ей просто как одноклассник. Могу же я узнать телефон её подруги? К.Л. глупо хихикала в трубку, но телефон дала. Если бы я не был влюблён, обязательно сказал бы какую-нибудь гадость: хихикает, когда человек, может быть, при смерти и нуждается в «скорой помощи»!

Не зря я волновался: у Ани дома прорвало трубу! Пока ждали Аниных родителей, собирали воду тряпками. Ну и наработались! У Ани живут пять кошек, все – с зелёными глазами. Одна – рыжая в полоску. Красиво.

Записал телефон Ани в мобильник, а то вдруг опять будет тонуть. Отсыпал Мурзикова «вискаса» для её кошек. Мама не заметила. Они опять с папой вечером танцевали. Книгу так и не поставили на полку, читают друг другу каждый вечер. Я из-за этого бубнежа за стенкой не могу сосредоточиться на мыслях о К.Л.. Всю неделю засыпаю, как убитый. А сегодня ещё и спину ломило после уборки.

Четверг. Сегодня на английском говорили о любви. По домашнему чтению была «Лорна Дун», – кажется, любовная история (мы с Аней пока не проходили, я не знаю подробностей). Влада Михайловна сказала, что почти вся поэзия посвящена любви (ха, я сразу вспомнил мамину книгу) и что великий английский поэт Шекспир посвятил любви целых сто пятьдесят сонетов. Ну, и стала читать нам стихи. И на доске повесила плакат: говорит, давайте узнаем знакомые слова. Я переписал стихи не в тетрадку, а на подвернувшийся листок. Оказалось – на черновик письма К.Л. Смотрю, слова повторяются точно как в том стихе. Я и говорю: «Влада Михайловна, есть такое стихотворение на русском», и начинаю читать: «люблю и тра-ля-ля об этом...». Ну, и дальше, он же у меня на бумажке записан. Влада Михайловна так обрадовалась! Оказывается, я прочитал этот же стих, только в переводе на русский. Поставила «пятёрку». Аня на меня такими глазами посмотрела! Почему я думал, что у неё глаза волчь? У волков – светло-карие.

Кстати, перевод, оказывается, Маршак сделал. Тот, который «Кошкин дом».

Понедельник. Странная произошла история. Сегодня К.Л. принесла в школу моё письмо. На перемене показывала девчонкам, они смеялись. Почему-то я ничего не чувствовал. Даже когда Пашка начал размахивать у меня перед носом веснушчатými кулаками. Я только не знал, что

говорить. И тут пришла Аня. Лощинина со смехом прочитала ей письмо. А Аня говорит: «Я знаю эти стихи, мы вчера их на английском читали. Это английский поэт Шекспир». А Лощинина: «Но тут написано «Я тебя люблю»». Аня отвечает: «Так это нам знакомые слова велели с доски переписать». Ох, и вытянулось у Лощининой лицо! А мы с Аней вечером ели шарлотку в честь «пятёрки» по английскому. Начали читать Лорну Дун.



Папа спрашивал, что за буквы у меня на столе. Увидел всё-таки. Я ответил: «Какие буквы, папа? Это ошибка!». И правда, моя глупая любовь была ошибкой. Пошёл в комнату и закрасил «К.Л.» гуашью. Почти не видно. Вечером покрою лаком, будет совсем незаметно.»

Коля прочёл последнюю строчку и выделил весь текст. Постучал пальцами по клеёнчатой синей скатерти, глядя в окно, подумал и снял выделение. Поставил руки на клавиатуру и набрал:

«Среда. Хотел стереть этот дневник, но передумал. Пусть останется как напоминание о прошлых ошибках. Я решил, мне рано думать о любви. Это я от безделья маялся. А когда жизнь интересная, никакая глупая любовь в голову не полезет. Я теперь сильно занят: надо сбежать за подарком Ане на восьмое марта, подучить английский за выходные. А ещё мы с Аней собираемся на каток, пока лёд не растаял. И «наполеон» она обещала меня научить печь. Так что бросаю вести этот дневник».

Автор подумал, прокрутил документ в начало и исправил заголовок. Синие буквы вверху теперь гласили: «Дневник Коли Петрушкина. Моя любовь к Кате Лощининой: история глупой ошибки. Февраль 2010 – март 2010». Коля прокрутил текст вниз и дописал: «Конец».

Н. К. Савушкина

Ко всему тому, о чём Вы прочли в журнале, необходимо добавить ещё несколько слов. Если Вас не оставили равнодушными те или иные статьи, либо Вы хотите добавить свой комментарий или вступить в дискуссию – добро пожаловать! Присылайте свои письма редакции «Микро Макро» на адрес: shaturin@mikros.lt. Самые интересные из присланных читателями писем мы будем регулярно публиковать и отвечать на них.

Мы также приглашаем к сотрудничеству авторов. Если Вам есть что сказать в любой из областей научного знания,

и Вы хотите поделиться темой своих исследований или просто наблюдениями со страниц журнала – адрес Вам уже известен!

Т. к. всё, что касается «домашних» научных увлечений, в особенности любительской астрономии и микроскопии, вызывает у нас самый пристальный интерес – ждём Ваши фотографии, сделанные с использованием микроскопов и телескопов. Большая просьба ко всем микро-макрофотографам, указывать в сопроводительной записке: каким прибором Вы пользуетесь для наблюдений, как

проводили саму съёмку и т. д. Словом, давайте вместе позаботимся об одном из важнейших принципов научности – о воспроизводимости результатов коллегами.

Сайт нашего журнала: www.mikros.lt. Там же Вы можете оформить подписку на журнал «Микро Макро». В ближайшее время появится также электронная версия «Микро Макро», на сайте журнала мы будем регулярно помещать информацию, касающуюся мобильного приложения и подписки на него.

До новых встреч!