

александр



ГОРДОН

диалоги

Александр Гордон
Диалоги (сентябрь 2003 г.)
Серия «Беседы 2003 года», книга 9

<http://www.gordon.ru/>

Аннотация

В настоящем сборнике представлены стенограммы ночных передач-диалогов телевизионной программы Александра Гордона:

1. Эффекты сверхмалых доз.
2. Рождение художественного текста.
3. Предел времени.
4. Солнечная система.
5. Луна.
6. Солнечная активность.
7. Венера.
8. Судьбы планет.
9. Астероидная опасность.
10. Грибы.
11. Класс интеллектуалов.
12. Математика нелинейного мира.
13. Синхротронное излучение.

Содержание

Эффекты сверхмалых доз	4
Рождение художественного текста	28
Предел времени	59
Солнечная система	92
Луна	121
Солнечная активность	144
Венера	166
Судьбы планет	198
Астероидная опасность	230
Грибы	260
Класс интеллектуалов	287
Математика нелинейного мира	314
Синхротронное излучение	340

Александр Гордон Диалоги (сентябрь 2003 г.)

Эффекты сверхмалых доз

1.09.03

(хр. 00:40:30)

Участник:

Елена Борисовна Бурлакова – доктор биологических наук

Александр Гордон: ...попросил одного моего знакомого, который занимался наукой в тот момент, объяснить мне, в чем скандальность этой публикации. Он сказал: «Ну, представь себе, что ты берешь ключ от машины, опускаешь его в Темзу в районе, скажем, моста Александра Великого. А потом в другом месте Темзы берешь пипеткой каплю воды и с помощью этой капли открываешь машину, поскольку информация об этом ключе сохранилась».

Елена Бурлакова: Он и сейчас продолжает настаивать

вать. Но то, что делает сейчас Бенвенисто – это уже как небо и земля, он теперь говорит о том, что будет передавать лекарства людям через Интернет. Вот уж именно: «Темза и ключ». Но скандальность этой работы была в другом. Поначалу Бенвенисто был классическим биохимиком, потом начал совместную работу с гомеопатами, а через какое-то время опубликовал полученные данные без них, и они на него очень сильно обиделись. Вообще-то он был очень успешный биохимик, это тоже надо понимать, – человек не полезет просто так в петлю.

А.Г. И не опубликует просто так материалы в «Nature»...

Е.Б. «Nature»-то проверял результаты перед публикацией 6 раз, а потом все равно отказался от напечатанного, что было весьма глупо. Дело вот в чем – так как вы не знаете истинного механизма, эффект может зависеть от того, каковы изначальные координаты для вашего случая. А он тоже этого не знал. И у него были некоторые случаи, когда ничего не получалось.

А.Г. То есть повторяемости не было.

Е.Б. Просто иногда не получалось, иногда получалось. Но если иногда получается, значит, что-то все-таки есть. Если женщина один раз родит крокодила, не обязательно, чтобы была повторяемость, главное, чтобы это видело много народу.

А.Г. И все-таки вернемся к нашей теме. Сверхмалые

дозы – что это?

Е.Б. Можно дать объяснение такого порядка – это те дозы, начиная с которых, современная биохимия, современная наука не может объяснить их действие. Но мы можем определить немножко по-другому. Это те случаи, когда у вас число молекул химического вещества на клетку становится меньше единицы. Или можно сказать так: это дозы, когда прежде работавшие объяснения не проходят. Поэтому на самом деле – это тот мир таинственности, который требует новых объяснений, принципиально новых, потому что для концентрации 10 в минус 8-ой моля есть прекрасное объяснение: 10 в минус 11-ой – тоже есть объяснение, хотя здесь с этим уже не так просто. А вот минус 12-ть, 13-ть, 15-ть...

А если вы еще присоедините гомеопатию к этому классу явлений, то окажетесь в тяжелом положении, потому что придется либо говорить, что это все выдумки и этого быть не может, что люди ставят не тот эксперимент, делают не тот контроль и так далее. Либо вы должны принимать какие-то другие, новые представления, другой алгоритм исследования.

Вы знаете, что здесь самое интересное? Я часто думала – почему люди не обратили внимания на это тогда, когда разрабатывали лекарства? И оказалось, что на самом деле причина не принципиальная, а связана она с нашей обыденной жизнью. Вот вы взяли лекар-

ство, скажем, 100 миллиграмм, и даете его человеку, потом видите эффект. Потом вы дали ему не 100, а 10 миллиграмм. И у вас эффект приблизительно в 10 раз стал меньше. Дали миллиграмм – ничего нет, дали одну десятую миллиграмма – тоже ничего нет. Я спрашиваю: кто из дураков будет разбавлять дальше? Никто не будет разбавлять. И будет считать, что ничего нет и не может быть.

У нас эти вещи открылись тоже совершенно случайно. Случилось это двадцать лет назад. В 83-м году мы ставили эксперимент в Институте психологии и смотрели влияние одного биологически активного вещества на нейрон. И оказалось, что оно действовало, но было токсично, и очень скоро нейрон погибал. Тогда мы решили уменьшить концентрацию. Но уменьшали концентрацию не химики, которые, скажем, в 2 раза уменьшат, ну, в 10, не больше. А мы сделали, как в иммунологии делают – в 100 раз, в 1000, в 10 000. И когда попробовали эти растворы, то были потрясены тем, что эффект не просто не пропал, а остался...

Потом мы стали делать опыты на животных, зная, что эффект должен быть. Мы не остановились на 0,1 миллиграмма, а сделали одну сотую миллиграмма, потом одну тысячную, потом одну десятитысячную. И при одной стотысячной миллиграмма вдруг у нас появился эффект, и он пополз вверх, пополз и пополз. Здесь как раз есть рисунок, который показывает этот эффект.

Что самое характерное? Обратите внимание, вот два пика, а между ними у вас так называемая «мертвая зона», воздействия нет. И поэтому все началось с больших доз, когда искали токсическую дозировку. Потом начинали ее уменьшать и уменьшать, и так был получен этот эффект.

Покажите, пожалуйста, второй слайд. В этой ситуации есть несколько особенностей. Первый момент – это сложная зависимость. То есть у вас не в любом месте этот эффект проявляется. Это не прямая линия, которая все время будет вам давать маленькие дозы, ничего подобного. Вы опускаетесь на отсутствие эффекта, и это бывают очень большие концентрации, на 10 порядков, например, разница.

А.Г. Эффекта нет и нет, а потом...

Е.Б. А потом он вдруг возникает. Это, прежде всего, конечно, наводит на мысль, что это мы имеем дело сначала с сигналом возможного действия, а потом – через какой-то промежуток – с самим воздействием. Воздействие – это когда 10 в минус 6-ой моля, 10 в минус 5-ой моля, а сигнал о возможности такого воздействия, естественно, должен быть отделен. Как предупреждение и время на раздумье. Если сигнал и само действие окажутся рядом, вы ничего не сможете рассмотреть и не успеете дать ответную реакцию на этот сигнал. Я привожу такой образный пример, когда меня спрашивают об этом: есть мясо, пахнет мясом, а мяса

нет. У вас же все равно идет перестройка. Вы ожидаете, вы в напряжении, что сейчас принесут мясо, у вас уже слюноотделение началось, желудочный сок выделяется, а ничего нет. Поэтому я говорю, что если бы я была Господом Богом, я бы именно так разделила, чтобы сигнал и действие не смешивались. Одно дело – информация о чем-то, а другое – сам процесс поглощения.

Особенности действия сверхмалых доз заключаются, во-первых, в сложной полимодальной зависимости «доза-эффект» – причем на всех уровнях. Я с самого начала хочу сказать, что мы будем говорить про химию, но тоже самое вам расскажут люди, которые занимаются радиационной биологией, тоже самое вам расскажут те, которые занимаются электромагнитным излучением. Те же самые проблемы, те же самые.

Кинетический парадокс в действии, что это такое? Вы можете давать вещество, которое в организме содержится в концентрации на два порядка выше, чем экзогенная концентрация. Но вы чувствуете его, хотя даете такую маленькую концентрацию. Этому придумывалось много объяснений: что в организме все соединено с белками, например, но на самом деле свободная концентрация тоже меньше. Но это уже объяснение эффекта, а сам факт вот такой.

С электромагнитным лучом – та же самая ситуация. У вас излучение по интенсивности может быть ниже

магнитного поля Земли. «Ну как же, – говорят, – так может быть? Что вы, не понимаете, во сколько раз там больше?..» Это и есть тоже самое.

Между прочим, мы именно таким образом пользуемся лекарствами, сами того не понимая. Мы вводим себе один миллиграмм какого-то лекарства, а у нас в печени это же самое вещество находится в десятках грамм. Поэтому на самом деле это есть кинетический парадокс, и он распространен на все случаи, когда присутствует слабое интенсивное воздействие.

Далее – зависимость ответа от начальных характеристик биологического объекта. На этом погорел Бенвенисто. Если бы он знал, какие характеристики важны, он бы сказал: вот у вас два эксперимента, они не проходят, потому что на самом деле начальные условия – разные. Но когда люди уже стали специально это изучать, то что они показали? Если вы берете случай, когда у вас много данного вещества, и действуете малыми дозами, вы можете привести к уменьшению этого количества, а когда у вас мало – к увеличению. Я называю это правило «орут», когда едет милицейская машина и оттуда говорят: «80 километров!» Кто меньше, тот должен подтянуться, кто больше, тот должен немножко опуститься. Такая же ситуация и здесь. То есть эффект будет зависеть от того, на что вы действуете. Это тоже очень важный момент – важный момент именно для сигнала. Если бы мы с вами просто погло-

щали мясо, то дело сводилось бы к тому – наелся ты или нет? можешь есть или нет? А если есть сигнал, то он может приводить к желанию большему или, наоборот, – к отвращению...

А.Г. То есть здесь аналогия такая: если запах мяса слышит вегетарианец или сытый человек, у него не возникает...

Е.Б. Совершенно верно, могут быть разные ответы. И наконец – расслоение эффекта. Это вещь, которая очень важна в практическом плане. Например, у вас есть препарат, который обладает пятью разными свойствами. И они все действуют одновременно. А это неприятно – например, какой-нибудь наркотик одновременно вызывает зависимость. А если не вызывает зависимость – может и не действовать. Так вот, когда вы начинаете уменьшать концентрацию, то для каждого свойства может быть пик в разных местах. И тогда вы их разделите. Нам удалось разделить действие в случае феназепам, я потом покажу эту картинку. Феназепам был ночным транквилизатором, его в Институте фармакологии делали под руководством Сергеевой и Ворониной. Почему он ночной транквилизатор? Потому что он расслабляет мышцы, вызывает ощущение сонливости и так далее. Вы не можете дать его людям как транквилизатор днем, потому что если они его примут днем, могут попасть и в аварию и так далее. А когда вы его даете в маленькой дозе, то у вас сонливость

остаётся в одном концентрационном месте, миорелаксация – в другом, и вы имеете уже как бы новый препарат, который лишен ненужных свойств. И мы его уже записали в патенте как дневной транквилизатор.

А.Г. Хотя химический состав тот же самый. Только концентрацией отличается.

Е.Б. Да. Ну, может быть, там есть какие-то и примеси, но дело не в этом. Дело именно в том, что для каждого свойства есть своя собственная зависимость.

Очень важным моментом является то, что после действия сверхмалых доз увеличивается чувствительность биообъектов ко всем другим факторам. То есть, если вы живете в такой среде, где много всяких химических выбросов, то вы можете очень слабыми дозами повысить эту чувствительность. Но это вопрос больше для практики.

Можно попросить следующий слайд показать? Дальше я не будут останавливаться подробно, результаты каждый раз одни и те же. Это я делаю только для того, чтобы вы поверили, что мы провели не один-два опыта, а действительно громадное количество самых разных экспериментов.

А.Г. И характерные пики сохраняются везде.

Е.Б. Да. Вот пестициды, например. И вы видите, что разница в 6-8 порядков – а одно и то же действие. Например, там может быть стимуляция, эффект стимуляции то же будет разный, будут опять же эти обычно-

венные кривые. Это пример того, как пестициды могут действовать в дозах на несколько порядков меньше. Я вам могу сказать, в качестве небольшого отступления, что мы вели работу с «Дюпоном», и получилось, что их препараты, их пестициды можно было употреблять в концентрации на много порядков ниже и получать один и тот же эффект. И они нам все время говорили: «Пришлите нам данные, мы их обдумаем», но на самом деле просто сказали, что они не будут их публиковать, чтобы...

А.Г. Им же невыгодно.

Е.Б. Ну, знаете, можно было бы сделать и выгодным: повысишь цену, а давать будешь в меньшем количестве. Давайте посмотрим быстро несколько слайдов.

А.Г. Здесь я вижу графики, на которых пониженные концентрации вызывают даже больший эффект, чем высокие.

Е.Б. Да, совершенно верно. Мы можем добиться даже совершенно нового эффекта, как в случае феназепама. На следующем графике цитогенетические изменения. Вы берете концентрацию, скажем, 10 в минус 4-ой моля на килограмм или 10 в минус 17-ой. И видите, что количество хромосомных aberrаций приблизительно одинаковое. В одном случае количество хромосомных aberrаций на клетку один и два, в другом – два и девять. Но это не принципиально, если дозы различаются на 13 порядков. И то же самое при многократ-

ном введении.

А это препарат нитрозометилмочевина, который мы вводили при лейкозе и получили такой эффект на цитогенетике. И одновременно у мышей с уже перевитым лейкозом на 40 процентов увеличивалась продолжительность жизни.

Следующий слайд. Кроме всего прочего, я на этом даже не буду останавливаться, возникает антимета-статический эффект. То есть, вы берете животное, вводите препарат. У него возникают метастазы, через длительное время после того, когда вы привили основную опухоль. А потом смотрите, какие именно метастазы возникают. Так вот введение препарата в дозе, меньшей на 5-7 порядков, дает тот же самый эффект по ингибированию возникновения метастазов.

А.Г. А токсичность, естественно, понижается.

Е.Б. Да, а токсичность меньше. Хотя мне сказали в фармкомитете: вы очень хитрая женщина – говорите, что у вас там активность повышается, а надо проверить, может, и токсические эффекты тоже повышаются, не надо забывать, что тут тоже могут быть такие же...

А.Г. Такие же всплески?

Е.Б. Да. Но не всегда. Очень часто токсичность и активность идут параллельно, но в действительности не потому, что невозможно их никак разделить, а просто потому, что мы работаем в тех концентрациях, где про-

является и то, и другое.

Но можно думать, что все это только на животных проявляется, но это и на нейронах, очень хорошо действуя на память – мы получали те же эффекты. Были даже предположения, что это опосредовано в организме какими-то совершенно другими процессами, чем те, которые мы наблюдаем. Взяли раствор фермента – и вы видите ту же самую картину. Это важный регуляторный белок, и мы у него то же самое наблюдаем: при дозе 10 в минус 14-ой моля у вас пик, при дозе 10 в минус 4-ой – 10 в минус 5-ой – между ними тоже пик. Причем они приблизительно одинаковые. Если не сказать, что совсем одинаковые.

И что еще очень интересно: если вы будете более подробно изучать эти кинетические характеристики, то увидите, что эффект получается по разным причинам. В одном случае, когда маленькая концентрация – структура больше меняется, а в другом уже непосредственно меняется сродство.

Как же объяснить поведение фермента? Это очень сложно. Ведь вы просто вводите в раствор вещество в такой маленькой дозе. Мы же с вами как привыкли? Молекула белка, молекула лиганда, если у них сродство высокое – они соединяются, а если нет, то нет, не каждая молекула соединяется. И все-таки мы с вами получаем, что есть ферментативная реакция, вы ее наблюдаете. Но в случае, который у нас сейчас был, ко-

гда мы вводили фермент, оказалось, что на самом деле число молекул лиганда при этих низких дозах – один к 10000, даже было один к 100 тысячам. Видите, какие жуткие соотношения. Тут ничего уже не придумаешь. Естественно, такие результаты требуют других объяснений.

А.Г. То есть одна молекула лиганда на 10 в минус 4-ой молекул белка?

Е.Б. Да. Но как это может быть? Она их даже оббежать, наверное, не успеет так быстро. И отсюда уже появилось новое представление. А именно, что, может быть, дело не в непосредственной передаче, а в изменении чего-то, что может играть важную роль. Например, у вас есть раствор белка, или гидратированная молекула белка. Эти маленькие концентрации могут вмешаться во взаимодействие белка с водой. И в результате вы помешаете этим реакциям. Как я говорю: если мы возьмем горошину, вставим в дверь, то вроде ничего не должно быть, а она мешает, и вы дверь не закроете. Возможно, такие есть варианты развития событий, так можно было бы кое-что объяснить. Или так: мы уже знаем, что в воде имеется очень большое число самых разнообразных структур, которые сосуществуют друг с другом. Причем разные авторы по-разному рассматривают те или иные структуры.

А.Г. Да, нам вообще предлагали рассматривать воду как сложный полимер.

Е.Б. Вы знаете... Конечно, вода не такая простая вещь, как нам с вами кажется. И я думаю, что не зря вся жизнь в воде зародилась. Если бы не было каких-то совершенно необычных свойств у воды, то, может быть, ничего бы и не получилось. Хотя здесь много и всевозможных спекуляций. Например, начнем с того, что когда считают, что длительно живущие состояния – водные слепки действия препаратов, например, – то, как правило, считают, что они живут долго. Физики утверждают: они живут 10 в минус 7-ой – 10 в минус 11-ой секунды и ни секундой больше. Они делают свои утверждения на основании тех данных, которые не получают практически, они получают их для «компьютерной воды». А воды такой нет в природе. Как примеси, содержащиеся в обычной, не «компьютерной» воде, могут влиять на состояние жизни, это тоже довольно сложно объяснить. Поэтому мы с вами можем спокойно отнестись к этому эксперименту. Коль скоро в воде эти процессы имеют место, мне не нужно их долгой жизни, мне достаточно того, что показывает физика, и я могу все объяснить.

Совсем другая ситуация, конечно, когда мы переходим к гомеопатическим средствам. Поэтому многие ученые ставят стену между концентрациями 10 в минус 18-ой моля и 10 в минус 23-ой. Они ставят здесь для себя грань и говорят: мы этим вопросами не занимаемся. Я тоже была раньше таким осторожным че-

ловеком и тоже говорила: я не хочу терять последних своих знакомых и сторонников в связи с тем, что я в эту область попаду.

При этом пытаются совершенно иначе объяснить какие-то результаты для области, которая уже не является гомеопатической. Я могу придумать разные объяснения, осложняющие или усиливающие тот или другой аспект этой проблемы.

На следующих слайдах показано, как Ашмарин к этому относится. Он считает, что для того, чтобы был эффект, мы должны умножить количество этих этапов, то есть должны быть некие каскадные системы. Кроме всего прочего, они должны собраться все вместе и передать эти молекулы на следующий уровень уже в собранном виде. И кроме всего прочего должны быть очень высокоактивные рецепторы. Правильно. Это позволяет нам объяснить такие явления, не заходя за грань.

На следующем рисунке наглядно представлено, как происходит это объединение, то есть какие нейроны выступают в качестве собирающих, как они передают и так далее.

Но, к сожалению, во-первых, таких высокоактивных рецепторов нет. 10 в минус 12-ой – это уже выше головы. А если вы возьмете сродство еще более высокое, то это будет постоянное связывание, не будет никакого схода с одного места на другое. Есть представле-

ние Блюменфельда о параметрическом резонансе. Он считает, что если скорость подхода молекул к ферменту будет такова же, как время его жизни в возбужденном или невозбужденном состоянии, – вы тоже можете попасть в резонанс и поддерживать этот фермент в возбужденном состоянии, и тем самым продлевать время его жизни, его работы. Но ниже, при 10 в минус 15-ой – это тоже не проходит. Здесь нужно опять придумывать какие-то новые объяснения.

Если можно, давайте обратимся к следующему слайду. Это уже вода. И тут каждый пишет то, что думает. Иногда трудно определить, думает он это или он это уже получил. Есть такая группа ученых из Соединенных Штатов Америки. При этом они все, по-моему, не американцы: Ло, Лу и так далее, целая группа.

А.Г. Этого следовало ожидать.

Е.Б. Они утверждают, что если ввести в дипольную молекулу воды какой-то металл, который позволяет такие молекулы определенным образом выстроить, а потом начинать трясти эту систему, то металл может выйти, а эта цепочка остаться. И они применяют много разных методов. Всё это красиво нарисовано, но как они готовят раствор, они не пишут. И поэтому мы воспроизвести это не можем, даже используя ту же самую технику, потому что мы не знаем, как они готовят эти растворы. Ну, это старая тема, когда все утверждают, что существуют стабильные комплексы, они долго живут и

можно объяснить очень большое количество свойств за этот счет.

Следующий слайд, пожалуйста. Есть и другие представления. Вы, по-моему, беседовали с Селивановским, и знаете о том, что они проповедуют такую мысль: если у вас вода испаряется (или не испаряется), если есть ледниковые растворения или вы палочкой ее прокручиваете...

А.Г. Происходит диссоциация.

Е.Б. Да. И вы сможете там получить перекись водорода. По крайней мере в дозе 10 в минус 9-ой моля точно. Это, конечно, очень обидное объяснение – если сказать, что все связано только с тем, что от разных растворов, от разных веществ мы будем получать только перекись водорода. Нам удалось показать, как влияет перекись водорода в очень низких концентрациях на рост растительных клеток и на изменения в мембранах – изменяется скорость перекисного окисления и так далее. Это показано. Но что здесь плохо? Здесь получается так, что у меня есть один универсальный фактор, и я пытаюсь им объяснить действия самых разных процессов, которые, может быть, на организм должны были бы действовать одинаково. Можно придумывать такое объяснение, что при разных концентрациях вы находите разные эффекты...

А.Г. Вам не нравится, что слишком просто?

Е.Б. Да. Но я хочу сказать вот что. Может быть, для

гомеопатии это и подходит. Почему? Потому что у гомеопатии громадная практика. Как я говорю, гомеопатия идет от практики. Все науки идут от науки к практике, а гомеопатия – от практики к науке. Но я хочу сказать, может быть, здесь не такое большое количество свойств и не настолько специфически они действуют. Это опять же связано с историей того, как вы проводите исследования.

Огрубленно можно сказать так. Гомеопат считает, что если вы берете вещество, которое вызывает ожог, то в разбавленном виде оно будет лечить от ожога. И когда вы делаете такой эксперимент, вы же не смотрите на все остальные структуры – как будет действовать ваше вещество. А смотрите только на интересующую вас область. И вам кажется, что действие этого вещества специфично. А, может, все эти вещества в очень разбавленном виде будут действовать именно таким образом. И тогда нам с вами может хватить одного, может, двух каких-то агентов, которые будут осуществлять такого рода функцию.

Следующий слайд, пожалуйста. Дальше вопрос заключается вот в чем. Есть представления о солитонах, о том, что они так же действуют. Есть представление о долгоживущих кластерах воды, если вы туда добавляете еще какие-то дополнительные... В этой области исследования много талантливых, интересных представлений. Но, как говорят, «знания умножают печали»,

и если знать, что такие закономерности бывают и при больших разведениях, и при не очень больших, и под действием электромагнитного излучения, то они критику таким большим объемом часто не выдерживают. Я бы сказала, что есть много интересных вещей. Совершенно точно, что это будет развиваться. Хотя сейчас один из самых сложных моментов – это наша техника, которая многое просто не позволяет как следует рассмотреть. Будем надеяться, что наука и практика будут развиваться и в эту сторону.

Но мы с вами знаем – наука наукой, а практика иногда идет не после выяснения причин, а до этого выяснения. Ведь противоопухолевые препараты искали, когда еще не было известно, что такое рак.

Так вот я хочу сказать о том, какие здесь есть прямые практические применения. Одно из практических применений это то, что противоопухолевый препарат в малых дозах вызывает те же самые эффекты. Это удивительно. В это не хочешь верить. Я всегда говорю, что я такая же, как и те люди, которые против меня выступают, я также в это не могу поверить. Все мои знания и все привычки восстают против этого...

А.Г. И интуиция?

Е.Б. Нет, интуиция как раз наоборот. Рассуждая рационально, я понимаю, что этого быть не должно или не может, а интуиция подсказывает, что раз это получается в самых разных областях, значит, есть закономер-

ность, и систематических ошибок трудно ожидать. Видимо, это связано все-таки с какими-то очень глубокими законами жизни, очень глубокими. Потому что когда мы стали смотреть все эти препараты, то оказалось, что препараты, разные по химическому составу, разные по своим свойствам, разные по своим структурам, разные по своему назначению – дают одинаковые эффекты. И причем не только один эффект. Можно было думать, что есть эффект только по дозе – нет. Есть эффект и в зависимости от начальной концентрации, от изменения чувствительности и так далее. И совершенно очевидно, что кое-что из этого очень хорошо было бы уже использовать. Хотя с умом, потому что если до конца всего не знаешь, может казаться, что все будет замечательно, а потом окажется, что это совсем не так.

Следующий рисунок как раз последний из тех, которые я хотела показать. Это феназепам, о котором я вам рассказывала, который был сделан в Институте фармакологии. В верхней таблице показано, что его активность приблизительно одинакова при различии между концентрациями на пять порядков – немножко хуже в малой дозе, немножко лучше в большой.

Но очень интересна активность анксиолитическая – против страха. Оказывается, что этот препарат, когда вы его берете в обычной дозе, почти не меняет параметры поведенческих реакций, когда мышшь встает, смотрит, ходит. Если вы начинаете работать с этим препа-

ратом, то видите, что маленькая доза на порядок лучше действует как анксиолитическое средство. В то же время большая доза этих свойств не проявляет. Что здесь можно сказать? Это очень интересная область, очень заманчивая. Мне очень обидно, что мы, я имею в виду Россию, не пытаемся как-то отстоять свои приоритеты. Мы только сквалыжничаем со всеми по поводу того, «кто правильно, кто не правильно...»

На самом деле, важность этой проблемы ясна. Если вы не хотите делать что-то в этой области и разворачивать исследования, значит вы просто в это не верите. Если не верите, вы должны поставить эксперимент в тех организациях или с теми людьми, которые вам могут всё это сделать. Тогда и решите, стоит это делать или нет. Я раздаю препараты с концентрациями 10 в минус 14-ой – 10 в минус 15-ой моля, их проверяют в других институтах, и все равно получают те же результаты.

Мне очень не хотелось бы, чтобы мы оказались в конце событий. Вот я, например, лично очень хотела бы с наркотиками работать, но вы знаете, там надо иметь специальное разрешение. Мы его не имели. И еще мне сказали: не занимайся этими вещами, кроме всего прочего, тебя наркомафия накажет за это, поэтому лучше не занимайся ими.

Но я вам скажу, что очень близкие вещи американцы сделали патентами. Они взяли морфин и сделали так,

что обезболивающие свойства сохраняются, а привывание – как там написано – существенно снижено. И у них уже 17 патентов. У нас тоже есть патенты, даже в нашем институте и в некоторых других институтах, на применение сверхмалых доз, но все-таки этого, конечно, мало. Причем, конечно, мы хотели взять более широкие патенты, но, вы знаете, наше государство не любило широкие патенты давать – только на данное вещество, в данном растворителе, в данной температуре – это можешь, а не просто так, чтобы перекрыть воздух всем остальным.

Я уверена, что со временем эти вещи войдут в нашу жизнь очень и очень широко.

А.Г. Но у нас времени осталось мало, поэтому можно я задам вопрос, который, по вашему собственному признанию, вас замучил, но если я его не задам – меня не простят и замучат. Алкоголь?

Е.Б. Что я могу сказать? Наверное, те, кто потребляет алкоголь, знают, что если вы будете наперстками пить, то опьянеете гораздо раньше, хотя объяснение здесь будет другое, то есть просто другая проницаемость, так алкоголь быстрее попадает в кровь. Я знаю, что с алкоголем делали работы по токсическому действию. И вот токсический эффект у алкоголя идет по такой же U-образной кривой. При очень высоких дозах есть тот же эффект, что и при малых. Так что тем, кто пьет, конечно, приятно слышать, что в соответству-

ющих концентрациях можно пить, не имея побочного эффекта, ничего не опасаясь.

Но сейчас сделали очень интересный гомеопатизированный способ разбавления. Они там, по-моему, что-то взбалтывали для потенцирования и так далее, и приготовили спирт в больших разведениях. Он даёт очень интересные данные. Очень большие разведения, именно гомеопатические разведения, дают очень интересные данные в области действия на нейроны. Кажется, они оказывают и какой-то антиалкогольный эффект в определенных дозах.

А.Г. Всё, приду сегодня домой, буду экспериментировать: капля спирта на ведро воды. При комнатной температуре взбалтывать алюминиевой ложкой.

Е.Б. Это не совсем так...

А.Г. А какова технология? Ведь обычно критикуют технологию, говорят: «Ну какие там разбавления? – у вас пипетка грязная, вот и всё». А как технологически вы добиваетесь нужного результата?

Е.Б. О технологии вот я что хочу сказать. Как вы знаете, гомеопаты говорят, что при разведении обязательно нужно встряхивать раствор и вообще там есть целая церемония: как надо стоять, какое выбрать направление.

А.Г. Это уже скорее ритуал.

Е.Б. У нас никто ничего не встряхивает. Все готовят по-разному, в том смысле, что кто-то палочкой сте-

клянной, кто-то немного встряхивает... Но все эти данные воспроизводятся. Конечно, когда мы начинали и нас мучили этим – грязная пипетка, грязное то, грязное это. Но есть некоторые меры: мы промываем эти пипетки этим же раствором, потом заново уже его берем. Потом мы пробовали применять метод радиоиммуноанализа. До концентрации, до которой этот метод применим. Это, по-моему, 10 в минус 13-ой. Мы разводили, а потом смотрели, есть ли это вещество в такой концентрации, приблизительно...

Рождение художественного текста

2.09.03

(хр. 00:50:05)

Участник:

Наталья Павловна Великанова – кандидат филологических наук

Александр Гордон: ...со старой темой, как поверить алгеброй гармонию – то, собственно, чем вы занимаетесь?

Дефиниции нам какие-то надо дать в самом начале? Что такое художественный текст, чем он отличается от нехудожественного текста, что определяет художественность текста?

Наталья Великанова: Кто определяет художественность текста? Читатель, наверное, определяет.

А.Г. Спорное утверждение. Если уж речь пойдет о Толстом, современник Толстого или современный нам читатель?

Н.В. Просто читатель, тот читатель, который берет в руки книгу, открывает ее и начитавшись читать. И если он читает эту книгу до конца, не закрывая ее, значит, это художественный текст.

А.Г. Знаете, какое количество книг я не дочитал до конца, будучи абсолютно уверенным....

Н.В. Значит, это был плохой текст.

А.Г. Нет, текст был хороший, просто не мой. Но нам сейчас достаточно будет, если мы введем интуитивное представление о том, что такое художественный текст. Я вас слушаю.

Н.В. Когда читатель открывает книгу и начинает ее читать, то он, конечно, не подозревает, что между ним и автором стоит армия людей, которые эту книгу издавали. А если эта книга была написана в прошлом веке, то ее сначала переписывали, потом наборщики делали миллион ошибок, все это исправлялось... или не исправлялось. И когда книга доходила до читателя, у автора появлялось столько соавторов, что говорить о том, что текст, представленный читателю, это подлинный текст, достоверный текст, который отражает в полной мере творческий процесс писателя, не приходится.

А.Г. Да еще и цензурные правки...

Н.В. Цензурные правки, да, но здесь, к счастью, в случае с «Войной и миром» их не было. У Толстого была цензурная правка в «Севастопольских рассказах», в «Воскресении», а «Война и мир», в общем, печата-

лась без вмешательства цензуры. Но была, правда, внутренняя цензура. Софья Андреевна переписывала рукописи для набора, и иногда, есть случаи, я их нашла, когда ей не нравились некоторые описания, нравственного, скажем так, плана. Допустим, Толстой в раннем автографе описал ощущения Пьера при его встрече с Элен. Эти три фрагмента Софья Андреевна выбросила при переписывании, и они так и не вошли в окончательный текст. И поэтому читатель их не знает.

А.Г. Хорошо, если не переписала, а просто выбросила.

Н.В. Она не смогла бы переписать эти фрагменты, поэтому решила от них отказаться.

А.Г. И до сих пор «Война и мир» переиздается без этих фрагментов?

Н.В. Да, конечно, до сих пор. И вряд ли имеет смысл, конечно, эти фрагменты восстанавливать, хотя хотелось бы, конечно, но Толстой исправлял этот текст в копиях и корректуре, он его видел, вносил новую правку, и появлялся новый слой. И, конечно, рождался новый текст, толстовский текст. А поэтому мы не имеем права вторгаться в этот слой текста, последний слой текста и вносить в него свою правку, даже если это варианты более ранних редакций. Хотя, конечно, искушение велико, потому что в рукописях очень много таких интересных описаний, которые хотелось бы, чтобы они дошли до читателя, хотелось бы исправить текст, оконча-

тельный текст, тот текст, который мы читаем.

Н.В. Но в ссылках, в комментариях это же возможно.

Н.В. Да. Вот для этого сейчас и издается 100-томное полное собрание сочинений Толстого в Российской Академии Наук. Мы поставили перед собой очень трудную задачу издать каждое слово, написанное Толстым, и прокомментировать по возможности, показать, когда он внес эту правку, показать все слои текста, все редакции, выстроить алгоритм творческой мысли. Замысел у Толстого был настолько грандиозным, что сразу, конечно, он не мог найти начало повествования, он не сразу смог приступить к описанию исторических событий, которые его интересовали, и, конечно, осталось очень много набросков, планов, конспектов, незавершенных редакций. Спасибо большое Софье Андреевне – она все это сохранила.

Осталось огромное количество рукописей, рукописи «Войны и мира» насчитывают где-то более 5 тысяч листов, а страниц, стало быть, в два раза больше, это и автографы, копии, листы корректуры. Причем, это не страницы текста, это страницы рукописей, а на каждой рукописи могло быть и 2, 3 слоя текста. Толстой, допустим, писал, затем откладывал одну страницу или несколько страниц, возникал новый замысел, а отложенные страницы у него сохранялись, видимо, в памяти, и потом, переработав, он их вновь включал в новую редакцию. Появлялся второй слой. Потом оттуда

он опять что-то вычеркивал, изменял, вновь откладывал, вновь включал. Есть страницы, где три, четыре, пять слоев правки.

Причем в разное время он работал по-разному. Сначала он работал только со своими собственными текстами-автографами, а когда замысел уже был оформлен и нужно было быстро готовить к печати, у него появилась помощница Софья Андреевна, которая переписывала как бы набело. Предполагалось, что тот текст, который она переписывает, будет отправлен в издательство. Но, как сам Толстой говорил, «не марасть не могу», и поэтому когда она ему давала для стилистической правки переписанный текст, он его опять заново переделывал, переписывал, вставлял новые страницы, что-то выбрасывал, зачеркивал, и появлялся новый текст. Есть сцены, которые переписывались три-четыре раза.

Например, возник мотив, осложнивший романический сюжет, – история Наташи и Анатоля. Художественный замысел этой истории оформился не сразу. Толстому очень не хотелось создавать любовный, что ли, роман, и поэтому от традиционной любовной коллизии он постепенно переходил к более сложному философскому осмыслению. И в результате назвал именно эти главы, всю историю Наташи и Анатоля, «узлом романа». То есть он считал, что без понимания, глубокого понимания этой любовной истории, невозможно

понять войну 12-го года. Это кажется парадоксальным.

Мало того, в ту пору, когда Толстой работал над этими главами, и предполагалось, что дальше нужно будет рассказывать о Бородинском сражении, он поехал на Бородинское поле. Главы о Бородине к тому времени частично уже были написаны. Но, вернувшись с Бородинского поля, он полностью еще раз переписал историю Наташи и Анатоля.

Вечная, важная, может быть, главная в творчестве Толстого проблема – проблема свободы воли и необходимости искала своего воплощения. Казалось, что для каждого из своих персонажей он создавал, я бы сказала, условия, ту необходимость, в которую он должен был заключить свободу своего героя. Как герой будет себя вести в этих условиях? Толстому очень важно было это представить и понять.

Конечно же, путь мысли от первого, первоначально наброска, сделанного в 1863 году, до окончательного текста был такой трудный, такой иногда мучительный. Трудно даже себе представить, что это все было написано за 6 лет. Но это была радостная жизнь. Это была жизнь в писании, в рукописях. Ведь Толстой в эту пору не писал дневника, то есть это редкий случай – дневник всегда был у него на столе, он всегда записывал какие-то свои мысли, иногда дневник превращался в записную книжку. А в пору писания «Войны и мира» он не писал дневника. И нам чрезвычайно сложно восста-

новить творческую историю «Войны и мира», потому что никаких подробных дневниковых записей не осталось. И, случайно – не случайно, но в этом тоже была какая-то творческая тайна.

Воспоминания близких людей, живших в эту пору рядом с писателем, – свидетельство очень ненадежное. Даже легенда самого Толстого – миф о том, как начиналась «Война и мир», – не находит подтверждения в рукописях. Известно, наверное, еще со школьных лет, что Толстой сначала решил описать декабриста, вернувшегося из ссылки, даже Герцену об этом писал, хотел изобразить христианина, мистика, который примеривает свой взгляд к новым условиям – в 56-ом году возвращались из ссылки декабристы. Потом перешел к декабристскому восстанию – так он писал в одном из своих предисловий. У нас есть небольшой, не имевший авторского названия, фрагмент о вернувшемся из ссылки декабристе, но очень небольшой. По нему трудно судить, в какой мере можно замысел о декабристе считать, допустим, вариантом, ранним вариантом «Войны и мира».

Вернулся потом от декабристского восстания к 12-ому году, от 12-го к 5-ому. И потом создал три редакции, три текста, связных, красивых текста, где повествование начинается сначала с зимы 1805-го года, начала года, потом с июня, а потом с июля. И, кстати, в результате этих поисков начала романа один слой текста

накладывался на другой. Многие исследователи (сейчас и раньше, скажем, Шкловский) с удовольствием находили ошибки у Толстого и находят их до сих пор. Например, если вы помните, с чего начинается «Война и мир», когда начинается действие? В июле 1805 года. Салон Анны Павловны Шерер. А потом, когда Пьер оказывается у Анатоля, Толстой почему-то описывает бессумрачную, петербургскую июньскую ночь. Какая вообще досадная ошибка, Толстой забыл, что, в общем-то, он начинал-то рассказывать об июльских событиях. Но дело в том, что в ранней редакции был июнь, и была уже описана эта бессумрачная ночь. И вся история с Долоховым и с этим пари, как вы помните, она могла быть только в петербургскую бессумрачную ночь. А события исторические для Толстого были важны именно июля. Отсюда, собственно, такое нарушение действительного, реального хода событий. Но от этого роман в художественном плане нисколько не теряет.

А.Г. Это сплошь и рядом, особенно в «Анне Карениной»...

Н.В. Конечно. Но, в сущности, если другие, допустим, писатели позволяют себе фантазии, далекие от реальности, то почему здесь ради замечательной художественной детали, художественного образа не отступить от реального хода событий?

А.Г. Меня больше волнует другое. При таком коли-

честве правок, текстов, читок и так далее, случайных вещей в романе быть не может, даже в романе такого объема. Но вот это знаменитое толстовское, «как же сладко рисовал ему ее его воображение», значит, это сознательный прием?

Н.В. Думаю, что нет. Вы знаете, беда в том, что, как я вам говорила, он сокращал слова, по несколько раз подчеркивал и восстанавливал слова и отдельные фразы, вписывал новый текст на полях и между строк мелким почерком. Такой текст очень непросто расшифровать. И при переписывании и типографском наборе ошибки, разумеется, были неизбежны. Часто, когда мысль вдруг его захватывала, он писал... Иногда читаешь рукопись, а там стоят отдельные буквы, как в объяснении, вы помните, Левина, когда он ставил одни буквы и точки.

Поскольку, работая с рукописями, я знаю, например, где какие слова и как он сокращал, не всегда сразу, но удается прочитать и расслоить такой текст. Переписчиков же «Войны и мира» было много, около десяти. Далеко не все легко читали руку Толстого и даже были грамотны на том уровне, которого требует такая работа. И поэтому авторский текст не всегда точно переписывался. И Софья Андреевна часто пропускала слова, иногда даже целые предложения. Когда этот текст как-то не нравился Толстому, он никогда не заглядывал в рукописи, то есть в предшествующие рукописи, в ав-

тографы или ранние копии, или если это была копия Софьи Андреевны, он зачеркивал сразу, ему не было жалко. Сколько таким образом он зачеркнул замечательных описаний, допустим, природы. Ну, пропустила или изменила Софья Андреевна слово или фразу, он заметил – что-то не так, взял и зачеркнул, написал другой текст, потому что мысль его не останавливалась, летела дальше.

Конечно, здесь нужна очень тщательная выверка текста. Когда мы говорим о языке Толстого, о стиле Толстого, в особенности, о синтаксисе, об этих огромных периодах, сложных предложениях, которые нам известны еще со школьной поры, мы не должны забывать или должны знать хотя бы, что это не всегда Толстой. Во всяком случае, синтаксис книги – это синтаксис того времени. Часто вместо точки редакторы ставили точку с запятой, это было очень распространено. А наши современные корректоры, они, естественно, находили какой-то смысл, какую-то синтаксическую конструкцию, могли двоеточие поставить, тире и так далее. И таким образом рождались очень сложные конструкции, которые все-таки не всегда принадлежали Толстому.

И, конечно, очень часто возникали ошибки, которых Толстой не замечал, потому что он не был корректором, он не выверял текст. Для него при чтении рукописей главной была художественная мысль, которая

всецело владела им, заставляла его быстро работать. Ведь объем был колоссальный. И поэтому он мог за просто пропускать какие-то ошибки. Правда, потом в корректуре Толстой иногда их замечал – в тех случаях, когда возникала какая-нибудь несуразность стилистическая, он исправлял. Но не всегда, очень часто бывало, что он и пропускал, потому что увлекался, он был человеком очень импульсивным, какой-то мыслью и отступал от такой чисто редакторской стилистической правки.

Правда, ведь было несколько изданий «Войны и мира» при жизни Толстого, и до сих пор мы не имеем так называемого «канонического текста». И есть исследователи, которые считают, что такого текста и быть не может, потому что «Война и мир» имела несколько разных изданий. В частности, мы можем назвать три издания, которые по тексту, стилю, по композиции отличаются друг от друга. Это второе издание, которое явилось результатом творческого процесса, оно как бы завершило весь многотрудный шестилетний путь. Автор поставил точку, написал «конец». Это произошло в 69-ом году. И его работа над этим текстом закончилась – «автор умер», как сказал бы Роллан Барт.

Затем понадобилось вновь издать книгу «Война и мир», уже в составе собрания сочинений. Для этого нужно было вернуться к этому тексту, к тексту, над которым Толстой уже завершил работу. А в это время

им владели уже новые замыслы, в частности, рождался замысел романа «Анна Каренина», он начал писать детские рассказы для «Азбуки». И бытует мнение, что, в общем, и художественные принципы-то у него в эту пору были уже иными. Поэтому он решил изменить напечатанный текст и создать новый, более простой, более, может быть, доступный для понимания, потому что критика была далеко не положительной.

Толстого критиковали все: критиковали за философские отступления, критиковали за исторические описания и развернутые, «многословные» рассуждения, критиковали даже за французский язык. Хотя, следует заметить, что в сознании читателей последующих поколений представление о войне 12-го года формировалось под влиянием поэтических образов Толстого. Но перед современниками ему приходилось оправдываться. Критиковали даже за то, что он неправильно изобразил Кутузова, Бородинское сражение и так далее и так далее. Конечно, желая все-таки завершить весь этот процесс печатания «Войны и мира», закончить как бы эту тему, он решил сократить текст и издать «Войну и мир» в четырех частях.

Возникла известная третья редакция – 73-го года, которая не издавалась до нынешнего дня. Мы решили издать этот текст – уже вышла первая книга, I и II части, в составе нашего Собрания сочинений. Это совершенно другой текст, там почти нет французско-

го языка, там совсем нет философских отступлений, Толстой все зачеркнул. В конце последней части, в «Приложении», помещены 19 «статей о кампании 12-го года», каждая из которых имеет свое название. Для школьников, конечно, это замечательное издание, потому что статьи называются, допустим, «Кутузов» или «О значении Александра и Наполеона». Вот, пожалуйста, исторические темы, и там представлены рассуждения, взгляд Толстого на Наполеона и Александра. Или, допустим, статья «О пожаре Москвы» и так далее. И в результате получился очень стройный, я бы сказала, роман, уже не книга, в которой были элементы разнородных жанров (в том числе историческая хроника, подлинные исторические документы, жанры публицистики и политические обзоры), а роман, в котором также было мало французского.

И самое главное, это к вопросу о том, все-таки изменил Толстой текст в этом издании или нет, – роман, в котором Толстой сделал большую стилистическую правку. Все эти несуразности, о которых вы говорили, конечно, бросались ему в глаза, и он, когда их замечал, убирал. Может быть, не все, ему помогал Страхов. И таким образом тот текст, который был сделан в 73-ем году, с точки зрения стилистических погрешностей, более совершенен.

А.Г. Простите, текст 73-го года до сего дня не переиздавался?

Н.В. Нет, не переиздавался. В известном юбилейном Собрании сочинений давались только варианты, разночтения. Но разночтения к чему? Вы, например, знаете о том, что в 90-томном Юбилейном собрании сочинений так и не решили, какой давать текст «Войны и мира»? и там два текста. Правда, небольшими тиражами, но два текста они дали. Существует очень много теорий, подходов, какой же текст давать все-таки, и что с этим текстом делать. Ведь в редакции 73-го года было четыре части – Толстой же упразднил трехуровневую композицию – глава, часть и том, – которая были у него в предшествующем, втором, издании, то есть издании, которое явилось результатом его творческой воли.

И произошло такое упразднение, облегчение композиции не без помощи, конечно, Страхова, который в ту пору так активно советовал исключить философское из текста... Сейчас считается, что раз последняя воля Толстого состояла в том, чтобы 4 части делили текст, то мы и должны печатать, как мы привыкли и сейчас читаем, в четырех... но только не частях, а томах.

Откуда появилось деление на тома? Дело в том, что было еще одно, 5-е издание – издание 86-го года, в котором уже большое, активное участие принимала Софья Андреевна, которая, как известно, в это время выполняла всю издательскую работу. Никакого творческого участия в этом издании «Войны и мира»

сам Толстой не принимал. Да и художественное и духовное пространство, в котором он жил, было существенно иным. Софья Андреевна решила все-таки вернуться ко второму изданию книги, восстановить французский текст, нужно вернуть, конечно, философские рассуждения и исторические описания. То есть полностью восстановить текст 69-го года. Но для набора II и III томов 5 издания были взяты тома более раннего, I-го издания, потом исправленного Толстым в 1868 году. Об этом свидетельствуют многочисленные разночтения. Кроме того, в издании 69-го года «Война и мир» имела стройную, продуманную композицию, воплотившую сущностный смысл повествования: томов было 6, каждый нечетный том имел три части, а четный – две. Но тома были не равновеликими по количеству печатных страниц. Например, второй том был очень маленьким по объему – там было две части, он не больше ста страниц занимал. И Софья Андреевна решила все-таки оставить композицию 73-го года, вернув деление на главы и части.

И таким образом узаконилась композиция, которая, собственно, не являлась в полной мере толстовской, потому что он, как я уже говорила, в этом издании не принимал никакого участия, во всяком случае, у нас об этом не сохранилось никаких свидетельств. Но даже если он и принимал бы, скажем, косвенное участие, у него спросили, он ответил: да делайте вот так, как

вы хотите, или в четырех частях. Все равно такие указания нельзя в полной мере считать авторской волей, потому что творческий процесс закончился, Толстой был занят уже совершенно другими вещами, он просто стал уже другим, в одну и ту же воду нельзя войти дважды. Конечно, издание 69-го года сейчас считается, пожалуй, самым авторитетным изданием, но там очень много ошибок, очень много ошибок.

А.Г. Какого рода ошибок?

Н.В. Очень много самых обычных опечаток, которые сейчас у нас вычитывают редакторы и корректоры. Да и сам Толстой об этом говорил. Кроме того, в тексте было много стилистических погрешностей. И когда решили все-таки, уже в XX веке, восстановить текст, блестящий текст «Войны и мира», то оказалось, что в него нужно вносить правку из разных изданий. Потому что были обнаружены, например, ошибки, которые ну никак нельзя было не исправить. Например, некоторые из них обнаружила Софья Андреевна уже после смерти Толстого.

Вот, пожалуйста, я просто один пример приведу. После, если вы помните, смерти старого графа Безухова выходит княжна и говорит: «Радуйтесь, вы этого хотели». Так вы читаете сейчас. А у Толстого во всех прижизненных изданиях было написано: «Дуйтесь, вы этого хотели». Никто не заметил этой ошибки, только в посмертном издании эту ошибку Софья Андреевна ис-

правила. И во всех изданиях она держала корректуру, исправляла ошибки постепенно. Вносились исправления и по рукописям. Конечно, очень осторожно, но, тем не менее, имело место то, что у нас, у текстологов, называется «конъектура». То есть редактор считал, что в тексте какая-то бессмыслица, и он должен внести свое изменение. Хотя, конечно, подобное вторжение в авторский текст – вещь недопустимая.

Таким образом, я могу вам сказать совершенно определенно, что тот текст, который мы сейчас имеем, текст «Войны и мира», это совсем не тот текст, который был написан Толстым. Этот текст создавали и прижизненные переписчики-соавторы, и последующие издатели-редакторы.

И тогда возникает естественный вопрос: а вообще нужен ли нам такой текст, который был бы подлинным авторским текстом? Для широкого читателя, может быть, для школьника не важны какие-то стилистические нюансы? Но приведу только один пример. Я обнаружила в корректуре, на полях – исправления Толстого, это была уже последняя корректура. Известная всем сцена – едет князь Андрей, встречает дуб, известный дуб, замечательный дуб, и там такая фраза: «Пригреваемый весенним солнцем, он сидел в коляске, поглядывая на первую траву, первые листья березы и первые клубы белых весенних облаков, разбежавшихся по белой синеве неба. Он ни о чем не думал, а

весело и бессмысленно смотрел по сторонам». Так вы сейчас читаете.

А у Толстого написано: «безмысленно», «он ни о чем не думал, а весело и безмысленно смотрел по сторонам». Замечательная была бы поправка, правда? Но самое интересное, что слово «безмысленно» в наших словарях не зафиксировано, и мы его знаем только по рукописям. У Толстого это слово встречается не только в рукописях «Войны и мира», но и в рукописях других произведений. То есть, в сущности, это неологизм Толстого. Поэтому, наверное, те, кто набирал текст, решили, что он ошибся, и не стали набирать «безмысленно» – без мысли, а оставили «бессмысленно». То есть, князь Андрей смотрел, ничего не понимая.

Были, допустим, вмешательства в текст и ближайших соратников Толстого. В частности, очень интересный, показательный пример с редактированием Бартенева. Известный историк, издатель «Русского архива», в ту пору помогал Толстому, давал ему некоторые исторические материалы. И Толстой просил его, чтобы он держал корректуру и помогал выпускать в свет тома, потому что тома выходили очень быстро: Толстой, отдавая корректуру очередного тома, работал над следующим. То есть работа над рукописями последующих частей и корректурами предшествующих шла параллельно, и часто бывало так, что последующая работа влияла на предшествующую и наоборот. То есть шла

очень большая и напряженная работа.

Бартенев, историк, прочитав сцену дуэли Пьера и Долохова, решил, что не соответствует реальной действительности описание того места, где происходила дуэль, и он, вместе с другими историческими неточностями, исправил и эту: «Вместо березовой рощи, которой никогда не бывало в Сокольниках, дуэль происходила в сосновой». Так он написал Толстому в письме, и, слава Богу, мы это письмо имеем, и этот факт нам известен. Толстой ответил: «За березовую рощу благодарен».

И здесь уже та неволя авторская («талант неволен»), которая все время была как бы под воздействием его творческой силы, эта неволя его превращалась в волю, он уже становился критиком собственного сочинения, то есть редактором. Он мог, конечно, отредактировать не всегда, может быть, успешно с точки зрения алгоритма творческой мысли. И таким образом мы читаем: «Место для поединка было выбрано на не большой полянке соснового леса, покрытого оттаявшим от стоявших последние дни оттепелей снегом». Но я проверила, мне помог компьютер, я проверила, сколько раз употребляются слова «сосна» и «береза» — частотность употребления не только в окончательном тексте, дошедшем до издания, до печати, но и в рукописях. И поразительный результат, то есть оказалось, что описание соснового леса встречается только

однажды, когда, если вы помните, Ростов сидит на берегу Дуная и смотрит на высокий берег на другой стороне реки, на монастырь в сосновом лесу.

То есть сосна – это совсем не то дерево, которое имеет какую-то глубокую ассоциативную, может быть, даже подсознательную память у каждого русского человека. Вот береза, да, береза – это сразу ряд ассоциаций. А березы так много, вы помните, березовый лес – та же дорога в березняке, когда князь Андрей едет в имение Ростовых и встречается с дубом, это березовый лес, березовая роща. Несколько раз описано, как едет по березовой аллее Кутузов, у березы умирает Каратаев. Примеров очень много. Исправлять нам или не исправлять? Мы не имеем права исправлять, хотя очень хотелось бы, потому что творческая воля диктовала Толстому написать «березовая» – это и был снег, это были березовые... И сразу же представляется в нашем воображении, свет, чистота березы, это та философская основа книги, которая как раз рождалась в эту пору у Толстого. Вернее, я бы сказала так, воплощалась в тексте: береза – свет, чистота и убийство, смерть. Собственно, вот та дилемма, с которой впервые сталкивается Пьер, и которую он не забудет, когда окажется на Бородинском поле.

Так что таких случаев «чужой воли» достаточно. И, конечно, иногда бывает очень большое искушение – читаешь рукописи и кажется, ах, какое замечательное

место, как бы хотелось, чтобы оно дошло до окончательного текста. Но, увы, мы не имеем права, мы имеем право только исправить явные ошибки и явные опечатки. И поэтому, конечно, для исследователей, серьезных исследователей Толстого чрезвычайно трудно отделить подлинное... Вот будет наше издание, конечно, они смогут это сделать, и не только в текстах «Войны и мира», но и в других произведениях Толстого, отделить, собственно, авторское слово от неавторского слова.

Это важно для лингвистов, потому что иногда читаешь работы о стиле Толстого и знаешь, что на самом деле это слово или фраза не Толстого, но приписывают-то ее Толстому. Так и литературоведы очень часто рассуждают, в общем, не зная истории писания «Войны и мира» в рукописях. Конечно, какие-то биографические факты нам известны, какая-то, более или менее, канва жизнеописания выстроена, определены даты.

Но по сути, с чего начал писать Толстой, каким было первое слово «Войны и мира»? Мне пришлось очень долго работать, причем изучать и бумагу, и чернила, и словоупотребления – что сначала он могу употребить, что потом, и я все-таки пришла к выводу, что первым был набросок, сделанный им в августе 63 года, и первое слово было – «Наполеон-откупщик». И слово какое-то такое неизвестное – откупщик. Но он чи-

тал в это время официальные истории Михайловско-го-Данилевского и Богдановича, собирал материалы. И дальше, можно сказать, в соре мыслей, буквально в каких-то записях, не относящихся к художественному тексту, вдруг появляется запись: «Наглый и дерзкий успех».

Образ Наполеона родился сразу, когда еще текста никакого не было, Толстой даже не знал, с чего начнет повествование, то есть, какими словами начнется рассказ. Но Наполеон его настолько заинтересовал, хотелось понять, каким образом этот человек смог подняться на вершину власти – «наглый и дерзкий успех». И были фрагменты, где он пытался рассказать о том, как и почему карта Европы перерисовывалась столько раз. И возникла совершенно невероятная у него мысль – создать, в сущности, исследование. Потому что «Война и мир» – это не роман, там несколько романов, несколько рассказов, несколько повестей. «Война и мир» – это, конечно, исследование, художественное исследование.

Мне бы хотелось показать вам несколько фрагментов. Пожалуйста, первую иллюстрацию покажите. Это один из самых ранних фрагментов, выделено разными цветами пять слоев текста. Пять раз Толстой обращался к этой странице. Вы видите, поперек и вдоль, и какие-то фрагменты были зачеркнуты, вписаны слова. Это один из самых ранних рукописных листов, где по-

вестование начиналось с 1808 года. А что такой 808-й год? Это то время, когда был мир с Наполеоном, когда Наполеона любили в России, то есть это была та пора, когда все думало и говорило по-французски в России. А как же так случилось, задавал себе вопрос Толстой, как случилось, что Россия, которая, казалось бы, жила в категориях французской культуры, я имею в виду, конечно, та Россия, которая читала романы – потому что он писал романы все-таки об аристократах, свободных людях, свободных от нищеты, как он говорил, эта Россия потом вдруг отвернулась от Наполеона. И он создал как бы два ключевых образа в «Войне и мире», причем эти два образа возникли в самых ранних его набросках. И мы можем поэтому говорить о том, что, в сущности, философская идея «Войны и мира» родилась у него сразу. Это пожар Москвы и пожар французской революции. Вот два ориентира, и вот как двигалась Европа в Россию, Запад в Россию от французской революции, неся эти идеи свободы, равенства и братства, к пожару Москвы. И для героев Толстого – Андрея и Пьера – в сущности, эти идеи сгорели в пожаре Москвы, в переживаниях на Бородинском поле, осмыслении и осознании произошедшего с ними.

И вот что интересно. Говорят, что Толстой не стилист, это неправда. Толстой оттачивал каждое слово. Он находил образ, который потом повторялся, становился как бы сцеплением и сцеплял эту махину, огром-

ное повествование. Ведь в сущности повествование это действительно очень разнородное, многоцветное, многозначное, как сама жизнь. И, тем не менее, оно кажется стройным, целостным и единым.

Например, война 12-го года представлена в развернутых образах-метафорах: война – игра в шахматы для Наполеона и игра в жмурки – для русских. То есть он находил эти образы, и они повторялись, они обыгрывались, они таким образом создавали определенную атмосферу описания и французов, и русских. Или, скажем, замечательное слово-образ, которое он нашел, слово, которым он, собственно, определил судьбу Запада, который приходит в Россию для того, чтобы ее завоевать, – не важно, в какой период это случается, в Россию, которая вполне может мыслить категориями западной культуры. Это слово он долго искал, было 6 или 7 редакций описания вступления французов в Москву, пустую Москву. Они «неудержимой звездой расплывались во все стороны от Кремля и, как вода в песок, всачивались в нее», то есть в Москву, и переставали существовать, как перестает существовать вода в песке.

То есть слово-неологизм «всачивание французов» было очень важно для Толстого для того, чтобы передать глубокое убеждение в том, что в России по-другому быть не может. Любая цивилизация, которая придет в Россию, уйдет, как в песок, как вода уходит в песок,

не оставляя следов. И перестала существовать французская армия, и понятно, по каким причинам. Толстой считал, что именно по этим причинам. Пожар Москвы и вступление французов в пустой город были для Толстого очень важными, пожалуй, центральными событиями, и, собственно, с Москвы в первоначальной композиции книги начиналось повествование 5-го тома.

Покажите, пожалуйста, 4-й рисунок. Что мы видим. Толстой, в сущности, начал писать новый роман. Бородинским сражением закончился 4-й том, 5-й и 6-й тома – это Москва и возрождение России. И здесь Толстому нужно было представить в образах и картинах, передать в ощущениях и переживаниях, рассказать, каким-то образом объяснить в философских рассуждениях, в исторических описаниях убеждение в том, что равенство, свобода, братство – лозунги французской революции, которые приняла вся Европа, невозможны в России. Потому что вместо равенства для Толстого важно было передать чувства Пьера и всех русских людей, ощущение единства «целого и особенного народа». Он находит еще слово – «единый» народ. И, в сущности, все повествование 5-го и 6-го тома – это рассказ о постепенном восстановлении и создании мира. И если мыслить категориями, скажем, лингвистики текста, то это тема-рематические отношения, то есть, если темой книги была война, то рема – это мир. Мир – это, по сути, идея «Войны и мира».

И я бы хотела, чтобы показали 11-ю иллюстрацию. Вы видите, здесь первый раз Толстой написал название книги – «Война и мир». Зачеркнул прежнее название – «1805 год», так издавались первые главы «Войны и мира» у Каткова в журнале. «Война и мир». Здесь важно обратить внимание на то, как написано слово «мир». Это предмет размышлений, споров, иногда очень жарких споров: все-таки, что такое у Толстого «мир»?

Дело в том, что мир до революции писался двояко – через «и» восьмеричное, которое вы видите сейчас на экране, и «і» десятеричное; «і» десятеричное имело все значения, кроме антонима слова «война». То есть война и мир – вражда и согласие. Вы знаете, как для Толстого важно было прийти к мысли о том, что «любовь есть Бог», «жизнь есть Бог». Мир, согласие – это, в сущности, та сфера человеческого существования, в которой только и возможна жизнь. Все, что не мир, – «противно человеческой природе». Возможно, Толстой открыл важную истину: обретение согласия, внутреннего мира – единственный путь к пониманию и объяснению внешнего мироустройства.

И даже в описаниях состояния души Наполеона после Бородинского сражения Толстой не смог отступить от художественной правды. Хотя он и говорил, что Наполеон не знал добра красоты и правды, но все-таки не мог человек-Наполеон не ужаснуться тому, что увидел

на Бородинском поле. И здесь это примирение, примирение всех – неважно, французов, русских, противников, примирение перед ужасом, чудовищем войны, Толстому очень важно было передать в последних главах 4-го тома.

И я бы хотела, чтобы показали 8-й рисунок. Это как раз окончание главы: Толстой зачеркнул полностью копию, сделанную Софьей Андреевной, и написал текст, который практически без изменений вошел в печатный текст. Это текст о нравственной победе над французами, нравственной победе над противником. Вообще, это удивительный феномен. При всей той колоссальной работе, которую мы видим в рукописях, при всем том, что некоторые главы переписывались несчетное количество раз, и иногда очень трудно найти, где начинается, где заканчивается отрывок, тем не менее, есть страницы, которые выливались на одном дыхании.

Наверное, можно говорить даже о нерукотворности, или, может быть, о той силе, творческой силе, которая вела Толстого, которая заставляла в нем молчать критика – зачеркивающего, изменяющего. В частности, приведу только один пример. Замечательная сцена, если вы помните: Наташа, разбитая горем после истории с Анатолом, и приезжает к ней Пьер. Пьер, который едет для того, чтобы, может быть, ей сказать... В ранних редакциях он очень огорчен и ругает Наташу внутренне, в ранних редакциях он едет для того, чтобы

выразить ей свое презрение. И вдруг он входит к ней, видит ее, и здесь, если вы помните, последняя глава нынешнего 2-го тома, объяснение Пьера и знаменитая комета.

Она была написана уже в корректуре, то есть Толстой никак не мог найти выход из фабульного лабиринта. Затем появились строки о том, как «неволью, помимо воли текли слезы» по щекам Пьера, и он говорил Наташе: «Ежели бы я был не я, а красивейший, умнейший и лучший человек в мире...» и так далее. Ощущение, которое появилось в размягченной душе Пьера было так противоположно тому, что предвещала страшная, ужасная комета, ведь она предвещала России страдания, боль, войну... Чувство любви и мира, возникшее в душе Пьера, осветило темное небо и комету – светлую звезду. Звездное небо, эта комета, это родство с вечностью... Потому что для Толстого, конечно, небо, бесконечное небо, в котором нет границ, небо – в душе каждого из его героев не позволяет видеть «оскорбительную низость всего земного».

И это небо видит Пьер, и все это вылилось на одном дыхании и без единой пометки вошло в окончательный текст. В следующей корректуре Толстой ничего не исправлял, это очень стройный и красивый текст. Но зато все философские рассуждения, которые писал Толстой, были немислимо переделаны. Столько было вариантов, больше всего вариантов к эпилогу,

больше всего редакций эпилога, рассуждений. Потому что, конечно, он был художником, настоящим художником, и, разумеется, необходимость (а это была необходимость, необходимость писать философское, необходимость объяснять исторические события), эта необходимость диктовалась тем, что уж больно много критиков в эту пору ополчились на Толстого. В черновиках «Войны и мира» есть запись о том, что «есть художественный и нехудожественный читатель», художественный читатель все философское поймет в «описаниях балов и охоты», а нехудожественному читателю нужно объяснять. Ему важно было объяснять.

Здесь совершенно другой тип художника. Вы помните, что Чехов вполне доверял читателю, он понимал, что все равно читателю ничего не объяснишь, все равно читатель сам поймет что-то свое.

А.Г. Может быть, Чехов и передоверил немножко.

Н.В. Может быть, и передоверил, да.

А.Г. Учитывая театральные опыт прочтения Станиславским Чехова, может быть, надо было бы объяснить какие-то вещи.

Н.В. Возможно. Вы знаете, мне бы хотелось сказать в конце, что, может быть, сейчас настало время изучать не столько окончательный текст, который мы имеем в печатном варианте, а настало время изучать путь художника, вернее, его мысли, «путь мысли», так сам Толстой определил творческий процесс.

Потому что, по-моему, нет большего удовольствия и нет большего счастья, чем наблюдать, как преображается и рождается образ, как рождается художественный текст. И, в сущности, то, что остается за рамками печатного текста – редакции, варианты – это тоже замечательные страницы. По каким-то причинам Толстой их выбросил, они не вписывались в замысел, композицию. Но это прекрасные описания, и они дают нам возможность уйти от вольных интерпретаций, они дают нам возможность, если нам этого захочется, конечно, проникнуть, наконец, приблизиться к пониманию того, что хотел сказать Толстой. Если Чехов не очень хотел, чтобы его до конца поняли, или просто не надеялся, то Толстой в «Войне и мире» стремился к тому, чтобы его мысль была предельно понятна. Хорошо было бы издать произведения Толстого как единое целое. Мы к этому стремимся: в первой серии печатается окончательный текст, выверенный по всем источникам (это у нас основная серия «художественные произведения»). А во второй серии мы даем все предшествующие редакции, все тексты. Причем иногда это бывают такие тексты, как издание 73-го года, последняя авторская воля, или первоначальная журнальная редакция, как роман «1805 год» (это тоже произведение, его мы будем давать во второй серии), – это замечательные тексты.

И когда они все будут собраны, тогда читатель смо-

жет шаг за шагом проследить, как рождался и менялся замысел, он сможет в сопоставлениях и сравнениях уйти от вольных интерпретаций и понять не себя в Толстом, а самого Толстого. Может быть, не понять, но приблизиться к пониманию...

А.Г. Спасибо.

Предел времени

3.09.03

(хр. 00:50:15)

Участники:

Ростислав Феофанович Полищук – доктор физико-математических наук

Юрий Васильевич Шалаев – кандидат физико-математических наук

Александр Гордон: ...трудно понять, что такое время. А теперь нам приходится вообще отказываться от этого понятия. Что это за состояние такое, в котором даже о времени говорить нельзя?

Ростислав Полищук: Это не означает, что исчезают вообще всякие понятия, а означает то, что понятие времени имеет предел применимости. А когда мы пытаемся продолжать применять это понятие времени неограниченно, мы наталкиваемся на некоторые противоречия, разрешение которых означает переход к более глубоким фундаментальным понятиям.

Оказывается, нельзя о понятии времени говорить,

не рассматривая понятия пространства. Между пространством и временем есть граница – световой конус, световые образы, которые и нужно положить в фундамент представления о мире. Здесь получается так: релятивистский коготок увяз, всей птичке пропасть. И вся картина мира переворачивается. Потом Юрий Васильевич скажет более конкретно, как это получается.

Другое ограничение на применимость понятия времени – это квантовая механика, которая не позволяет как угодно мелко делить интервалы пространства и времени. И оказывается, что наш мир в своем фундаменте – квантовый, а там нет прежних понятий пространства, времени и материи. Имеется просто временное состояние вакуума между двумя его фазовыми переходами: от рождения Вселенной, где еще нет этих понятий, где они только возникают, рождаются, и до следующего перехода, который пока физика не знает, как обозначить. Речь будет идти об этом.

Умственным взором мы проникаем дальше – за пределы применимости этих понятий, которые сами вытягивают на поверхность точного знания новые понятия. Так что речь идет о развитии понятия времени. Но можно уже сказать, что нет вечности, потому что она предполагает бесконечную применимость понятия деления времени, тогда как мир возникает вместе с пространством-временем. И при этом возникает более сложная и интересная картина мира. Вот о чем мы сегодня хо-

тим поговорить.

Юрий Шалаев: Коль скоро мы рассматриваем проблемы, связанные со временем, то прежде всего, конечно, каждый из нас представляет, что есть понятие об обыденном, обычном времени, которое мы каким-то определенным образом ощущаем. И, естественно, мы понимаем, что время обладает некоторыми определенными свойствами. Например, такими как длительность, необратимость – оно течет из прошлого в будущее. Это обычные, привычные понятия.

Эти понятия, конечно, вполне естественны, и они нам помогают осознать течение времени, но надо сказать, что они не совпадают с теми представлениями, которые разработаны физиками.

Здесь надо сказать, что помогают нам осознать течение времени и произведения искусства, в том числе изобразительного искусства. Возьмем, скажем, импрессионистов. Это художники, которые стремились запечатлеть какие-то неповторимые моменты времени. Они пытались его остановить в своих картинах. И в результате получили такие замечательные образы, которые нам сейчас позволяют как бы вернуться в то самое время и ощутить эти неповторимые моменты времени, которые запечатлены в картинах импрессионистов. Но, как я уже сказал, наши обыденные представления не совпадают с научными представлениями, развитыми современной физикой. И поэтому мы в

нашей беседе будем говорить о пределах применимости понятия времени, о связи необратимости времени с ростом энтропии.

Р.П. Здесь на слайде мы видим первые мифологические картины мира. Мы видим, что даже в самых первых картинах мира есть какие-то границы. Вот это картина мира у халдеев, следующий слайд – картина мира у индусов, здесь тоже мир ограничивается каким-то пределом.

И интересно, что, оказывается, миф схватывает истину о мире. Но наука создает иногда свои научные мифы, закрывая истину, которая интуитивно содержится в мифах. Например, бесконечное пространство-время Ньютона. Оно довольно скучное, это мертвая механическая картина мира. Вот в известной иллюстрации из книги Фламариона вы видите, что человек достиг края мира, смотрит за этот край и видит там совершенно другие вещи. Так вот, современная наука тоже как бы возвращается к понятию границы привычного мира, в том числе к понятию границы применимости пространства-времени.

На следующей картинке мифологическое мировое древо древней Германии. Интересно, что древо познания, выросшее из единого семени, содержит и корни, которые во все стороны проникают, и разросшуюся крону. Но все это выросло из единого семени – знание едино. Наука есть развивающееся понятие. Миф сра-

зу схватил эту истину, но по-своему, мифологически, а наука просто детализирует и уточняет эти картины.

Следующая картина, это Микеланджело, была создана тогда, когда уже была осознана роль человека в сотворении мира, и был открыт космос человека. А вот современная научная картина мира – картина Солнечной системы – более прозаическая. А перед этим была египетская картина мира, где созвездия считались какими-то животными. И это было очень красочно.

Но что говорит современная наука? Солнечная система гораздо более точно отображает наше представление о ближайшем космосе. Следующая картинка – это изображение Солнечной системы. Она не столь поэтична, но, тем не менее, она ближе к истине, и науке пришлось много поработать, чтобы наполнить новым богатым содержанием ту картину мира, которая была в мифах, которая была уловлена в мифологической форме.

Так что же может сказать наука о времени? Наступление на понятие времени идет с двух сторон: со стороны теории относительности и со стороны квантовой механики. Я уже говорил, что время существует только вместе с пространством. Как известно, согласно Минковскому, и пространство, и время по отдельности – только «тени». Поэтому физика на самом деле – это физика событий. Юрий Васильевич скажет о том световом конусе, который мы видим на слайде. Это то, что

говорит теория относительности о пространстве и времени.

Ю.Ш. На этой картинке показано двухмерное пространство по двум осям и еще показана ось времени. Ноль – это некоторая точка пространства в начальный момент времени, событие. Покоящаяся в пространстве точка изображается осью времени, цепочкой событий в данном месте пространства.

Что касается конуса, то этот конус можно представить себе, как образованный системой фотонов, которые вылетают в некоторый начальный момент времени из начальной точки. Эти фотоны являются образующими данного конуса. Характерной особенностью этих образующих является то, что в соответствии с теорией относительности с пространством Минковского, на конусе расстояние между двумя точками являются нулевыми – такова псевдоевклидова метрика этого пространства-времени. Область будущего для исходного события содержится внутри этого конуса: любая точка, причинно связанная с начальным событием, находится обязательно внутри этого конуса. Предельными границами будущего являются образующие конуса, и вот они-то и интересны с точки зрения пересмотра свойств пространства и времени.

Р.П. Ось времени – это мировая линия начальной точки пространства и находящегося в ней наблюдателя. Прожитое любой точкой пространства время – это

длина её мировой линии. Ортогональные оси времени, – это оси пространства одновременности для этого наблюдателя.

Наблюдатель, движущийся с какой-то досветовой скоростью относительно исходного наблюдателя, изображается его мировой линией, наклонённой к исходной оси времени, и ортогональное его оси времени его новое пространство одновременных для него событий будет идти вдоль новых осей. В световом пределе ортогональное ему пространство выродится в световой конус, и его мировая линия будет идти вдоль светового конуса. В геометрии пространства-времени квадрат длины гипотенузы для пары разных событий равен разности квадратов длин пространственного и временного катетов – иначе нет разницы между пространством и временем. И для воображаемого светового наблюдателя являются одновременными такие события, как, скажем, начальный момент отправления на далекий квазар и момент прибытия туда – даже если в системе отсчета Земли расстояние до этого квазара равняется 10 миллиардам световых лет (то есть свет туда летит 10 миллиардов лет). Но длина этой мировой линии – это собственное время светового наблюдателя, и оно равно нулю. Для светового наблюдателя продольное направление пространства вообще «схлопывается» в нуль, пространство у него – двухмерное. И вместо привычного $1+3$ расщепления на время и про-

странство преимущественным для него является $2+2$ расщепление пространства-времени. Причем, равняется нулю расстояние не только до того объекта, куда он летит, скажем, квазара, но и для всех объектов, которые позади. В чем же тогда разница движения вперед и назад? В том, что изображение небесной сферы звезд в пределе стягивается в апекс движения, в точку, куда он движется, причем, стягивается с неограниченным голубым смещением. А вся задняя полусфера стягивается из-за релятивистской абберрации света в точку антиапекса с неограниченным красным смещением. И весь мир сзади как бы исчезает. И когда мы падаем в черную дыру и пересекаем горизонт событий, там тоже мир, который мы оставляем, схлопывается в антиапекс и как бы исчезает. Я делаю это замечание, потому что Роджер Пенроуз в своей новой прекрасной книге «Новый ум короля» не заметил этого факта, и говорит, что, когда мы падаем в черную дыру, мы не замечаем пересечения её горизонта событий.

Так вот эти предельные световые образы и являются ключом к новому пониманию пространству-времени, и это световое движение, на самом деле, не есть движение. Ну что же это за движение, где на преодоление нулевого пространства вы тратите собственное нулевое время?! Длина мировой линии вдоль светового луча от Земли до квазара и обратно равна нулю, а на Земле за время от момента отправления светово-

го наблюдателя на квазар и до его возвращения на Землю с затратой нулевого мгновения собственного времени прошло 20 миллиардов лет. Это световое движение-состояние лучше назвать не динамикой, а релятивистской статикой. И теперь нам нужно объяснить как раз состояние покоя. Это очень просто. Состояние покоя – это два встречных световых движения, как бы «стоячая волна». И если мы строим мир из этих световых образов, из световых времен, то получается, что основным расщеплением является $2+2$ -расщепление, а когда этих расщеплений много, их суперпозиция и даёт обычное $1+3$ -расщепление.

Световая скорость в этом смысле не есть скорость. Что же это за скорость движения, если вы уже там, и весь мир стал двумерным, потому что поперечная двумерная геометрия не затронута, а продольная геометрия «схлопнулась» в нуль в пределах световой скорости. Значит, это уже не скорость, это вырожденное релятивистское состояние. Значит, в фундаменте мира (если перевернуть картину и опираться на световые образы) нет скорости, а стало быть, нет ускорения. И, таким образом, граница мира событий – этот световой конус, как граница пространственных и временных направлений, – на самом деле втягивает в себя вообще весь мир.

Но как же тогда получить обычное пространство-время? Возьмем тот фотон, который летит вле-

ред, и тот, который летит назад. Комбинация их световых времён даёт обычное временное и пространственное измерения.

Теперь обратимся к квантовой механике. Она тоже принципом неопределенности ведет наступление на понятие времени. Возьмем мгновенное пространство, трехмерное, искривленное. Его можно задать точкой бесконечномерного пространства трехмерных пространств. И уравнение Шредингера (в гравитации оно даёт уравнение Уилера-Девитта) описывает эволюцию этого трехмерного пространства, кривую в этом бесконечномерном пространстве мгновенных 3-пространств. Но согласно принципу неопределенности, если мы точно задали момент времени и в этот момент времени точно задали мгновенное пространство, то неопределенность импульса – не ограничена. Куда скакнет наше мгновенное пространство, неизвестно. А в физике, вопреки мнению некоторых физиков, реально существует только то, что можно измерить.

Если мы не можем измерить следующее состояние нашей Вселенной, нашего мгновенного пространства, то этого следующего момента времени просто нет. А стало быть – вообще времени нет! Джон Арчибальд Уилер уже несколько десятилетий говорит о том, что в квантовой механике нет привычного пространства-времени. А что же есть? Есть только пространство таких трехмерных пространств, и статус времени

на самом деле понижается – есть как бы только кинокадры пространств. Так в кино или на телевидении то, что кажется движением, на самом деле является набором статических кадров. И вместо размерности четыре для лоренц-сигнатуры метрики пространства-времени (минус для временного измерения, три плюса – для трёх пространственных измерений) четырехмерного пространства-времени истинным измерениям отвечают только три плюса, то есть только пространство реально в квантовом мире.

Но, к сожалению, после этого революционного пересмотра истинной размерности нашего мира Уилер не учел, что у него возникает асимметрия неопределенностей в принципе неопределённости Гейзенберга. Мы точно задали координату, а импульса нет, то есть мы «зарезали» время, спасая пространство. Но это противоречит духу релятивизма – пространство и время должны рассматриваться вместе и во многих отношениях равноправно. Так давайте разрежем трехмерное пространство на пленки с двумерной геометрией. Теперь можно проследить эволюцию одной отдельной пленки, но за это мы платим тем, что не знаем геометрии соседних двумерных пленок. Значит, если мы возрождаем снова время t , то нет одного пространственного измерения x , нумерующего плёнки. Значит, есть не t и x (t – временное, x – пространственное измерения), а есть t или x . Если у нас на равных правах

есть и t , и x , то есть и два световых времени $t + x$ и $t - x$. Значит, реализуется только суперпозиция этих двух световых времен, а не оба они одновременно.

Но квантовая механика заставляет нас прибегать также к образам флуктуирования и дискретизации почти всего, что имеется. Например, воздух непрерывно колеблется, вакуум колеблется, все кипит, все как бы возникает и перевозникает: на мгновение возникают виртуальные частицы и так далее. Будем считать, что знак при одном из световых времен тоже флуктуирует и меняется с планковской тактовой частотой порядка 10^43 в степени 43 циклов в секунду. Тогда получается, что в комбинации световых времён возникает то время, то пространство, чередуясь с той же планковской частотой. В этом смысл нашей гипотезы флуктуирующей сигнатуры пространства-времени, которую можно легко принять, идя по следам революционных идей Уилера.

Такую же вещь можно сделать с пространственными координатами, если считать, что они тоже не коммутируют и что есть два комплексных световых измерения. Таким образом мы даже снизим размерность пространства-времени с трех, как у Уилера, до двух и получим, что сильно ломаная двумерная геометрическая поверхность или одномерная комплексная линия (что эквивалентно) и создает образ этого пространства-времени. Как маломерие рождает многомерие —

об этом говорят фракталы. Например, можно кривую Пеано провести так, что она проходит через все точки квадрата и куба. То есть, сама она одномерна, но работает как площадь или объем. Сейчас теория суперструн пересматривает размерность мира так, что нульмерным точкам-событиям Эйнштейна приписываются дополнительные внутренние измерения. Наверняка в ваших передачах был разговор о суперструнных теориях.

А.Г. Да, был.

Р.П. Там появляются критические размерности для того, чтобы геометризовать остальные (сверх гравитационного, как у Эйнштейна) физические взаимодействия. А мы сейчас пересматриваем возможные внешние размерности пространства-времени. Таким образом, мы приходим к другой картине мира, где такие сильно флуктуирующие образы иной даже размерности рождают на нашем уровне картину пространства-времени.

А сейчас мы перейдем к проблеме необратимости времени, которая связана с энтропией. Юрий Васильевич может, наверное, сказать сейчас про 13 миллиардов лет?

Ю.Ш. Я хотел бы немножко пояснить тот момент, о котором уже говорилось. Итак, световой наблюдатель вылетает с Земли и летит на некий квазар. Представим себе, что этот квазар находится где-то на расстоя-

нии 10 миллиардов световых лет. В системе координат Земли такой квазар, в принципе, может существовать, потому что возраст Вселенной где-то около 13 миллиардов лет, а квазары и первые звезды появились где-то на уровне ста миллионов лет от Большого взрыва, который образовал нашу Метагалактику. Так вот, световой наблюдатель за нуль своего времени добирается от Земли до этого далекого квазара и затем за нуль собственного времени он же возвращается на Землю. Когда он возвращается на Землю, на Земле уже прошло 20 миллиардов лет. И что произошло с Землей? Надо сказать, что за время, равное примерно 7.5 миллиардов лет, с Солнцем произойдут довольно значительные изменения. А именно: в силу того, что ежесекундно Солнце теряет примерно 5 мегатонн своей массы—энергии в виде излучения, то через 7.5 лет Солнце прогорит...

А.Г. Миллиардов лет – наверное?

Ю.Ш. Извините, конечно – миллиардов лет.

А.Г. Не пугайте аудиторию...

Ю.Ш. Итак, через 7.5 миллиардов лет Солнце прогорит, взорвется, и раскаленный шар, как показано на этой картинке, расширяясь, поглотит Меркурий и Венеру, как показывают расчеты. Не останется в стороне и Земля. Скажем, она будет раскалена и, более того, у нее исчезнет гидросфера. То есть, тот самый световой наблюдатель, который двигался со световой скоро-

стью до квазара и обратно, вернувшись через 20 миллиардов лет, может эту самую Землю и не застать.

Р.П. Световой наблюдатель двигался нуль собственного времени. То есть, за одно мгновение он слетал туда и обратно, а здесь прошло время, сравнимое с возрастом Вселенной.

Здесь показано Солнце, где водородное ядро перегорает в гелий. Солнце – это слабенькая звезда, желтый карлик. Вещество, из которого мы образованы, рождено не Солнцем, а вспышками сверхновых звезд. Следующая картинка может нам это показать. Вот то, что остается от сверхновой звезды – там происходит столь мощная ядерная реакция, что звезда взрывается и рассеивает вокруг себя тяжелую термоядерную золу, и после гравитационной конденсации возникают новые солнца, новые уже звезды. Так что Солнце – звезда второго поколения. Наше с вами существование и наличие таблицы Менделеева в наших телах – доказательство того астрономического факта, что Солнце – звезда второго поколения, или даже третьего. Его возраст – 5 миллиардов лет. А то вещество, из которого мы состоим, возникло в недрах сверхновых звезд примерно 10 миллиардов лет назад. То есть, мы – дети звезд, мы – космические существа и представляем собой живую память космоса в этом смысле. Это по поводу эволюции Вселенной.

Теперь стоит поговорить о начале эволюции Вселенной.

ной. Она возникла в результате сверхмощного взрыва, когда еще не было ничего. Это было какое-то состояние вакуума. У него была сильно анизотропная неоднородная метрика, были столь сильные флуктуации метрики, что нельзя было говорить о длине, углах – метрики и обычного светового конуса вообще не было, там все колебалось. И вещества не было. Это было какое-то новое состояние вакуума. Наложение всех этих флуктуаций создало очень однородные образования, которые сопутствовали этому взрывчатому началу эволюции нашей Метагалактики. Что было «раньше» – наука пока не знает. Она ведь уже зрелая, она уже видит пределы своей применимости.

И энергетически выгодно было вакууму распасться и родить вещество и излучение, которые переходили друг в друга, происходили фазовые переходы вакуума – подобно тому, как вода при нагревании превращается в пар, а пар при остывании превращается в воду. Так вот, что было «до» начального состояния, что было раньше планковского момента времени 10^{-43} в степени минус 43 доли секунды, мы не знаем – просто даже самого времени, очевидно, ещё не было. Могла быть даже мера необычная, не архимедова. Архимедова мера – это когда большое есть результат повторение малого. А там, в начале мира, могли быть какие-то совершенно другие меры, какие-то совершенно другие понятия – может быть, квантовая теория гравитации уточ-

нит эти неопределённые представления.

Итак, энергетически выгодно было родить вещество и излучение, а при расширении они стали остывать. И в начале электрон не имел массы покоя. Это тоже говорит в пользу световых образов, о которых мы упоминали, начиная с теории относительности. Это, конечно, некоторая интуиция, но эти световые образы работают уже потому, что собственное значение квантового оператора скорости – в точности плюс-минус скорость света, и никакое другое. Для того чтобы получить досветовые скорости, берут только четную компоненту оператора скорости, что как бы включает встречную световую волну и создает состояние покоя. То есть световые образы даже с точки зрения квантовой механики лежат в фундаменте нашего мира.

Вакуум распался на частицы света, а весомые частицы – это как бы сцепленный свет. Это, конечно, чисто эвристические, гипотетические рассуждения. Может быть, это не подтвердится, но ясно, что прежние понятия не выживут. Дальше вещество описывается уже так называемой фридмановской эволюцией, оно гравитирует, оно немножечко тормозит расширение. Но оно разрежается, и все в большей степени начинает определять эволюцию вселенной, плотность энергии-импульса, плотность массы-энергии вакуума, которая представлена так называемой космологической постоянной. И при этом характеристикой вакуума явля-

ется постоянное отрицательное давление. И Вселенная, оказывается, не замедленно расширяется, а даже ускоренно. Современная физика не знает, чем же закончится это расширение, очевидно только, что будет какой-то новый фазовый переход. И мы видим, более-менее правильно описываем, только современное состояние, которое является временным состоянием между двумя фазовыми переходами вакуума.

Теперь, что же может сказать наука о необратимости времени? Здесь нужно сказать о том, что такое энтропия. Покажите новую картинку, пожалуйста.

Итак, что такое энтропия? Энтропия – это логарифм объема области фазового пространства, который содержит все точки, представляющие данное состояние физической системы. Одно и то же состояние может быть представлено множеством точек фазового пространства. Точка фазового пространства – это состояние физической системы. И одному и тому же состоянию, например, термодинамического равновесия соответствует очень много таких возможных состояний. И очень упорядоченные состояния физической системы занимают меньшие области фазового пространства. Что такое термодинамическое равновесие? Допустим, что мы бросили кусочек сахара в чай. Когда он растворился, то чай перешел в более равновесное, высокоэнтропийное состояние. И уже если состояние перешло в состояние равновесия, оно практически всегда

будет там находиться. Юрий Васильевич может уточнить на конкретном примере соотношение энтропии для различных физических систем.

Ю.Ш. Да, действительно, можно рассмотреть такой пример, когда мы имеем два объема. Скажем, один кубический метр газа и тот же газ, сжатый до одного кубического сантиметра. Энтропию газа можно посчитать, и оказывается, что отличие энтропии здесь составляет 10 в 26 -ой степени. То есть такое огромное отличие энтропии.

А.Г. То есть разряженный газ обладает более высокой энтропией.

Ю.Ш. Да, конечно. Так вот, если мы возьмем маленький кубик, один кубический сантиметр, и запустим этот газ в объем, равный одному кубическому метру, то газ начнет расширяться, займет всю область пространства, достигнет теплового равновесия и останется в таком состоянии практически навсегда.

Конечно, есть так называемая теорема Пуанкаре о возвращении. Можно посчитать время, за которое газ из этого большого объема сожмется снова в маленький прежний объём. Но оказывается, что время такого возвращения газа из большого объема в маленький в нашем примере составляет 10 в степени 10 в 26 -й степени лет. А Вселенная имеет возраст всего 10 в 10 -ой лет.

А.Г. Это на 26 порядков больше?

Ю.Ш. Нет, больше даже на 10 в степени 25 порядков.

Р.П. Никогда не дожидаться...

А.Г. То есть увеличение энтропии необратимо так же, как и ход времени.

Р.П. Если представить, что Вселенная сначала расширяется, а потом сжимается, то все повторяется. Если энтропия для газа растет, когда он распределяется равномерно, то поскольку энергия статического гравитационного поля отрицательна, гравитация, наоборот, конденсирует материю и этим увеличивает её энтропию. В конце концов, большая звезда с массой, скажем, в три массы Солнца кончает свою эволюцию черной дырой, где еще больше энтропии. Таким образом, энтропия растет именно в сгустках. Это один из механизмов необратимости времени.

Необратимость еще идет и от квантовой механики, поскольку все физические уравнения, включая уравнение Шредингера, описывающее квантовую эволюцию системы, симметричны по времени, не говоря уже об уравнениях Дирака, Эйнштейна, Янга-Миллса. А моменты измерения не симметричны во времени. Есть сочетание симметрии возможностей, которые могут реализоваться, с асимметрией реализации только одной из возможностей. И есть запомненный выбор. Когда выбран один вариант, энтропия должна как бы уменьшиться – происходит некий скачок. Дело здесь в том, что при описании хаотизации квантовой системы

следует переходить от хаотически и фрактально деформирующегося, но сохраняющегося её лиувиллевского объёма в фазовом пространстве, к выпуклой оболочке этого объёма, который растёт при хаотизации. Так вот, уравнение Шредингера не описывает этот скачок роста фазового объёма, который связывается с редукцией волновой функции при возмущении, вызванном измерением.

Возьмем новую иллюстрацию. Здесь энтропия растёт. И вдруг происходит процесс измерения. И она снова скачком меняется, она снова (по Р. Пенроузу, у которого мы взяли эту картинку) уменьшается. Если мы повернем все назад во времени, то получается, наоборот, что сначала энтропия убывает, а потом скачком увеличивается. Но это процесс неестественный, потому что естественным является (когда нет ограничений на систему) постоянный рост энтропии. И наоборот, если мы повернем время назад, она опять-таки должна расти. Так вот проблема здесь в источниках низкой энтропии. Каковы могут быть источники низкой энтропии?

Источником энергии на Земле является Солнце. Юрий Васильевич, вы как астроном можете конкретнее описать эту ситуацию.

Ю.Ш. Хорошо. На этой картинке мы видим Солнце, Землю с растительностью и даже с людьми. От Солнца Земля получает фотоны видимого спектра и пере-

излучает множество фотонов низкой энергии в инфракрасном диапазоне. Часть фотонов от Солнца поглощается, а часть отражается. При этом, поскольку энергия фотонов зависит от частоты, то фотоны оптического диапазона более энергичны, чем фотоны инфракрасного излучения. Фотонов инфракрасного излучения больше. Кроме того, они рассеиваются по разным направлениям. Кроме того, низкоэнтропийная энергия Солнца путем фотосинтеза растений преобразуется в более высокоэнтропийную форму, давая начало земной жизни, увеличивающей энтропию дальше.

Р.П. И при этом растение становится для нас источником низкой энтропии, поскольку запускает пищевые цепи.

А.Г. Всякая живая система понижает энтропию, за счет этого мы и живы.

Р.П. Да, да. Так, что жизнь есть поток негэнтропии, обеспечиваемый самокоррекцией наследственного кода при условии притока свободной энергии. Это такое рабочее и работающее определение, физическое определение жизни.

Энтропию нельзя уничтожить, ее можно вытеснить. И нужен непрерывный приток энергии, чтобы поддерживать низкую энтропию. Так вот, Солнце является источником этой низкоэнтропийной энергии, которую Земля переизлучает в высокоэнтропийной форме. Благодаря Солнцу на Земле накопилась углеводородное

топливо, которое в машинах тоже перерабатывается в высокоэнтропийную тепловую форму. И уран – это тоже низкоэнтропийное вещество, который на атомных станциях перерабатывается в свою высокоэнтропийную форму.

Сама жизнь, казалось бы, является опровержением второго начала термодинамики, потому что живые организмы – сложные, а биосфера очень многообразна. А ведь внутри биосферы еще возникает человеческое общество, разум – это тоже начало упорядочения, уничтожения энтропии. И социальные мифы даже абсолютизируют это начало в духе теократии или марксизма, государства Платона или учения коммунизма, где считают, что социальную энтропию можно полностью уничтожить. На самом деле, ее уничтожить нельзя, можно только вытеснить.

А вытеснение это происходит с помощью этих пищевых цепей. Причем, в биологии известно, что биосфера не может существовать без хищников, иначе травоядные, являясь хищниками по отношению к растениям, уничтожат все растения и сами умрут с голода. На ресурс хищников замкнут ресурс их жертв: если они уничтожат все жертвы, то сами погибнут. То есть здесь присутствует обратная связь.

А в социуме обновление социокультурного наследственного кода происходит через поляризацию мировоззренческих установок, но потом эти установки обя-

зательно должны снова встретиться, чтобы обновиться. Страны Юго-Восточной Азии дают нам пример взаимоплодотворения западного техноцентризма и восточного культуроцентризма. За техническую революцию Запад заплатил высокую цену – это бездуховность, голый прагматизм. Культуроцентризм Востока – это застойность. Но оказывается, что именно восточная мировоззренческая установка более всего годится для наиболее высоких технологий, которые являются продуктом западного техноцентризма. Информационные технологии, телевидение в том числе, следствие того, что сначала происходит отталкивание резкое этих начал, а потом встреча.

В биологии – это половой диморфизм, половое различие, начиная с растений. Клонирование не имеет большой перспективы, потому что оно копирует оригинал вместе с генетическими опечатками и мутациями. Поэтому здесь пригодно только естественное обновление. А в культуре – это смена отцов и детей, это отталкивание предыдущего, а потом его возвращение. В общем, это сложная динамика.

Таким образом, физика и здесь питает нас новыми интуициями и предотвращает догматизацию, возникновение утопий, которые сами собой возникают в тех мифах, которые господствуют в обществе. В этих условиях одни люди нуждаются как бы в социальном успокоении, чтобы выдержать тот уровень жизни, на ко-

тором они находятся. А другие должны как раз сбрасывать иллюзии и отказываться от них, трезво подходить даже к анализу социальной системы – если физика способна математически моделировать поведение сложных динамических систем типа человечества. Но, конечно, только в общих (типа термодинамических или гидродинамических) параметрах, без акцента на индивидуальности, чем занимаются психология, экзистенциализм и т.д. Но физика уже позволяет не абсолютизировать те начала, которые нам рисуют социальные мифы, и показывает, что, может быть, если сейчас происходит отталкивание различных мировоззрений, например, конфессий, то когда-нибудь, возможно, они встретятся в какой-то новой форме, чтобы удержаться в обществе. Они тоже должны все время напрягаться и обновляться, тоже должны искать какие-то новые интуиции.

А.Г. Здесь механизм вытеснения энтропии более-менее понятен. А в неживой природе какие могут быть механизмы вытеснения энтропии? Она же растет непрерывно, с течением времени. И скорее всего, в соединении, и никакого схлопывания не произойдет.

Р.П. Как это происходит в неживой природе, например, во Вселенной? Если у нас имеется большой взрыв, то после остается более-менее однородное вещество. И энтропия непрерывно растет. Все не кончается большим коллапсом, а кончается множеством

черных дыр. Не может энтропия уменьшаться, потому что вытеснение энтропии в системе происходит за счет увеличения энтропии в окружающей системе. Она только выталкивается вовне, чтобы здесь она могла уменьшиться.

Поэтому новое состояние науки может быть только пересмотром и уточнением таких понятий, как время и его необратимость (согласно второму началу термодинамики), поскольку оно будет иметь дело с той новой физической субстанцией, которая будет понята на новом уровне как сложнейшая теория вакуума. И тогда уже понятия энтропии и времени будут наполнены новым содержанием.

Но сегодняшняя картина нашей Вселенной такова, что гравитация – это кривизна пространства-времени, а у кривизны есть различные компоненты. Вещество, значит, – кривизна описывается тензором Римана, набором 20 компонент, который делится пополам. Тензор Риччи описывает вещество, определяющее деформацию трехмерных объемов, их растяжение. Свободное поле, которое отрывается от источников, описывается тензором Вейля, который описывает приливные трансформации с неизменным объемом. Сначала рождается много вещества. Тензор Вейля почти равен нулю, а тензор Риччи очень большой, расходится. А в конце все схлопывается в чёрные дыры, вещество исчезает. И пространство, и время в них исчезают. Исчезает

тензор Риччи, но возникает очень большая кривизна. Меняются эти компоненты в эволюции Вселенной – в начале и в конце. В начале – Большой взрыв. А если есть большой коллапс, то там очень много черных дыр. К этим сингулярным черным дырам, может быть, с какой-то другой стороны прикрепляются какие-то другие пространства-времена. Физика пока не может пройти этот барьер, рассказать, что там дальше находится.

А.Г. Простите, я все-таки задам вопрос на понимание. Количество черных дыр будет непрерывно увеличиваться, поскольку, раз появившись, черная дыра начинает поглощать материю, тем самым увеличивая свой гравитационный радиус, и еще больше поглощая материю. Но при этом Вселенная непрерывно расширяется, да еще и – как доказано – с ускорением. Хватит ли гравитации отдельно взятых черных дыр, поглотивших в себя всю видимую материю (подчеркиваю, видимую материю Вселенной) для того, чтобы схлопнуться потом в большом коллапсе? И какую роль здесь играет физический вакуум и темная материя?

Р.П. Та картина, которая здесь нарисована, отвечает тем представлениям, когда не было еще известно, что Вселенная расширяется с ускорением. Именно вакуум определяет ее дальнейшую динамику.

Черные дыры образуются коллапсированием вещества, но вещество разжижается и его роль становится все меньше. И именно вакуум, сколько бы он ни был

слабым, определяет основной вклад в материю мира: семь десятых от так называемой критической плотности материи определяются массой-энергией вакуума, три десятых – неизвестной пока темной материей, и только три сотых доли критической плотности определяются видимой материей.

Каково будет следующее состояние Вселенной, мы пока сказать не можем. Просто наука настолько зрелая, что, как зрелый человек, она тоже задумывается о своих пределах, о смерти. Мы пока только видим, что старые понятия не работают, мы подходим к пределу их применимости, пересматриваем размерность пространства-времени, возможность сочетания его внешних и внутренних измерений. Мир можно представить на этом новом уровне, как иерархию мгновений, и при этом оказывается, что не только человек живет одно человеческое мгновение времени (два миллиарда секунд – длительность человеческой жизни), но и космос, даже космос живет одно космическое мгновение.

И человек внутри своего мгновения причастен к космосу. Я уже говорил, что человек – космическое существо. Он и во времени тоже занимает какое-то особое место, он – смысловой центр. Не географический – как было в предыдущей космогонии, в предыдущих системах мира, – а смысловой центр Вселенной. И он видит границы своей науки, видит, что старые понятия не выживают. Это бросает вызов человеку, и человек

способен принять этот вызов. Для этого нужно шатать эти привычные понятия, в том числе понятия времени, его необратимости. Нет пока окончательного ответа на ваш вопрос. Но это показывает, что, говоря словами Гегеля, испанский сапог необходимости вынуждает науку пересматривать эти понятия, которые считались коренными, основными, фундаментальными в диалектическом материализме.

Можно еще поговорить о черных дырах. Всё кончается черными дырами. Если мы время повернем назад, тогда вместо черных дыр получаются белые дыры. И если пространство-время исчезает в этих черных дырах, то оно возникает из белых дыр. Но белые дыры квантово подавляются.

А о необратимости времени говорит ещё такой простой эксперимент. Вот лампочка роняет фотон на полупосеребренное зеркало. Фотон или пройдет насквозь, или отразится. Теперь повернем всю картину назад. Тогда то место, куда упал фотон, становится его источником. Но часть фотонов, которые идут отсюда, пройдут обратно, а часть отразится, но уже в другую сторону. Уже здесь из-за того, что возможности расщепляются, есть необратимость времени. Я говорил о симметрии возможностей и об асимметрии их реализаций. Значит, мир многообразен, потому что существует много возможностей и какие-то из них реализуются. Так простая сущность физического мира сочетается с не-

обыкновенным многообразием их непростых проявлений.

Мы настолько обобщаем картину мира, что пересматриваем через теорию относительности и квантовую механику даже само понятие времени. И когда будет построена единая теория физических взаимодействий, тогда мы увидим более детально, как природа нащупывает размерность нашего пространства-времени, какова же природа времени и что за нею стоит.

Ясно только, что это картина будет удивительно необычной. Актуальной бесконечности и вечности нет, потому что они получаются в результате бесконечного повторения конечного правила. Это обедняет картину мира, потому что на самом деле нужно пересматривать сами правила. И поэтому мир все время обещает нам какие-то удивительно глубокие смысловые преобразования всего мировидения, которые на самом деле есть детализация, пересмотр того, что было уже схвачено в мифе. Но как человека можно просветить рентгеновскими лучами, и мы увидим другие срезы, так и наука дает нам все более глубокие срезы реальности.

В фундаменте мира нет времени, даже пространство-время тоже возникает как временное состояние вакуума. Я не говорю о материи с ненулевой массой и полях Хиггса, но я думаю, что эти темы тоже затрагивались здесь – как безмассовая частица обретает массу. А масса – это физическая материя, так что понятие

самой материи тоже причастно к понятиям пространства и времени.

Мы сейчас наблюдаем вакуум физических полей в форме пространства, времени и материи. Но наш умственный взор уже проникает за границу применимости этих понятий. И новая картина будет совершенно удивительна, но это будет четкая математическая картина, богатство которой соревнуется с теплыми, красивыми живописными произведениями. Юрий Васильевич, поскольку он, кроме всего прочего, и художник – прекрасно понимает эту эстетическую сторону. Наука имеет и эстетическую ценность, потому что ее строгие картины настолько обгоняют возможности обыденного воображения, что мы останавливаемся потрясенными перед тем миром, который нам открывается. И это неудержимо влечет и двигает науку вперед.

А.Г. Позвольте напоследок задать вам вопрос на засыпку. Мы здесь говорили о квантовой природе гравитации, о квантовой гравитации, о предпринимаемых сейчас попытках детектирования гравитационных волн, о возможности с помощью изучения этих волн заглянуть за горизонт событий реликтового излучения, увидеть тот самый момент зарождения Вселенной. Меня убеждали в том, что образование вселенной в результате флуктуации первичного вакуума, либо по другим причинам – это квантовое явление. Говоря «квантовая Вселенная», меня убеждали в том, что появле-

ние видимой нами Вселенной из вакуума – это результат барьерного перехода частицы. Тогда встает такой вопрос: кто наблюдатель? Если, конечно, верить в то, что наблюдатель необходим.

Р.П. Здесь у каждого физика своя точка зрения. Физики, когда пытаются об это говорить, часто пускаются в некоторые спекуляции, что мол «Творец посмотрел», «наблюдение создает мир». Мир, конечно, квантовый, и никакой другой. Классический мир – это просто макроскопическое видение квантового в своём фундаменте мира. Именно атомы определяют размеры звезд. Прочность атомов определяет то, что гора не может быть 10 км высотой, она расплывется.

А.Г. Но если мы исходим из гипотезы Творца, тогда что?

Р.П. Наблюдение на самом деле есть специфическое внутреннее взаимодействие в этой физической системе. Потому что наблюдатель сам квантовый, хоть он и макроскопический и немножко иначе, чем просто элементарные квантовые частицы, вступает в это физическое взаимодействие. Это специфическое взаимодействие, которое создает редукцию волновой функции. Но она сама происходит и без наблюдения. Эти реализации и сами происходят. Например, вакуум флуктуирует, возникают виртуальные пары частица-античастица, потом они снова схлопываются, и вакуум кипит. Но если этот процесс происходит на грани-

це черной дыры, одна из частиц может туда упасть, а другая – излучиться. Это будет испарением черной дыры. Может произойти разное – пара может и схлопнуться, и вся упасть в дыру. Мир – это целый океан возможностей, где возникают какие-то реализации, исключая тем самым все другие возможные реализации. Так что феномен наблюдения можно перевести на объективный язык, где субъективный момент не требуется.

А.Г. Всё. Спасибо.

Солнечная система

8.09.03

(хр. 00:38:52)

Участник:

Маров Михаил Яковлевич – член-корреспондент
РАН

Михаил Маров: Тема, для разговора на которую вы меня пригласили, чрезвычайно емкая, и за обозримое время трудно осветить более или менее подробно различные аспекты этой многоплановой проблемы. Прежде всего, естественно, возникает вопрос: а зачем нам изучать Солнечную систему, может быть, нам достаточно уютно на собственной планете? Я слышал, причем сравнительно недавно, от некоторых коллег, обремененных даже некими научными званиями, такое: а зачем нам вообще это нужно, у нас масса земных проблем, поэтому давайте, прежде всего, сосредоточимся на Земле.

В этой ситуации мне приходится отвечать, отталкиваясь от совершенно очевидных положений. Прежде

всего – мы (я имею в виду – наша страна) цивилизованная нация, по крайней мере, мы к таковым себя причисляем, и мы должны заниматься наукой, мы должны познавать то, что находится в нашем ближайшем окружении.

Второе – мы не можем рассматривать Землю – одну из планет Солнечной системы изолированно. Мы не существуем изолированно, мы слишком зависимы от всего того окружения, которое называется Космосом. И, наконец, как это всегда бывает в науке, то, что сегодня кажется просто неким удовлетворением любопытства, в дальнейшем становится ключевым для дальнейшего развития человечества, для его прогресса.

Так вот, если говорить концептуально, прежде всего, мы должны знать – а как это вообще все получилось, как Солнечная система произошла, как она эволюционировала? Второе – мы должны попытаться ответить на вопрос, что выделило Землю из тех девяти планет, которые мы традиционно называем большими планетами, оставляя в стороне Плутон, поскольку Плутон в настоящее время носит статус планеты чисто исторически, являясь очень крупным телом в занептуновом поясе, кометно-астероидном поясе.

Поэтому, повторяю, надо понять, что выделило Землю, и, изучая Землю в сравнительном планетологическом аспекте, дать ответы на многие ключевые вопросы, которыми занимаются геология, климатология,

геохимия и так далее. То есть необходимо экстраполировать, генерализировать, что ли, эти данные на всю ту научную область, которая прошла определенный эволюционный путь в своем развитии.

И с этой точки зрения, первостепенный интерес, если угодно, в потребительском смысле, для лучшего понимания Земли представляют две модели, нам более всего близкие, – Венера, со стороны более близкой к Солнцу, и Марс, находящийся в противоположной стороне. Эти планеты удалены от Земли по космическим масштабам на ничтожные расстояния. Венера – на 0.3 астрономических единицы (астрономическая единица – это 150 миллионов километров), а Марс находится в полтора раза дальше от Солнца, чем наша Земля. Так вот, это две предельные модели, которые решительным образом не похожи на Землю, и соответственно сама природа дала нам возможность изучать их и понимать, за счет какого эволюционного пути они стали столь разительно отличными от Земли.

Наконец есть еще один аспект, а может быть, даже два. Третий аспект, который бы я выделил, – это, конечно, понимание того, как зародилась жизнь на Земле, была ли сама Земля колыбелью жизни? В представлениях некоторых людей присутствует своего рода земной «шовинизм», заключающийся в утверждении, что жизнь могла возникнуть только на Земле. Но может быть, это более распространенное явление? И

мы можем говорить о том, что Земля не является исключением, а является одним из пристанищ жизни – не будем сейчас говорить о том, примитивной или более высокоразвитой.

Наконец, последний аспект, который мне бы хотелось упомянуть, – это то, что мы должны думать о поступательном развитии человечества. Задумаемся о том, каких успехов мы достигли всего за полвека, менее чем полвека. После того как мы вышли в космос, мы одно время не помышляли о том, что будем иметь возможность рассматривать различные тела Солнечной системы в непосредственной близости, сажать туда космические аппараты, проводить даже более сложные исследования.

Так вот, надо думать о том, что человечество так или иначе придет к тому, чтобы начать летать к этим небесным телам. И я глубоко верю – не надо думать о том, что это случится через 100 лет или через тысячелетие. Если человечеству суждено выжить, если всякого рода экологические, социальные и прочие катастрофы не погубят нас. Скажем, есть известная формула Френсиса Дрейка для исчисления количества потенциально возможных высокоразвитых индустриальных цивилизаций. Так вот, если сомножитель в формуле Дрейка, который отвечает длительности существования высокотехнологичной цивилизации, благоприятен в случае Земли, то мы можем рассчитывать на то,

что будет своего рода, в хорошем смысле, экспансия человечества и в пределах Солнечной системы, и, возможно, вне ее. То есть человечество может рассматривать Солнечную систему, а не только Землю, в качестве своего законного, естественного дома.

Собственно, это, пожалуй, те четыре основных критерия, на которые мы опираемся, когда говорим об исследованиях в этой исключительно интересной области. Я должен сказать, что мне, наверное, в жизни очень повезло, потому что я пришел в эту область не сразу, не со студенческой скамьи, это получилось через несколько различных этапов моей личной биографии. Но, так или иначе, мне довелось проводить различные эксперименты на наших космических аппаратах. Причем, повторяю, наверное, счастливая судьба состоит в том, что я застал эпоху нашего космического расцвета, когда мы действительно были впереди всех, когда мы получали очень весомые, очень значимые результаты. Когда, что называется, «руки дрожали», когда мы получали ту информацию, которая еще не известна человечеству. Вы можете себе представить то возбуждение, которое человека охватывает, когда он открывает что-то действительно новое. Так вот, это новое мы получали в экспериментальной части. И повторяю, мне, моим ближайшим коллегам очень-очень повезло в том, что мы застали ту эпоху. Это сейчас мы очень сильно отстали, не будем сейчас говорить о вся-

кого рода причинах, которые к этому привели. Но мы действительно заслужили вполне определенное признание, потому что в значительной мере были первоходцами в этой области.

Но одновременно с этим мне довелось очень много работать над различного рода математическими моделями, которые призваны обобщить, объединить различную информацию, которая поступает, и взглянуть на нее более широко, попытаться переосмыслить определенные теоретические представления, изначально существовавшие.

Вы упомянули о некоторых книгах, в частности, о концепции Азимова. Так вот они покоятся на наших данных, отражающие эпоху начала нашего глубокого проникновения в Солнечную систему, которую мы сейчас называем рекогносцировкой.

Так вот, к концу прошлого столетия, после очень успешных полетов, в частности, полетов в дальнюю Солнечную систему «Вояджера», «Галилея», до этого – «Пионеров», у нас раскрылись глаза, мы действительно очень многое узнали. А сейчас совершенно сумасшедшие результаты получаются и по Марсу, и по малым телам. Мы имеем возможность высаживать аппараты... Не мы, а американцы, но под «мы» я имею в виду человечество. Мы высаживаем аппараты на малые тела, мы говорим о том, чтобы запустить спутники вокруг этих малых тел. И, скажем, NEAR Шумейкер

– так называется аппарат для исследования астероидов, сближающихся с Землей, – уже практически это сделал. И после того как он стал спутником, он опустился на поверхность этого астероида, я имею в виду астероид Эрос. Кстати, очень небольшой астероид. Он имеет форму картофелины, максимальный размер где-то порядка 35-ти километров, а два других размера – по 8. Так вот, на это тело опускается космический аппарат, не просто фотографирует его при сближении, а проводит исследование на поверхности.

И опять-таки, вернемся к математическим моделям, к моделям, которые обобщают эти данные. Скажем, экстраполируя ту область, которую исследует NEAR, можно говорить о том, что количество мелких кратеров на этом астероиде отвечает цифре (если брать с порогом порядка 15-20 метров) порядка 100 тысяч. Это сразу же дает представление о тех исключительно важных динамических процессах, которые мы имеем в Солнечной системе. То есть это соударение, это очень сильная модификация вещества, его переработка вследствие такой метеоритной бомбардировки – и так далее, и так далее.

Так вот, то направление, которым мне довелось заниматься в течение уже многих лет (а сейчас это, пожалуй, стало основным в моей деятельности, поскольку эксперименты очень ограничены) – это своего рода механика природных космических сред. И сюда под-

падает очень многое – это развитие различного рода моделей, связанных с многокомпонентной радиационной гидродинамикой, это разреженный газ, это турбулентные процессы в различного рода сплошных средах с привлечением кинетических процессов. То есть, исследование обратной связи между гидродинамикой и химической кинетикой. Это по существу совершенно новое направление, которое мы, позволю себе сказать, достаточно успешно развиваем в течение примерно последних двух десятков лет.

Поэтому эти модели очень сильно стимулируют и экспериментальные исследования. И это стимулирование в значительной мере связано с тем, что открываются не только новые возможности, о которых я говорил в плане космической техники, в плане использования космических аппаратов для достижения самых, может быть, амбициозных целей. По крайней мере, в ближайшем будущем эти такие, например, цели, как сопровождение кометы при помощи космического аппарата, и прослеживание всей эволюции, связанной с сублимацией газа при ее сближении с Солнцем. Это совершенно фантастическая вещь, это не просто какие-то отдельные обрывки информации при быстром пролете около кометы, это действительно ее сопровождение в течение, по некоторым предварительным прогнозам, может быть года, может быть полутора лет. Это очень большой срок – конечно, не в геологическом

смысле, но это очень большой срок для того, чтобы такую эволюцию проследить.

Так вот, с одной стороны, совершенно колоссальная перспектива и уже наблюдаемый прогресс в космической технике. Параллельно с этим совершенно колоссальные, новые результаты, которые получаются с помощью наземных инструментов.

Наземные астрономические инструменты дают нам возможность сейчас делать то, что когда-то было абсолютно невыполнимо. Скажем, в качестве яркого примера, можно назвать исследование колец Урана. Кстати, просто попутно: все планеты-гиганты имеют кольца, причем кольца различной конфигурации. Самый знаменитый пример – это кольца Сатурна, у которого их множество систем. Кстати, в каждом из этих видимых колец находится до тысяч мелких колечек, и это связано, в частности, с динамикой поведения этих колец вблизи космического тела. Значительное число этих колец, как это сейчас на экране показано, поддерживается спутниками, которые находятся в окрестности этого кольца. И неслучайно они называются спутниками-пастухами, они как бы пасут те частицы, которые составляют кольцо.

Так вот, кроме Сатурна, повторяю, у всех планет, – у Юпитера, у Урана, у Нептуна – тоже есть свои системы колец со своими замечательными и определенными свойствами. Скажем, очень узкие есть колечки у

Урана, 9 колец, чрезвычайно узкие и очень тонкие. У Нептуна – это кольца, которые не складываются в единую систему, а представляют собой отдельные дуги.

Связано это с тем, что происходит размазывание частиц, существующих на различных расстояниях, с различными скоростями – частиц, обращающихся вокруг тела. И они не имеют возможности соединиться в единое кольцо, потому что есть система резонансов от спутника, и это резонансное явление отражается в виде таких разрывных колец. Примеров таких можно очень много привести.

Так вот, повторяю, это было в начале выдающихся успехов в наземной астрономии. А сейчас эти успехи вообще грандиозны. Скажем, последние несколько лет открывается один за другим колоссальное количество спутников в окрестности опять-таки планет-гигантов. Вообще открытие спутника – это всегда было грандиозным событием. В свое время «Вояджеры», американские аппараты, последовательно пролетели мимо Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна. Где-то в районе, по-моему, 2015 года они должны выйти на периферию Солнечной системы, пересечь ту область, которая связана с натеканием солнечной плазмы на межзвездный газ, где образуется своего рода ударная волна. Это, кстати, тоже очень интересная вещь, которую предстоит исследовать. «Вояджеры» открыли большое количество новых спутников у всех этих планет при проле-

те мимо них, и открытие каждого спутника было событием.

Так вот, мы думали, скажем, что у Юпитера – 17 спутников, у Сатурна – 18. А за последние несколько лет мы узнали, что у Юпитера их – порядка 40, у Сатурна – 32. Сейчас поступила совсем новая информация: у Нептуна, самой далекой планеты Солнечной системы, тоже открыто три новых спутника, и это сделано не при помощи космических аппаратов, а при помощи так называемой ПЗС-матрицы. Она обладает очень высокой чувствительностью и устанавливается на телескопы умеренного размера. Это колоссальный прогресс, который нам позволяет сильно расширить представление о Солнечной системе.

Ну, и наконец, математическое моделирование. Оно стимулируется не только этим новым потоком знаний – всегда надо на что-то опираться, когда вы строите модель, а не только напрягать серое вещество и использовать ту квалификацию, которую вы получили в течение вашей научной жизни. Очень важно при всем при этом обладать очень хорошими инструментами. И в данном случае инструментами являются, конечно, отличные компьютеры, которые сейчас стали привычным инструментом. И теперь мы можем просчитывать те модели, которые раньше были абсолютно не в состоянии считать (скажем, я упомянул о химической кинетике, которая связана с гидродинамическими про-

цессами). Это стало возможным именно благодаря тому, что мы можем использовать машины терафлотно-го уровня. Это, конечно, грандиозное достижение.

Я чувствую, что я, может быть, немножко увлекся этим общим аспектом.

Александр Гордон: Вы рассказали о том, как богат и широк сегодня инструментарий, какие замечательные открытия делают с его помощью. Но мне бы хотелось дальнейшую беседу, если вы позволите, построить таким образом: «Прежде мы думали, что... Теперь мы знаем, что...» Потому что Солнечная система, в общем, достаточно обманчивая вещь. Зная из школьной программы о достижениях Коперника, мы, так или иначе, на протяжении всей жизни, получая какую-то информацию, выстраиваем каждый себе свою Солнечную систему. Она достаточно схожа с другими, – все системы схожи друг с другом, – но оказывается, мы не знаем каких-то вещей, которые являются основными, основополагающими в этой системе.

М.М. Я себе позволю, Александр, учитывая дефицит времени, несколько схематично ответить на ваш вопрос. Скажем, мы имели абсолютно смутное представление о ближайших наших соседях, я с этого начал.

Итак, Венера – когда запускали первые космические аппараты, мы не знали, на какое давление эти аппараты рассчитывать. Я очень хорошо помню первое об-

суждение с главным конструктором АКБ имени Лавочкина Георгием Николаевичем Бабакиным, очень рано ушедшим из жизни, памяти которого я посвятил одну из своих книг. Мы обсуждали, какое давление может быть на поверхности.

А.Г. Какие гипотезы были?

М.М. Гипотезы были такие: от 0.5 атмосфер до тысячи, грубо говоря. Поэтому Бабакин принял, я бы сказал, генеральское решение, он сказал: «будем строить на 15». И, как оказалось, на высоте 23 километра при давлении, правда, в 18 атмосфер (это был конструкторский запас) мы были раздавлены. То есть давление на поверхности оказалось 92 атмосферы. Мы себе этого не представляли. Хотя о температуре по радиоастрономическим данным уже были представления – неоднозначные, но, тем не менее, они существовали: что температура на поверхности порядка 500 градусов, если точнее, 470 градусов Цельсия.

Далее, углекислый газ – страшно негостеприимная среда. О том, что на поверхности, какой рельеф, никаких вообще представлений не было. Мы очень смутно себе представляли, что скрывает эту поверхность. Это не только плотная атмосфера, но и облака, которые тоже оказались экзотическими: они сложены из серной кислоты примерно 85-процентной концентрации. Это, кстати, заставило очень серьезно поработать в технологическом плане, чтобы парашюты смогли вы-

удержать такие условия.

Явления на поверхности. Мы сейчас знаем, что Венера обладает достаточно молодой поверхностью, что там, по-видимому, совсем недавно в геологическом смысле (это десятки, сотни, может быть, миллионов лет, что несопоставимо с возрастом Солнечной системы в 4 с половиной миллиарда лет) закончилась, а может быть, даже и продолжается, вулканическая деятельность. И так далее, о Венере можно говорить исключительно много.

Итак, это абсолютно новый взгляд на эту планету, и мы (я уже говорил о математических моделях) очень много занимались тем, что обусловило такие процессы, таковы современные условия на Венере.

Что касается так называемого необратимого парникового эффекта, чем он вызывается, как планета эволюционировала? Мы думаем, что на Венере изначально был достаточно мощный океан, но в силу начальных этапов эволюции этот океан был потерян. И есть некие свидетельства, которые подкрепляют такую модель, такую гипотезу.

Марс. Сейчас запущен «Марс-Экспресс», аппарат Европейского космического агентства. Успешно работают на орбите «Марс-Сорвейер» и «Марс-Одиссей», американские аппараты, они дали очень много новой информации. Мой коллега Брюс Яновский как-то написал: «Я думал, что знаю о Марсе все, но оказалось, —

это он сказал в 2001 году, – что я знаю очень и очень мало».

Так вот, мы сейчас имеем достаточно много свидетельств того, что на Марсе, видимо, есть вода, которая в основном, видимо, существует в подповерхностном слое достаточно близко к поверхности. И это не просто обнаружение реального свидетельства наличия воды при помощи нейтронных мониторов, которые летают до сих пор на «Марс-Одиссее», и мы очень гордимся тем, что один из этих приборов наш, российский. Но он определяет воду исключительно в тонком слое порядка одного метра.

Это, кстати, тоже отдельный разговор, и очень интересный. Ведь определяется наличие не воды, а водорода. И есть некие вариации, причем и сезонные, и долготно-широтные вариации. Это связано с тем, что есть определенные новые представления о минеральном составе поверхности, потому что водород связан не только в воде, он связан еще в гидротированных минералах.

Кроме того, мы знаем, что в полярных шапках Марса запасено огромное количество льда, если мне память не изменяет, это десятки миллионов кубических километров. Но если ее равномерно разлить по поверхности, то это всего будет слой, может быть, в 25-30 метров. Но, безусловно, воды на Марсе гораздо больше. Кстати, оценки показывают, что за счет диссипации,

убегания, могло быть потеряно всего несколько метров такого водяного слоя. Спрашивается: где остальная вода? По-видимому, она в подповерхностном слое. И сейчас есть яркие геологические свидетельства, что эта вода располагается достаточно близко.

Там есть не только старые высохшие русла, но и конфигурации типа оврагов, которые показывают, что происходит вынос воды изнутри. Причем, опять-таки модели показывают, что уже на глубине несколько сот метров, до километра, существуют уже достаточно теплые условия, и там может быть жидкая вода. Я, кстати, говорил об этом в одной из своих книжек, тоже где-то в 80-х годах. Эти вопросы мы когда-то очень бурно обсуждали с совершенно великолепным специалистом, планетологом Карлом Саганом. Так вот, эти представления сейчас подкрепляются реальными данными. Таково изменение нашего взгляда на Солнечную систему, о котором вы меня спрашиваете.

И наконец, если там есть жидкая вода, а мы видим эти свидетельства, значит, есть гораздо большая вероятность действительно обнаружить живые организмы на Марсе. Вот показан метеорит, который был найден в Антарктике, ALH-80001, это шерготитовый метеорит, который является определенным свидетельством наличия жизни. Но дебаты продолжаются: свидетельство ли это биопродуцирования организмов, или это все-таки просто некая органика. Скажем, полициклические

ароматические углеводороды, которые там обнаружены.

Кстати, эти находки имеют нанометровые размеры, и были возражения, что на Земле таких нет. Это неверно, на Земле есть такого рода образования, это некие, что ли, ископаемые.

А.Г. Окаменелости.

М.М. Да, окаменелости. И в этом смысле мы можем говорить о том, что все-таки, по-видимому, биогенное происхождение этих находок более вероятно. Об этом, в частности, свидетельствует и то, что там существуют сернистые соединения вместе с гематитами, то есть с железистыми образованиями, и так далее.

А.Г. Но органика не значит – жизнь.

М.М. Я имею в виду «биогенное происхождение», это значит, что они продуцируются именно за счет таких процессов.

Но загадки продолжают, не надо думать, что нам сразу же все стало ясно. Да, мы говорим о том, что существует большая вероятность встретить там жизнь. На Марсе для меня исключительно интересным представляется то, что обнаружено палеомагнитное поле. То есть Марс имел достаточно сильное магнитное поле, когда у него еще, видимо, было достаточно мощное жидкое ядро. Потому что мы исходим из представлений о необходимости динамо-механизма для формирования магнитного поля, его возникновения и под-

держания.

Так вот, эти следы магнитного поля не равномерно распределены по планете, и это тоже может иметь объяснение. Различные области, возможно, нагревались по-разному и проходили так называемую точку Кюри, где происходит полное размагничивание. Но в определенных местах эти следы сохранилось. И очень интересна корреляция следов магнитного поля с гематитами. Что такое гематиты? Это хорошо известная ржавчина. Как образуется ржавчина из железистых соединений? При наличии воды (опять-таки вода!) и наличии кислорода. Но одновременно с этим на Марсе колоссальные пространства образованы такими минералами, как полевые шпаты и пироксены. Это очень хорошо известные изверженные породы. Но возьмите пример Гавайев: свежеизверженная лава в течение нескольких лет при наличии воды и кислорода превращается в глины. Если на Марсе образуются гематиты (а я сказал, при каких условиях это может быть), то почему там сохраняются такие неокисленные изначальные породы? Это одна из загадок. И примеры можно продолжать.

Опять-таки, мы абсолютно ничего не знали о внешних областях Солнечной системы, у нас были очень смутные представления. Полнейшей неожиданностью, открытием было наличие мощнейшего вулканизма на Ио. Это один из четырех галилеевых спутни-

ков Юпитера. Кстати, все эти четыре галилеевых спутника по размерам находятся между Луной и Меркурием. Так вот, мощнейший вулканизм на Ио, где постоянно наблюдается где-то около десятка действующих вулканов. А всего таких вулканов, по оценкам, где-то порядка 500, и это на теле размером меньше Луны! То есть вулканизм на Ио гораздо более мощный, чем на Земле. Чем он поддерживается? Приливными влияниями. Дело в том, что есть определенная синхронизация орбит. За четыре оборота Ио Европа обращается два раза, а самый крупный – Ганимед – всего один раз. И это притяжение в мощном гравитационном поле Юпитера создает колоссальное приливное воздействие, диссипация этой приливной энергии приводит к мощнейшему разогреву недр. Раньше мы ничего об этом не знали.

Следующее – Европа. Европа оказалась не менее интересной. И неслучайно к ней сейчас планируется полет одного из аппаратов, этот вопрос серьезно обсуждается в американском НАСА.

А.Г. Полет чуть ли не с посадкой и с бурением.

М.М. Совершенно верно, с посадкой и бурением. Это, кстати, и в одном из наших проектов тоже просматривается.

Так вот, Европа, по-видимому, обладает достаточно мощным водяным океаном, возможно, с достаточно высокой соленостью. А атмосферы там практически

нет. Поэтому обязательно должна быть толстая ледяная кора. Мы видим свидетельства этому – трещиноватость, мощнейшие желоба, которые проходят по поверхности и более или менее периодически обновляются свежим льдом. То есть это выходы, это трещины. Причем там есть некие неупорядоченные структуры, и это связано с тем, что при вращении этот жидкий слой отстает от вращения центрального ядра. То есть получается, вообще говоря, очень интересная закономерность, достаточно легко объясняемая с физических позиций.

Но самое интересное – это то, что там есть какой-то гидротермический процесс, возможно, там есть то, что называются «черными курильщиками», которые обнаружены у нас в океанах. То есть, есть все время подвод. А мы знаем, что в черных курильщиках благоприятно себя чувствуют бактерии, они просто великолепнейшим образом переносят гидротермальные, супертермальные температуры.

А.Г. Там целая фауна существует...

М.М. Абсолютно точно. Там температуры выше точки кипения. Кстати, если уж я об этом упомянул – есть совершенно четкие свидетельства, что биосфера есть и на большой глубине в Земле. Это так называемая глубинная биосфера. И по оценкам, величина биомассы, которая присутствует на глубинах до, может быть, нескольких километров, сопоставима с тем, что у нас

есть на поверхности.

А.Г. Это для меня совершеннейшая новость.

М.М. И это показывает нашу зашоренность, ограниченность наших представлений. А раз это глубинная биосфера, то она не нуждается в фотосинтетическом процессе. Для жизни нужны три фактора: энергия, питание и обязательно дыхание. Пища, дыхание – обмен веществ. Так вот, в случае фотосинтеза все понятно, к этому мы привыкли. А глубинная биосфера, по всей вероятности, поддерживается за счет химических, гидротермальных процессов. Различные растворы, которые существуют на глубинах, за счет химических процессов, прежде всего экзотермических реакций, поддерживают эту энергетическую часть.

Так вот, на Европе, возможно, мы имеем эти процессы. Кстати, эти концепции можно распространить и далее. Они оказываются исключительно интересными с точки зрения возможности наличия жизни на других планетах, не только на Марсе или на Европе. Так вот, на Европе мы имеем, вообще говоря, очень высокую вероятность наличия жизни в этом океане.

А.Г. Магнитное поле есть у Европы?

М.М. Небольшое. И это, кстати, дополнительное свидетельство того, что там есть соленый океан, без него магнитного поля не существовало бы.

И вы знаете, мы имеем исключительно интересную вещь. Я возвращаюсь к тому, о чем я бегло упоминал

— вопрос жизни. Я говорил о жизни на Марсе, я говорил о миграционных и столкновительных процессах в Солнечной системе, эти столкновительные процессы исключительно важны. Если у меня будет время, я еще два слова об этом скажу.

Так вот, дело в том, что на планеты все время выпадает различное вещество, различные тела. Опять-таки, это было нам неизвестно. Мы жили зашоренными и говорили: «все это там, нас этот не касается». Касается. С Марса или с Луны вещество гораздо легче доставить на Землю, чем наоборот — массы различные, скорость убегания разная. Так вот, происхождение метеорита LLN-800001 связано с Марсом, в значительной мере потому, что уникален изотопный состав той атмосферы, следы которой присутствуют в этом метеорите.

А.Г. А за счет чего он был выброшен с Марса?

М.М. Он был выброшен, по всей вероятности, за счет удара мощного астероида, эти процессы постоянно происходят. Такая бомбардировка постоянно происходит, посмотрите на Луну, посмотрите на Марс. На Земле это более-менее стерто гидросферой и биосферой. То есть, повсеместно присутствуют кратеры различного состава, различного возраста, в разной степени эродированные. Падение достаточно крупного астероида способно выбить это вещество. В результате мы имеем постоянный обмен веществом между планетами. Это очень интересно — транспорт вещества, носи-

телем которого являются эти выброшенные обломки. А если это так, то мы приходим к очень интересному выводу: а может быть, жизнь зародилась не на Земле, а на Марсе и с Марса была занесена на Землю? Мы не можем на этот вопрос ответить.

Почему я об этом сказал, рассказывая о Европе? Да просто потому, что Европа в этом смысле более интересна. На Европу доставить что-то гораздо более тяжело, чем на любую из планет так называемой земной группы.

Дело вот в чем. Скажем, мы найдем жизнь на Марсе, какие-то примитивные формы на уровне бактерий, даже прокариотов, вряд ли эукариотов с ядром. Если мы найдем такие биологические формы, такую примитивную жизнь, я не думаю, что она будет очень сильно отличаться от земной, просто потому, что такой обмен должен был происходить. А Европа в этом смысле совершенно уникальный объект.

С этой точки зрения для меня исключительный интерес представляет Титан, потому что там есть достаточно сложные углеводороды – изначальная, примитивная органика, которой чего-то не хватило, по-видимому, для того, чтобы произошел переход от неживой к живой материи.

Что такое жизнь? Жизнь – это репликация, это прежде всего системы, способные обмениваться информацией и переносить ее. По-моему, это очевидно. Но

легко так сказать, а нобелевский лауреат Френсис Крик когда-то сказал, что для него это абсолютно невероятно. Более позитивным является другой нобелевский лауреат – Кристиан Де-Дюв, который сказал, что жизнь является, с его точки зрения, «космическим императивом». Это очень интересно. И с этой точки зрения, мы можем ожидать, что все-таки какие-то следы мы можем найти.

Но опять-таки, надо отвлечься от земного, так сказать, шовинизма. Я все-таки считаю, что вряд ли можно себе представлять жизнь зародившейся на одном таком теле – слишком мала вероятность. А вот если эту вероятность помножить на то количество планетных систем, которые ныне очень быстро открываемых у других звезд, то вероятность очень сильно повышается.

Кстати, опасения о том, что живое вещество не может выдержать экспонирования жесткому излучению в космосе в течение миллионов лет, очень сильно, с моей точки зрения, завышены. От этой опасности достаточно небольшой защиты. Опасность представляет только прямое попадание в ядро, что крайне маловероятно. Потому что между атомом и ядром разница примерно в шесть порядков – поэтому вероятность разрушения ядра очень мала. И с этой точки зрения, я рассматриваю высказанную еще в конце позапрошлого века Свентусом Аррениусом гипотезу панспермии,

как очень серьезно заслуживающую внимания.

И наконец, поскольку времени осталось немного, буквально несколько слов хочется сказать о том, что мы совершенно не имели представления о сложной системе колец у всех других планет: Сатурна, Урана, Нептуна. Мы не знали о таком количестве спутников, мы знали только основные. Мы не знали об исключительно интересной динамике процессов в атмосфере Юпитера.

А.Г. Я хотел задать вопрос. Что стало известно после выпадения фрагментов кометы Шумейкера на Юпитер?

М.М. Вы знаете, планета слишком энергоемка, чтобы на нее таким образом повлиять. Но интересен сам факт: в мощном гравитационном поле Юпитера произошло разрушение кометы, которая, по-видимому, изначально была захвачена где-то в 30-х годах, затем существовала, сближаясь с Юпитером, и наконец приливными силами была разорвана на 22, если не ошибаюсь, фрагмента. И они последовательно выпадали в атмосферу. Мне довелось видеть кое-что из этих событий. И вы знаете, это, конечно, грандиозное зрелище: ведь Юпитер по массе в 330 раз больше Земли.

А.Г. А по объему насколько?

М.М. По объему это примерно столько же, потому что плотность Юпитера около единицы.

Юпитер по размеру в 10 раз больше Земли, немнож-

ко больше, чем в 10 раз. Так вот, это мощнейшее гравитационное поле влечет к себе тело, оно входит в атмосферу с гораздо большей скоростью, чем в атмосферу Земли. Наибольший из фрагментов был, по-моему, размером порядка полутора километров, это процесс в миллион мегатонных бомб. И, конечно, тело не может остаться безучастным, это мощнейшее возмущение. Оно затягивается на нескольких дней, может быть, недель, то есть в конечном итоге атмосфера релаксирует, приходит в нормальное состояние.

Но сама динамика этих процессов исключительно интересна. Мы видим грандиозные циклоны и антициклоны, причем длительно существующие. И, кстати, очень интересно сравнить эти процессы – с учетом других масс, других энергетических соотношений. Получается, что если у нас средняя длительность циклона или антициклона – неделя-две, то их длительность на Юпитере – десятки тысяч лет. И об этом, в частности, свидетельствует большое красное пятно. Кстати, большое черное, темное пятно обнаружено и на Нептуне тоже, очень интересная конфигурация. И в значительной мере это связано с тем (это опять-таки открытие), что существует внутренний мощный тепловой поток из недр, который значительно превышает то, что такая планета получает от Солнца, превышает в разы.

Я упомянул о Плуtone. Плутон – это квазипланета, его поперечник примерно две с половиной тысячи ки-

лометров. И это, наверное, одно из наиболее крупных тел в так называемом поясе Эджеворта–Койпера. Это пояс, который расположен за Нептуном на расстоянии от 30-ти до примерно тысячи астрономических единиц. Еще дальше, на периферии Солнечной системы – облако Оорта. И из облака Оорты и из пояса Койпера к нам приходят тела, носители первичной информации о ранних этапах зарождения и эволюции Солнечной системы – кометы. Исключительно интересные тела. Кстати, мы довольно много занимаемся у нас в отделе, в институте этими телами и с точки зрения механики, и с точки зрения физики, развиваем именно различные численные модели.

Так вот, Плутон... Вы знаете, интересно то, что каждое небесное тело в Солнечной системе имеет свои особенности, попытался их как-то упомянуть. Но сейчас очень хочется сказать о Плуtone. Плутон имеет огромный по размеру – в сопоставлении с самим телом – спутник Харон. И особенность этой двойной системы состоит в том, что Харон обращается точно на таком расстоянии, как геостационарный спутник на Земле. То есть вы имеете созданный самой природой, будем говорить, не гео-, а плутостационарный спутник, который все время смотрит в одну точку, то есть так, как мы подвешиваем на геостационарной орбите спутник специально для того, чтобы четко охватывать определенную область на Земле.

Ну, и наконец, я обещал несколько слов сказать об очень интересных вещах, связанных опять-таки с тем, что Земля не изолирована от остальной Солнечной системы. Это постоянные процессы обмена веществом, это выпадение вещества на Землю. Астероидов огромное количество. По оценкам, астероидов с размерами около одного километра порядка ста тысяч, и это, конечно, огромная цифра. Кстати, в каталоги занесено только 30 процентов. Хотя орбиты известны примерно у 50-ти процентов. Но нужно, чтобы астероид пришел не один раз, чтобы точно каталогизировать объект.

Так вот, очень интересно, что значительная часть астероидов из пояса Эдварта–Койпера – через промежуточный захват Юпитером или непосредственно – мигрирует...

А.Г. Столкновения, изменения орбит...

М.М. Даже не столкновение, а просто возмущение. Это я хочу настойчиво подчеркнуть. Дело в том, что не надо рассматривать Солнечную систему как некое застывшее стационарное образование. Это динамичное образование, в какой-то мере, к ней хорошо применимо даже такое понятие, как хаотическая динамика. Многие тела мигрируют через область Юпитера (или непосредственно) во внутренние области Солнечной системы. В частности, мы исходим из того, что такой процесс был наиболее сильным в конце периода формирования планет-гигантов, его еще называют перио-

дом максимальной метеоритной бомбардировки, когда тысячи, десятки тысяч комет забрасывались во внутренние области и бомбардировали Землю, Венеру, Марс.

Кстати, оценки принесенного вещества для этих планет сопоставимы. И здесь возникают две интереснейших проблемы...

Луна

9.09.03

(хр. 00:50:07)

Участник:

Владислав Владимирович Шевченко – доктор физико-математических наук

Владислав Шевченко: К сожалению надо сказать, что это совсем не так. И виной здесь, пожалуй, сам тот интерес, о котором вы только что сказали. Потому что, когда начались первые наблюдения с помощью телескопа (вспомним Галилея), одним из первых объектов естественно была Луна. Начались космические исследования – Луна опять-таки стала первым объектом за пределами земных орбит, к которому устремились космические аппараты. Луна стала и первым объектом, куда ступила нога человека.

Но этот прорыв случился в очень сжатые сроки. Действительно, от первого спутника, от первых фотографий обратной стороны Луны до того, как по Луне стали ходить люди, прошло порядка десятилетия – очень

мало времени. Утвердилось мнение: все, Луна известна, по Луне уже люди ходили – неоднократно я слышал эту фразу от людей, которые принимают кардинальные решения о том, какие будут программы, какие исследования, на что надо тратить средства. По Луне гуляли люди – ну, что еще? Что еще надо? И из-за этого получилось так, что, например, Марс изучен куда лучше, подробнее, детальней, чем наша Луна.

Хотя Луна, наверное, заслуживает большего, ведь Луна все-таки, возвращаясь к нашей формулировке, ближайшее к нам тело. Но если даже не говорить о фундаментальных проблемах – Луна это естественная инфраструктура Земли, которая вот-вот, через 10, 20, 30, 40 лет станет инфраструктурой Земли. Но прежде чем она станет таковой, ее нужно изучать.

Ну, а что собой представляет собой Луна именно в фундаментальном плане? Прежде всего, она, конечно, интересна тем, что это космический музей, естественный музей, хранящий экспонаты очень давнего времени. Такие экспонаты, которые нигде больше не существуют. За исключением, может быть, Меркурия, мы немножко этого коснемся потом. Но Меркурий далек, во-первых, во-вторых, труден для полета к нему, потому что нужно лететь в сторону Солнца. А Луна вот, рядом. Три дня, которые мы летим до Луны, это время, которое мы тратим, передвигаясь по Земле. Даже в пределах территории нашей страны, и то дольше бы-

вает.

Если мы попытаемся наглядно представить, что собой представляет Луна, можно обратиться, скажем, к астероидам, которые падают на Землю. Это внеземное вещество, доставляемое самым экономичным путем – само прилетает. И в то же время осколки астероидов – метеориты, то, что в результате мы находим – показывают историю Солнечной системы. Вот на экране один из образчиков очень древнего астероида. И стрелочками указаны светлые включения, это породы, обогащенные кальцием и алюминием. По оценкам происхождения эти светлые включения примерно на 50-100 миллионов лет старше, чем наша Земля. Но это, конечно, условно, потому что Земля родилась не в один момент, проходили миллионы лет, пока она сформировалась и стала Землей. Но за 100 или за 50 миллионов лет до того, как появилась наша планета, эти фрагменты уже существовали.

Следующий слайд покажите, пожалуйста, это кусок породы, доставленный с Луны. На Земле собственно земных пород (а не тех, что прилетают с астероидами) старше, чем примерно 3 миллиарда лет, не находится. Во-первых, Земля прошла длинный путь развития, своей эволюции как планеты. Во-вторых, на Земле такие агрессивные среды, как гидросфера, атмосфера разрушали, перекраивали поверхность, работал вулканизм, происходили тектонические движения.

В общем, все очень сильно переработано. На Луне все это происходило в гораздо меньшей степени. И здесь, на этой картинке вы тоже видите светлые включения. Если Солнечная система, в том числе и наша Земля, и другие планеты, имеют возраст приблизительно 4,6 миллиарда лет, то представленный здесь кусок породы возник на Луне 4,4 миллиарда лет назад. Этот кусок, его ровесники и многое-многое другое – вот экспозиция Луны как музея.

Из чего же состоит Луна? Экзотического здесь не так много. На Землю доставили какое-то количество образцов автоматические станции, запущенные в нашей стране. Большое количество, конечно, было доставлено экипажами «Аполлонов», там были большие весовые возможности. И во всех этих образцах нашли всего лишь 2-3 минерала, которые не похожи на земные. В частности, один из них был назван «армаколит». Это в честь трех первых космонавтов, по первым буквам их фамилий – Армстронг, Олдрин, Коллинз. Правда, Коллинз не был на Луне, он был на орбите и руководил всей экспедицией. А Армстронг с Олдрином в это время находились на поверхности.

Поэтому по большому счету Луна состоит из тех же горных пород, которые находятся и на Земле. Покажите следующую иллюстрацию, пожалуйста. Геохимики могут, конечно, все, что я скажу, детализировать. И называть составы, изотопные отличия и прочее. Я ду-

маю, мы сейчас на этом не будем останавливаться. А в целом можно, наверное, три крупных класса выделить.

Это породы, которые составляют светлые области, называемые материками. Породы, которые составляют темные области, называемые морями. И переходные породы. Здесь представлены два видимых полушария, то есть обращенные к Земле, и обратные полушария. И представлена карта распределения железа в поверхностном слое. Более красные области – это то, что обогащено железом, ржавчина. Конечно, это абсолютно условные цвета. Но поскольку ржавчина и железо как-то ассоциируются, то здесь красные цвета соответствуют большему количеству железа, а противоположные, синие, – меньшему количеству железа. Железо – это один из элементов, которые входят в состав лунных пород.

Лунные моря составлены из базальтов. Базальты находятся и на Земле. Лунные материки составлены из анортозитов, они также есть на Земле. А промежуточные породы – это так называемые нориты или криппороды (крип – это англоязычное сокращение – редкоземельные элементы, то есть породы, которые обогащены редкоземельными элементами).

Кстати, очень интересно, почему эти области были названы морями и материками. Для меня, например, это остается загадкой, хотя и несколько из другой области. Впервые такое название дали современники Гали-

ля, которые в первые телескопы увидели на Луне темные области. И почему-то они темные области назвали морями, а светлые – материками. Причем Галилей мог уже в телескоп видеть, что это не так, а его предшественники думали, что моря это и есть моря, вода. И когда были получены первые глобальные снимки Земли из космоса, то оказалось, что действительно земные моря и океаны темнее, у них отражательная способность составляет всего лишь несколько процентов, а отражательная способность земных материков – до 30 процентов. На Луне то же самое. Моря отражают несколько процентов, а материка отражают до 20 процентов. Но на Земле это понятно, свет падает, поглощается водой, рассеивается в воде, и поэтому вода сверху выглядит темной. Но почему тогдашние люди решили, что моря должны быть темнее? Они же никогда не видели Землю со стороны.

Александр Гордон: Да, удивительно.

В.Ш. Но это так, к слову. Следующий слайд, пожалуйста.

А.Г. Здесь бросается в глаза очень неравномерное распределение и железа, и материков, и морей по поверхности Луны. Обратная сторона Луны практически лишена железа, по крайней мере, если судить по этой схеме?

В.Ш. Мы через одну картинку еще вернемся к этому. А здесь показано распределение титана, в той же

гамме – где краснее, там больше титана. И, соответственно, это базальты, так называемые ильмениты, то есть базальт, обогащенный титаном.

Теперь об асимметрии двух полушарий. Это можно на следующем слайде продемонстрировать. Но предварительно несколько замечаний. Это объект, не имеющий отношения к Луне, это астероид, один из первых астероидов, который был сфотографирован. Вы видите, что вся его поверхность испещрена кратерами. Даже такие небольшие объекты Солнечной системы все покрыты кратерами. Когда мы получили эти изображения, то еще раз убедились, что одним из основных процессов в формировании поверхности является соударение – падение, соударение, встречи и так далее. Поэтому, когда формировалось первоначальное лицо Луны, оно формировалось за счет тех же кратеров, следов соударения. Так же, как, между прочим, и Земля. Возьмем внешний вид ранней Земли, 500 миллионов лет после того, как сформировалась поверхность и немножко дальше. Вся поверхность будет сплошь покрыта кратерами.

На Луне вы видите два полушария, с левой стороны – обращенное к Земле, и обратное полушарие. Обращенное к Земле покрыто такими круговыми образованиями, а поскольку это топографическая карта, то разные цвета показывают высоты и низины. Более красные – это возвышенности, переход в синюю гамму, это

впадины. Первоначально Луна состояла из огромного количества впадин, оставленных в результате ударов тел самых различных размеров, когда на поздней стадии формирования Солнечной системы более крупные тела «вычерпывали», как говорят, более мелкие тела. То есть в своем вращении они сталкивались с более мелкими телами и вбирали их в себя через удар. Удар оставлял впадину.

По прошествии примерно полутора миллионов лет после того, как сформировалась Луна как сфера и возникли эти впадины, под влиянием давления началась внутренняя деятельность на Луне. Здесь разные схемы предлагаются, пока еще не до конца проработанные, но так или иначе, они все упоминают наличие радиоактивных элементов, то есть начался радиоактивный разогрев, который породил жидкую внутреннюю лаву.

Луна тогда вращалась довольно быстро по сравнению с настоящим временем, она не была ориентирована так, как сейчас. Но поскольку она все-таки вращалась вокруг Земли и все время испытывала гравитационное притяжение Земли, то это не могло не сказаться на распределении недр. Скажем, как в яйце, внутри более плотный желток, окруженный менее плотным белком. И если его вращать, кстати говоря, тут можно вспомнить, как в быту определяют сырое яйцо или вареное – его вращают.

В тот момент Луна была, скажем так, сырым яйцом. И ядро тянулось к Земле. Причем все это происходило в динамике, на фоне того, что Луна остывала, то есть породы становились более вязкими, а потом и более твердыми. Это привело к тому, что верхняя кора застыла, естественно, прежде всего, потому что тепло отдавалось сразу в открытый космос – не передавалось по механизму теплопередачи внутрь, а сразу уходило в открытый космос. Это привело к тому, что кора на одном полушарии стала тоньше, на другом – толще. На видимом полушарии в конце концов кора образовалась толщиной где-то 60 километров, а на обратном полушарии – 100 километров.

И в то же время существовали жидкие лавы в мантии. А тяжелое ядро тянулось к Земле. Это все привело к тому, что, во-первых, Луна затормозилась, и период ее вращения вокруг своей оси стал равен периоду вращения вокруг Земли. То есть к Земле все время обращалось одно и то же полушарие. Такой постоянный вектор тяготения к Земле привел к тому, что лавы стали выходить на поверхность и вскрывать кору на том полушарии, что обращено к Земле. И поэтому мы сейчас видим, что к Земле обращено полушарие, покрытое темными областями, морями. А на обратной стороне вы видите большой овал. Это самый большой – по крайней мере, из известных на сегодняшний день в Солнечной системе – кратер или кольцевое образо-

вание. Его диаметр – около 3 тысяч километров. С учетом того, что диаметр Луны около 3400 километров, то радиус этого ударного образования сравним с размерами самой Луны. И тут еще одна загадка...

А.Г. Что же это за тело такое было и почему оно не разрушило Луну...

В.Ш. Баллистики, те, кто занимается ударными процессами, умеют это рассчитывать. И они рассчитали, что это тело могло быть примерно 200 километров в диаметре. То есть, возможно, это был один из последних спутников, который вместе с Луной вращался вокруг Земли. Луна его схватила, поймала (поскольку была по массе больше, естественно, что и поле тяготения было больше), естественно, что они пересеклись.

Тут, может быть, даже более удивительно то, что Луна осталась цела от такого удара. Наверное, Луна в тот момент была еще достаточно вязкой, то есть достаточно упругой и поэтому не раскололась.

Но, так или иначе, это образование до сих пор не имеет собственного названия. И называется по двум крайним точкам – «Южный полюс–Эйткен». Эйткен – это один из сравнительно небольших кратеров на севере этого образования. Но сделаю еще одну небольшую присказку по ходу дела.

Одной из моих общественных обязанностей является председательство в международной комиссии по наименованиям образований на Луне в Международ-

ном астрономическом союзе. И до сих пор в этой комиссии ведутся споры, которые не приводят к консенсусу. Потому что на Луне образования, как правило, называются (это было принято еще со времен Галилея, потом традиция так и осталась) именами выдающихся ученых, исследователей – начиная с самого Галилея. И чтобы что ли соблюсти субординацию так повелось (может, это естественно для людей), что чем более велик ученый, тем больше кратер на Луне. А поскольку это самый большой кратер, то встает вопрос: если называть его именем какой-то личности, персонифицировать, то нужно выбрать самую великую личность. И здесь очень разные мнения, поэтому кратер до сих пор остается безымянным.

Но вернемся к морям и материкам. На этом слайде мы видим темные базальты на видимой стороне Луны и практически полное отсутствие таких морей на обратной стороне Луны. В верхней части обратной стороны Луны, в северном полушарии слева можно видеть небольшое лунное образование, носящее название Море Москвы. Это след наших первых успехов в космосе, поскольку первые фотографии обратной стороны Луны были сделаны советской станцией. Авторы открытий обладают приоритетом, и, соответственно, единственное, по сути дела, море на обратной стороне Луны было названо Море Москвы.

Далее вы видите на видимом полушарии разливы

лавы. Они имеют или кольцевую, круговую форму, — когда лава заполняла какое-то ударное образование до пределов, до краев. Или форму более неправильную, когда лава переливалась через край, заполняла соседние низины.

Таким путем шло формирование большинства тел земной группы. Мы не берем сейчас планеты-гиганты, газовые, ледяные тела — там несколько другая история. А планеты и спутники земной группы состоят, как я уже сказал, из тех же, в основном, горных пород, что и Земля. Это кремний, в основном, и включения железа, титана, магния, которые разделяют основные породы базальта, анортозитов и крип-породы. Так же шло формирование и других тел, например, того же Меркурия, о чем мы уже упоминали.

Следующий, пожалуйста, слайд. Это типичный вид Луны, кратерные формы в более крупном масштабе. А следующий слайд — это типичный вид поверхности Меркурия. Вы видите, что это тоже поверхность, изрытая кратерами. Практически полная аналогия того, что на Луне — таким же путем шла и Земля до известной степени. Но Луна остановилась на этом этапе в силу того, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. Соответственно, ее энергетические способности, способности к вулканизму ограничиваются меньшим давлением на недра и так далее. Луна остановилась на этом этапе, а Земля пошла дальше. То, что мы сейчас

видим на Земле, это уже последующие этапы развития. А на Луне самые глобальные видоизменения, когда низины стали заполняться лавами, произошли где-то 2–3 миллиарда лет тому назад. Самые древние лавы, которые находятся на Луне, имеют возраст 2 с небольшим миллиарда лет, это довольно молодые для Луны породы. То есть по своему формированию это самые молодые на Луне породы, а все остальное более древнее.

А.Г. А на каком этапе своего существования Луна стала спутником Земли?

В.Ш. По сегодняшним гипотезам Луна стала спутником с самого начала.

Следующий слайд, пожалуйста. Я уже говорил, что этот кратер – самый большой на Луне и в Солнечной Системе. Исследования этого объекта до сих пор очень актуальны. Скажем, если посмотреть, о чем пишут исследователи Луны, то где-то примерно 30 процентов всех работ, выходящих о Луне, касаются исследования вот этого объекта – «Южный полюс–Эйткен».

Он интересен многим еще, кроме того, что он большой. У него странное внутреннее строение. О внутреннем строении говорить сложно, к сожалению, Луну бурили только на 2 метра – это прямые сведения. Все остальное получается косвенными путями.

Прежде всего, о внутреннем строении можно судить по структуре гравитационного поля. Еще в 60-х, нача-

ле 70-х годов было обнаружено следующее. Если мы обратимся к видимой стороне, здесь красным оттенком изображены области с напряженным гравитационным полем. То есть под морями находятся какие-то избытки масс, проявляющихся через структуру гравитационного поля. Они так и были названы «массконами», от «масс-концентрейшн», то есть концентрации масс под этими круговыми морями.

А если мы перейдем к обратной стороне и посмотрим на этот самый большой кратер, то увидим, что там не положительная аномалия, а наоборот отрицательная. Голубым цветом показано, что там напряженность гравитационного поля даже меньше, чем над материками. Вот такая странность. Но как я уже говорил, мощность взрыва зависит от скорости, массы и состава тела, если падала комета, то из-за ее рыхлости даже огромные ее размеры не приведут к сильному взрыву. А если падал чистый камень...

Здесь художник изобразил тот вид, который мы могли бы наблюдать, скажем, с Земли, когда образовывался этот бассейн (иногда такие круговые области называют бассейнами) – «Южный полюс–Эйткен».

Но от этой картинки мы можем перейти, собственно, к образованию Луны. Раньше существовало несколько гипотез. Скажем, одна из распространенных в прошлом гипотез была та, что Луна формировалась вместе с Землей из того же самого солнечного газопыле-

вого облака, только возникло 2 центра – большой и маленький. И так постепенно путем аккреции росла Земля, росла Луна. Но поскольку Луна была более массивной, Луна стала спутником.

Но когда появилась возможность исследовать состав горных пород и более подробно говорить о Луне, то получилось, что здесь есть некая неувязка. Потому что, если бы Земля и Луна росли из одного и того же материала, они должны были повторять друг друга – не по размерам, а по характеристикам. Между тем, даже не внедряясь в глубь Луны, можно сказать, что у них разное внутреннее строение. Средняя плотность Земли – 5 с лишним единиц, то есть грамм на сантиметр в кубе. Аналогичная средняя плотность всего шара Луны – всего лишь 3,3 единицы. То есть налицо большая разница. Естественно, можно предположить, прежде всего, что причина этой разницы в том, что в Земле, как мы знаем, есть железное металлическое ядро, довольно массивное, а на Луне такого ядра нет. Тогда вопрос: а почему же так получилось? И гипотеза того, что они образовывались одновременно и посредством одного и того же механизма, упиралась в этот непреодолимый вопрос – почему так?

Существовали и другие гипотезы, я сейчас не буду их упоминать. Коротко говоря, где-то лет 20 тому назад возникла гипотеза ударного происхождения Луны. Следующий кадр показывает компьютерную мо-

дель того, как это могло произойти. Там 1, 2, 3 и так далее последовательности предполагают, что была ранняя Земля, которая уже прошла процесс дифференциации, то есть образовалось тяжелое металлическое ядро, тяжелые элементы опустились к центру, а легкие составляли верхние оболочки Земли.

И в этот момент тело размером примерно с Марс по касательной ударило в Землю, и произошел как бы срез верхних слоев. Дальше это вещество рассеялось вокруг Земли, образовалось что-то вроде кольца, которое есть вокруг Сатурна, например. Возможно, потом в этом кольце образовывались отдельные сгустки. И в результате, конечно, через довольно длительный промежуток времени возникла Луна. Такая модель, такой механизм объясняет разницу в строении этих двух тел. Потому что Луна образовалась не точно из тех же материалов, что и Земля, а только из материалов верхних слоев Земли, то есть материалов, обедненных тяжелыми элементами, что мы и наблюдаем на Луне.

Но это, конечно, гипотеза. Ее можно признавать или не признавать. Есть и противники у нее. Но одним из путей ее доказательства было бы обнаружение лунного ядра.

И вот одно из последних открытий в отношении Луны. Последний по времени лунный спутник, который вращался вокруг Луны, произвел ряд исследований. Были исследования гравитационные, были исследова-

ния магнитометрические. И когда и то, и другое вместе сопоставили, то оказалось, что можно определить радиус ядра – конечно, с какой-то точностью. Эти определения приводят к тому, что диаметр лунного ядра составляет где-то от 400 до 200 километров, то есть это очень маленькое ядро. А масса его еще меньше. Если земное ядро составляет где-то 30 процентов от массы Земли, то масса лунного ядра составляет всего лишь десятые доли процента или несколько процентов общей массы Луны. Тут тоже есть разброс по понятным причинам, это еще предварительные результаты. Но, во всяком случае, принципиально можно считать, что эта схема близка к истине, то есть у Луны оказалось очень маленькое ядро, маленькое и по размерам, и по массе.

Таково одно из последних достижений в исследованиях Луны. Хотя многие специалисты, в том числе и наши отечественные, считают, что более точным методом была бы выброска на лунную поверхность серии пенитраторов, которые имели бы сейсмометры, образовали сейсмометрическую сеть, и по прохождению волн через центр Луны (если в такое перекрестье этих сейсмометров поставить лунное ядро) можно было бы более точно рассчитать параметры лунного ядра, соответственно, ответить более точно на вопрос о происхождении Луны.

А.Г. А волны откуда будут браться? Ведь естествен-

ной вулканической деятельности на Луне сейчас нет?

В.Ш. Да, но не забывайте о том, что падающие на Луну тела продолжают ее бомбардировать. Они, конечно, не такие большие, чтобы образовать такой бассейн, как «Южный полюс–Эйткен», но, тем не менее, все-таки кратеры размером, скажем, в несколько километров на Луне появляются. А более мелкие появляются, конечно, еще более часто – это одно. А второе вот что. Когда американцы на своих «Аполлонах» поставили первые сейсмометры, они увидели, что на Луне сейсмосигнал длится очень долго. Где-то там упал метеорит, скажем, волна прошла. И она долго очень не затихает. То есть Луна как бы звенит. Это происходит за счет того, во-первых, что в ней мало вязкого вещества, где бы тухли волны. Во-вторых, считают, что ее трещины проходят очень глубоко. И когда происходит волна, блоки друг о друга стучат, и они как бы передают друг другу эти волны...

А.Г. Резонансная система получается.

В.Ш. Точно, получается многорезонансная система. Поэтому недостатка в сейсмических волнах на Луне нет. Вопрос в том, как их исследовать. Но пока нет таких планов. Вернее, планы у ученых есть ...

А.Г. Нет денег.

В.Ш. Нет, денег, да. Ну и последнее из того, что я хотел бы сказать о загадках и странностях Луны.

Это обнаружение лунных льдов, лунных поляр-

ных льдов. Следующий слайд, пожалуйста. Этот кадр очень интересен. Вы видите одного из астронавтов экипажа «Аполлона», который бродит по Луне, а вокруг него – облако. Понятно, что газит скафандр, газят все системы. На Луне очень высокий вакуум. Он, конечно, немножко плотнее, чем вакуум открытого космоса. Почему? Потому что какая-то доля газа все-таки присутствует. Упал метеорит, скажем, – это высокотемпературный взрыв, образуется газопылевое ударное облако, то есть газ присутствует. Иногда появляются какие-то следы внутренней дегазации, но это тоже до конца не установлено. Но это все очень мало отличается от вакуума открытого космоса. И поэтому, когда искусственный объект начинает газить, вы видите искусственную атмосферу вокруг человека на Луне.

И возникает тогда вопрос, откуда же на Луне, на которой нет атмосферы, и, естественно, нет воды, появляются льды? Следующий слайд, пожалуйста. А между тем это довольно определенно было обнаружено. Здесь мы видим монтаж из снимков самого Южного полюса. Я хочу напомнить, что у Луны есть такая особенность, что лунный экватор по своему положению в пространстве практически совпадает с плоскостью эклиптики. То есть с плоскостью, в которой Земля вместе с Луной обращается вокруг Солнца. И солнечные лучи на экваторе практически падают на лунную поверхность. Соответственно, на полюсах они идут по касая-

тельной – полтора градуса есть наклон, это очень незначительно. Поэтому любая ямка на полюсе становится постоянно затененной, там существует постоянная тень, что и видно на этом снимке. Правда, у Луны есть 18-летний с лишним период, когда ось Луны немножко колеблется, на это надо делать поправку, но если глубокая яма, то она уже абсолютно точно находится в тени.

Там, где области заштрихованы синим, это так называемые холодные ловушки, то есть они постоянно затененные. Было поставлено два эксперимента. Один эксперимент на американском спутнике «Клементина», другой эксперимент на спутнике «Лунар проспектор». Оба эксперимента показали, что в этих ловушках, где постоянная температура может быть даже меньше, чем 40 кельвинов или 90 кельвинов, но все равно, это очень низкая температура – там могут собираться, концентрироваться водяные пары. И даже водород оттуда не диссипирует, поскольку там очень низкая температура, а у него тепловое движение атомов слишком маленькое.

Дальше вопрос: откуда на Луне возникли водяные пары, пусть даже в очень маленьком количестве? Здесь загадка в загадке. Как в известной китайской головоломке – шарик в шарике. Вы видите типичный кратер, а слева абсолютно для Луны нетипичное образование, которое имеет какие-то диффузные формы, не

связанные с лунными, не связанные с движением лав, ударами и прочим. Они были названы английским словом «swirls» – «клубы дыма», например, клубы дыма из трубки и тому подобное. Я в том числе принимал участие своими работами в развитие той гипотезы, что эти следы – это следы, оставленные газовой оболочкой комет, контактами комет.

Я, когда студентам читаю лекцию, предлагаю им подсчитать, что будет, если на Луну упадет комета «Хэйл-Бопп» – вот она перед вами. Она, как вы помните, недавно, несколько лет назад, посетила окрестности Земли, не саму Землю, к счастью...

А.Г. Не дай Бог.

В.Ш. ...А только ее окрестности. Она отличается тем, что у нее очень большое ядро – от 40 до 80 километров. А у обычной кометы, кометы Галлея, всем известной, всего несколько километров.

И вот если такая комета упадет на Луну, в результате взрыва у Луны образуется какая-то короткоживущая атмосфера, которая, конечно, быстро рассеется под влиянием солнечных лучей. И даже те газы, которые осядут на лунную поверхность на ночной стороне, когда начнется день, сразу рассеются. Но те газы, которые попадут в холодные ловушки, где 90 кельвинов, вот им уже некуда будет деться, они уже остаются. По всей видимости, так и образовались лунные льды. Следующий, пожалуйста.

С учетом того, что на лунной поверхности мы видим эти «свирлс», можно обратить внимание еще на один момент. Мы видели образование, которое носит название «Рейнер-гамма» и находится на видимой стороне, его наблюдали еще в телескоп. А на обратной стороне мы только недавно увидели другую группу образований: витки, завихрения и прочее. Структурно они имеют такие же формы, такие же формы, как и та. И очень велика вероятность, по крайней мере, по моему мнению, что это именно кометы и были.

А.Г. Какова вероятность Луны встретиться с кометой за время своей жизни?

В.Ш. Вы знаете, это очень острый вопрос. Потому что Луна в качестве мишени очень невелика. В нее очень сложно попасть. Даже когда наши первые ракеты пытались в нее попасть, как вы помните, первая прошла мимо, не удалось не промахнуться. Тем менее вероятно случайное попадание. Но здесь мы имеем два фактора.

Во-первых, длительность – большие периоды, и во-вторых (я сейчас не могу подробно останавливаться на определениях), время жизни этих образований – всего лишь 10 миллионов лет. Мы можем взять сведения из другой области, скажем, кривую, которую строили палеонтологи – кривую массовых вымираний на земной поверхности. Учтем и то, что эти массовые вымирания, их стратиграфические слои несут в себе следы косми-

ческих пришельцев, например, повышенное содержание иридия и тому подобного. То есть эти массовые вымирания довольно широко принято...

А.Г. Соотносить...

В.Ш. Да, соотносить с падение комет. Так вот, последний пик вымираний на этой кривой, это тоже 10 миллионов лет. И есть такое понятие, как «кометный ливень». То есть у нас не просто периодически появляются кометы, а из окрестностей Солнечной системы в массированном порядке к центру устремляется повышенное количество комет. В период такого кометного ливня ситуация меняется. Тогда маленькая Луна может оказаться мишенью, в которую могут попасть кометы.

Ну, и может быть, что все эти образования, возраст которых 10 миллионов лет, образованы одной кометой. Просто она подошла к Луне, развалилась, как, например, комета Шумейкер–Лебедь–9 при подходе к Юпитеру, и эти отдельные осколки каким-то образом распределились по лунной поверхности. Но то, что другим путем лунные льды не могли образоваться – это, по моему, очевидно.

А.Г. Да, у меня была еще тысяча вопросов, которые связаны с существованием системы Земля – Луна. Но это, видимо, уже другая тема и для другой передачи.

Солнечная активность

15.09.03

(хр. 00:40:07)

Участник:

Обридко Владимир Нухимович – доктор физико-математических наук

Александр Гордон: ...так себе, средняя звездочка, достаточно молодая, это звезда не первого поколения, и кроме того, находится она на окраине галактики, и после этого они сразу с упоением начинают говорить о черных дырах, нейтронных звездах – вот там интересно.

Владимир Обридко: Действительно, такое отношение есть, это грустно. Ведь на самом деле вся астрофизика началась от Солнца, и еще в 30-х годах вся астрофизика была изучением физики Солнца. После войны все наши крупнейшие астрономы были солнечниками. Это и Шкловский, и Пикильнер, и Фесенков, и Северный, Мустель, все эти академики и член-корры, все эти астрофизики были солнечниками.

Потом наступил какой-то момент, когда, с одной стороны, улучшились средства наблюдения дальнего космоса. С другой стороны, физика солнца стала приобретать то, за что нас ценят другие, но за что нас меньше любят астрономы, стала приобретать несколько прикладной характер. Иосиф Самуилович Шкловский где-то в 70-х вернулся из Америки с возгласом: «Физика Солнца больше не наука, а часть промышленности!» И действительно постепенно интерес астрономов сместился в космологические аспекты астрономии, в ранние стадии развития вселенной, в пульсары, квазары, вообще в «антропный принцип» и к тому подобным вещам. А солнечники продолжают снабжать астрофизику самыми точными данными, но действительно многие астрофизики относятся к этому немножко снисходительно, как к полуприкладной и относительно простой науке.

Кроме того, есть ещё одна вещь: в нашей области мы не можем себе позволить те фантазии, которые позволяют себе астрофизики, мы слишком много знаем о Солнце. Мы не можем позволить себе, скажем, взяв несколько простеньких формул и опираясь только на размерности, сляпать теорию. Мы слишком много знаем, у нас количественные результаты. И это вовсе не потому, что мы к астрофизике относимся с меньшим уважением, наоборот, это они к солнечникам относятся, как я уже сказал, с некой осторожностью.

А.Г. Вы сказали: «Мы слишком много знаем о Солнце». А что вы не знаете о Солнце? И что вам очень бы хотелось узнать?

В.О. О Солнце мы не знаем гораздо больше, чем мы знаем, к сожалению. Что мы не знаем о Солнце. На самом деле, мы наверное знаем, где источники энергии Солнца. Хотя ещё совсем недавно мы этого не знали. Точнее скажем так: мы это знали, потом мы перестали это знать, поскольку выявился так называемый парадокс нейтрино и возникла проблема: а есть ли вообще на самом деле термоядерная реакция внутри Солнца? Идет ли действительно там тот цикл, который мы всегда считали естественным?

А.Г. Из-за дефицита нейтрино.

В.О. Да, из-за дефицита нейтрино. Сейчас как будто бы всё это утряслось, можно считать, что этой проблемы у нас уже нет. Но трудности всё равно остаются. Потому что сама структура, сама атмосфера Солнца рассчитана на основе каких-то предположений, которые не бесспорны.

Но если говорить о том, что мы меньше всего знаем, то я бы сказал так. Мы не знаем самой главной основы солнечной активности. Солнечная активность на самом деле – это магнитные поля. Если бы на звездах и на Солнце, в том числе, не было бы магнитных полей, это были безжизненные шары, без каких-либо сколько-нибудь серьезных изменений. Просто гигант-

ские шары разной температуры, но на них не было бы того, что мы сейчас называем жизнью. Откуда берется магнитное поле, мы не знаем. Сейчас основные механизмы, так называемые механизмы динамо, дают нам возможность хоть как-то прогнозировать и рассчитывать возникновение магнитного поля. Но надо прямо сказать, что противоречий больше, чем совпадений.

На самом деле проблема состоит еще и в том, что даже многие солнечники, не говоря уже о специалистах в других направлениях астрономии, солнечную активность воспринимают чрезвычайно упрощенно. Спроси я вас, что вы знаете о солнечной активности? Вы же, наверное, скажете: «Я знаю, солнечные пятна есть на Солнце».

А.Г. Я знаю о солнечных циклах, я знаю о солнечных пятнах.

В.О. Прекрасно. То есть вы знаете следующее: на Солнце бывают солнечные пятна, которых в какие-то годы больше, в какие-то годы меньше. Таким образом возникает 11-летний цикл солнечной активности: есть максимум, есть минимум. Но кроме того, на Солнце бывают вспышки, о чём большинство уже знает гораздо меньше. Такое представление о солнечной активности настолько распространено, что даже многие солнечники, я уж не говорю о звездниках, продолжают считать, что так оно и есть, что солнечная активность – это в первую очередь вариации числа солнечных пятен.

На самом деле это уже не совсем так. За последние, скажем, лет 20-30 мы несколько поумнели и поняли, что Солнце и вообще солнечная активность – это комплекс сложнейших и взаимосвязанных явлений. С одной стороны, мы научились понимать взаимодействие полей разных характерных масштабов. Есть поля относительно малые, локальные поля, они и образуют солнечные пятна, они перемещаются, двигаются, их действительно в какие-то годы больше. Скажем, в районе 2000 года их было больше, сейчас их число уменьшается, становится всё меньше и меньше, и, по-видимому, мы придем к минимуму числа солнечных пятен в 2007 году.

Но это отнюдь не значит, что одновременно с этим уменьшается солнечная активность. На самом деле она переходит в явление другого характерного масштаба. Есть магнитные поля меньших размеров, меньшей напряженности – в пятнах напряженность составляет 3–5 тысяч Гаусс. Для сравнения скажу, что магнитное поле Земли, это пол-Гаусса. То есть поле Солнца на 4 порядка больше, гигантское магнитное поле. Это, собственно, и определяет сущность солнечного пятна. Но на поверхности Солнца есть поля других масштабов и другой напряженности – всего лишь в сотни Гаусс. Главное – они охватывают всю поверхность Солнца, и они меняются в противофазе. То есть тогда, когда мы видим минимум солнечной активности

по пятнам, мы видим своего рода максимум солнечной активности по крупномасштабным полям. И поэтому говорить о том, что есть какой-то период «спокойного Солнца» или «активного Солнца» можно только, если вы дополнительно определяете, что вы имеете в виду в данном случае под термином «солнечная активность».

А.Г. То есть единого, стабильного – такого как у Земли – магнитного поля у Солнца нет, это некая система магнитных полей.

В.О. В общем, да. Можно сказать следующее. Есть то, что мы называем квазидипольным полярным магнитным полем, которое в какие-то периоды времени напоминает магнитное поле Земли. Но оно, во-первых, непостоянное, каждые 11 лет меняется его знак, чего совершенно нет у Земли. У Земли переполюсовки магнитного поля тоже бывают, но у них характерные времена – миллионы лет. И во-вторых, оно не является таким мощным, как на Земле. Ведь на Земле магнитные полюса по своей напряженности – всё, они определяют основу. На Солнце же гораздо более сложное взаимодействие.

Но здесь ещё надо обратить внимание вот на что. Эти крупномасштабные поля раньше несколько пренебрежительно назывались фоновыми полями и раньше даже и не очень-то изучались. Кстати, и изучать их гораздо труднее, потому что они гораздо слабее, напряженность у них меньше, и нужны специальные инстру-

менты для того, чтобы их изучать. Но оказалось, что, несмотря на то, что они более слабые, они и определяют собой более мощные локальные поля. Если мы возьмем развитие по времени, то увидим, что эволюция глобальных магнитных полей, как мы их называем, или крупномасштабных магнитных полей, примерно на пять лет опережает развитие локальных полей, более мощных, но занимающих на поверхности Солнца площадь, не превышающую, скажем, одной десятой процента.

А.Г. Причем они локализованы.

В.О. Они локализованы в пятнах, а вокруг пятен ещё есть яркие образования, которые называются факелы или флоккулы, в зависимости от того, в какой линии они наблюдаются. Сейчас, я вижу, показывается картинка: так выглядит Солнце, если его наблюдать в рентгеновских лучах, в лучах, в которых мы видим верхнюю часть атмосферы Солнца, наиболее горячие слои. Тут видны и пятна, и активная область. И черные образования, которые проходят по диску, это так называемые «корональные дыры». Это тоже объект, который мы раньше не знали, он был открыт меньше 30 лет назад. Оказалось, что это очень интересные образования. В какой-то мере они напоминают солнечные пятна крупномасштабных магнитных полей. В локальных полях в малом масштабе мы видим области большой напряженности. А если мы уберем все локальные поля,

оставим только фоновые, то в них тоже будут какие-то холмы, и эти холмы связаны с корональными дырами.

А.Г. То есть всё Солнце состоит из пятен, по сути дела.

В.О. Не совсем так. Я бы сказал, что всё Солнце состоит, скорее, из петель, из магнитных трубок. Если ещё раз посмотреть, то видны такие тончайшие прожилочки. Всё Солнце на самом деле – и это парадоксально – состоит из тонких трубок, очень малых характерных размеров, которые организованы, в свою очередь, неким очень крупномасштабным полем. Вот такая своеобразная иерархия. Сейчас вы видите эти тонкие трубки, как они развиваются, как они движутся, переливаясь, переходя одна в другую, взаимодействуя.

А.Г. Они оформлены в петли.

В.О. Они оформлены в петли, это типичная структура петли, типичная структура магнитного поля на Солнце. И когда эти петли взаимодействуют между собой, возникают солнечные вспышки, о которых многократно говорилось и о которых знают уже почти все. Это кратковременные, длящиеся в течение нескольких минут или десятков минут, выделения очень мощной энергии с выбросом вещества в космос, во все стороны, в том числе и к Земле.

Это сложный вопрос, природу вспышек мы до конца тоже ещё не знаем. На самом деле можно определенно утверждать, что это опять же выделение всё той же

магнитной энергии. Когда магнитная петля закручивается сложными движениями вещества... Но надо сказать, что на Солнце есть специфика, дело в том, что вещество в фотосфере тащит за собой магнитное поле, и поэтому магнитное поле закручивается сложнейшим образом, при этом возникают области накопления энергии в этих петлях, и энергия в какой-то момент может резко выделиться, как иногда говорят, происходит пересоединение. До конца неясен вопрос: происходит ли это пересоединение в результате нестационарного процесса, само собой, как своего рода самовозгорание или есть какие-то дополнительные движения, дополнительные толчки, которые приходят снизу и вызывают это пересоединение, это выделение вещества. Но определенно энергия идет из магнитного поля, и эта энергия магнитного поля перерабатывается в выброс вещества, в выделение протонов, частиц высоких энергий, которые идут к Земле.

А.Г. Магнитная пушка своего рода получается.

В.О. Своего рода да. Здесь многое зависит от особенностей вспышки, от конструкции, иногда это действительно выглядит как магнитная пушка, особенно если это происходит при выделении энергии в большом пространственном масштабе. Как мы говорили, аналогом солнечного пятна является корональная дыра, а аналогом вспышки, которая чаще происходит в локальных полях, является так называемый корональ-

ный выброс массы. Мы ещё увидим это на некоторых картинках. Тогда происходит выброс вещества. Иногда как бы возгораются всё Солнце (на самом деле, конечно, не всё Солнце), это мы называем корональный выброс типа гало. Что это значит? Это значит, что выброшено вещество, и оно идет к Земле и тогда нам кажется, что Солнце со всех сторон окружено этим веществом.

А.Г. У вас есть иллюстрация, по-моему, которую у вашего коллеги из Германии специально попросили для нашего разговора.

В.О. Да, да, мы её увидим несколько позднее. Я хочу публично поблагодарить моего коллегу профессора Райнера Швенна, который специально для этой передачи разрешил использовать эту подготовленную им проекцию. Здесь происходит выброс вещества типа гало, и вещество идет дальше, распространяясь по межпланетной среде, к Земле, и наталкивается на земную магнитосферу. Собственно, так возникает магнитная буря – происходит пересоединение уже теперь в окрестностях Земли, в хвосте магнитосферы и...

А.Г. И часть энергии возвращается по магнитным полям в область полюсов Земли.

В.О. Энергия, скажем так, попадает в область полюсов Земли и, в частности, таким образом возникает полярное сияние. Это основной механизм, который вызывает магнитные бури на Земле. На этой картине вы

видите, как трепещет магнитосфера под действием налетающего солнечного ветра. Так меняются силовые линии. А внизу – возникновение полярного сияния в полярной зоне Земли.

Следует сказать о еще одной специфическом моменте. Проблемы, с которыми мы сталкиваемся, затруднены ещё и тем, что вся наша область исследований, к сожалению, пока ещё не стоит на экспериментальном пути – мы не можем поставить эксперимент. Вся наша работа, это работа как бы пассивная, мы воспринимаем приходящее к нам излучение в электромагнитном диапазоне, измеряем приходящие к нам частицы, можем их измерить, можем получить характеристики солнечной активности в самом широком диапазоне. Но во всей астрономии – и у нас, в физике Солнца, – пока ещё невозможен никакой активный эксперимент. Это специфика, которая отличает наши работы от лабораторных экспериментов, поэтому там есть определенные трудности.

А.Г. Но иногда природа сама ставит эксперименты, как это было, например, тогда, когда осколки кометы Шумейкера–Леви ворвались в атмосферу Юпитера.

В.О. Действительно – но это специфика уже планетных исследований. В планетных исследованиях мы уже напрямую подошли к таким исследованиям, там это действительно есть. Более того, и в планируемых нами экспериментах по физике Солнца есть некото-

рые работы, которые предполагают если не активный эксперимент, то, по крайней мере, уход с Земли. То есть предполагают наблюдение Солнца с трех точек в пространстве, это так называемый эксперимент «Стерео». Это предполагает полёт к Солнцу на очень короткие расстояния. Выход на такую орбиту, на которой космический аппарат зависнет над определенной точкой на Солнце, и мы будем одну точку наблюдать в течение длительного времени, в отличие оттого, что мы имеем сейчас, ведь Солнце всё время вращается с периодом 27 дней. Поэтому мы не можем проследить один объект на Солнце в течение всего времени его жизни. Обычное время жизни этих объектов – несколько оборотов. Он уходит на обратную сторону, и мы его не видим.

Но эта 27-дневка, с другой стороны, очень для нас полезна с точки зрения прогноза. Стоит поговорить о задаче прогнозирования магнитных бурь. Я знаю, что и в ваших передачах было уже это обсуждение. Строго говоря, непосредственный приход плазмы к Земле, то есть возникновение магнитной бури, мы можем уверенно прогнозировать только за один-полтора дня, а на самом деле, за несколько часов, когда мы уже видим приходящий поток.

Но вопрос ведь вот в чем: что прогнозировать? Как мы говорили и до сих пор, надо сформулировать задачу. Если мы прогнозируем величину магнитной бури и

точный день и час, это действительно можно сделать только за день-полтора. За неделю с довольно большой степенью уверенности мы можем указать период, несколько дней, когда эти бури более вероятны. За 27 дней мы тоже можем указать примерно трех-четырех-дневный интервал высокой вероятности магнитной бури.

Более того, сейчас (я об этом не говорил, это совершенно отдельная задача) методами так называемой гелиосейсмологии мы можем наблюдать активные области на обратной стороне Солнца, то есть те, которые придут к нам ещё только через 2 недели. Это совершенно отдельная, совершенно фантастическая возможность, о которой мы даже не могли мечтать ещё 3-4 года назад, эта возможность возникла совсем недавно. И таким образом мы можем указать момент наступления магнитных бурь за 27 дней и за 2 недели, указать период, когда высока вероятность возникновения магнитной бури.

Я перед тем, как с вами здесь встретится, специально в Интернете посмотрел данные. В частности, сейчас период довольно активный. Весь май и июнь – высокая геомагнитная активность при относительно невысокой солнечной активности, здесь нет стопроцентно однозначной связи. Потому что выброс вещества Солнца может миновать Землю. Тем не менее, на протяжении всего мая и 10 дней июня – очень высокий уровень гео-

магнитной активности. Бури идут одна за другой. Если традиционно интервал между бурями составляет несколько дней, 5–6 дней, то сейчас практически день-два – и мы наталкиваемся на хотя бы слабую бурю, а иногда и на очень мощную бурю. Например, сегодня в середине дня была буря, точнее сказать так: был трехчасовой интервал, в течение которого на Земле было подобие небольшой бури (обычно состояния измеряются такими трехчасовыми интервалами).

Поэтому прогноз, вообще говоря, возможен и на большие интервалы времени. Мы можем прогнозировать и на годы вперед. Скажем, определенно сейчас можно утверждать, что где-то в 2007-ом году уровень солнечной активности, понимаемой как активность пятен, будет пониженным, средняя скорость солнечного ветра будет порядка 400–450, 500 километров в секунду. Геомагнитные бури будут, но будут они связаны не со вспышками, а с корональными дырами. Наоборот, на Солнце будут к этому моменту гигантские корональные дыры, они уже сейчас довольно большие, мы сейчас на спаде солнечной активности. А затем к 2010 году повторится примерно ситуация 2000 года. То есть опять появятся явления вспышечного плана, опять появятся бури с внезапными началами, связанные со вспышками. И будут происходить события такого плана, что мы обычно наблюдаем в период максимума пятнообразовательной деятельности Солнца.

А.Г. У меня есть вопрос к вам, если позволите. Ведь Солнце вместе с Солнечной системой ещё и движется вокруг центра галактики. И космос, в котором она движется, хоть и изотропен, однороден, но не на всём пути. То есть наверняка встречаются какие-то газовые облака и неоднородности. Как-то реагирует Солнце на своё продвижение в космосе или нет?

В.О. Это сложный вопрос. Прежде всего, движение Солнца по космосу в космических масштабах, в галактических масштабах настолько мало, что мы этого движения практически не замечаем. Мы же фактически сколько-нибудь серьезно наблюдаем Солнце только со времён Галилея, который открыл пятна. Серьезные наблюдения, с использованием хороших инструментов вообще начались только в этом веке. Поэтому за это время Солнце практически не изменило своё положение в галактике. Хотя есть работы – я с ними не согласен, но они есть, – которые говорят о том, что направление галактического магнитного поля, направление рукавов галактики не безразличны для солнечной активности, и когда Солнце поворачивается таким образом, что оно как бы выстраивается вдоль галактического направления магнитного поля, солнечная активность на это как-то реагирует, модулируется.

Есть вторая концепция, которая сводит возникновение солнечной активности к воздействию планет. И здесь тоже у меня есть серьезные возражения. Хотя

нельзя отрицать того, что 11-летний период солнечной активности совпадает с 11-летним периодом обращения самой большой планеты – Юпитера – вокруг Солнца, и это – самый главный аргумент у тех специалистов, которые отстаивают теорию планетного возникновения солнечной активности.

Аргумент против состоит в том, что приливная волна, которую могут привести все эти планеты на Солнце, составляет буквально миллиметры, притом что вариации диаметра Солнца могут составлять 10-15 километров. Поэтому как-то это кажется маловероятным с энергетической точки зрения.

А.Г. Буря в стакане воды.

В.О. Да. Но есть другой ответ, с ним мы непрерывно сталкиваемся в физике. А именно, что энергетические оценки часто не объясняют наблюдаемых связей. Это проявляется и в гелиобиологии, и в гелиометеорологии, и в многочисленных, до сих пор не всегда ясных, аспектах воздействия солнечной активности на техногенные катастрофы и так далее.

Логика примерно такая: да, конечно, энергетика здесь не хватает, но какая вам нужна энергетика для того, чтобы нажать, скажем, курок пистолета? Или такой пример: человек получил письмо, в котором ему сообщают о смерти близкого человека, он упал в обморок. Тут энергетика почти нулевая: информационное сообщение или резонансы. И здесь мы с таким

положением вещей действительно сталкиваемся, эти вещи широко обсуждаются, и по-видимому, это должно работать, по крайней мере, в некоторых аспектах солнечно-земных связей. Вероятно, это существенно в проблеме воздействия солнечной активности на погодные, климатические условия.

Здесь тоже тонкий вопрос. Часто люди несведущие к этому прибегают и говорят: «Вот дождь пошел. Как, у вас на Солнце всё в порядке?» То есть существует стремление связать каждое отдельное событие на Земле с отдельными событиями на Солнце. На самом деле ничего подобного быть не может, и существующая связь – сложная, статистическая и с очень низким коэффициентом достоверности, хотя и не с нулевым коэффициентом достоверности.

Проблемы здесь вот какие. На протяжении многих лет противники концепции связи солнечной активности и земной метеорологии выдвигали вот какие аргументы. В самом деле, возьмем статистические исследования. В периоды высокой солнечной активности в одном месте – оледенение, потопы. Но в то же самое время в другом месте наблюдается засуха, очень теплые годы. Казалось бы, одно противоречит другому. И обнаружилась следующая вещь: солнечная активность работает как дестабилизирующий фактор. На самом деле, солнечная активность влияет на любое событие и явление, как бы сталкивая его в ту потенциальную яму,

в которую это явление уже готово упасть.

Это воздействие солнечной активности проявляется и в биологии, то есть у человека, склонного к сердечно-сосудистым заболеваниям, солнечное воздействие приведет именно к инфарктам и к сердечно-сосудистым заболеваниям. У человека, склонного к заболеваниям органов пищеварения, будут обострения своей болезни. То же самое и в метеорологии. В метеорологии это явление было открыто нашим соотечественником, членом-корреспондентом Академии наук Эвальдом Рудольфовичем Мустелем в конце 50-х – начале 60-х годов, он назвал это «эффект акцентации». То есть он показал именно то, о чём я сейчас говорю, что в регионах, которые имеют предрасположенность к засухам, в периоды высокой солнечной активности усиливается вероятность засух. В районах, в которых сложная метеорологическая обстановка, связанная с возможными потопами, наводнениями, там усиливается вероятность этих наводнений.

Пока не очень ясно, в чём состоит механизм этого действия. Здесь есть два важных момента, о которых следует сказать. Один из них обнаружен у нас в институте с моим участием и с участием нашего директора Виктора Николаевича Ораевского, который у вас тут тоже выступал. Он состоит в том, что мы обнаружили, что есть некие зоны, в которых воздействие солнечной активности на циклоническую деятельность в ат-

мосфере Земли является особенно интенсивным. Одна из них располагается в Сибири в районе Туруханска, там коэффициенты корреляции, коэффициенты связи особенно высоки. Другая расположена несколько южнее Сахалина, третья – в районе Гренландии и Исландии. Есть, вероятно, и другие зоны, но мы изучали только эти.

Что происходит? Эти зоны мы назвали гелиопогодными управляющими зонами (это, кстати, области, в которых есть много других аномалий, например, развитая магнитная аномалия). В эти зоны сваливаются при приходе космические частицы – плазма, частицы сваливаются по силовым линиям в эти места. И частицы воздействуют на циклоническую деятельность, которая в дальнейшем распространяется уже повсюду по Земле.

Второй механизм, о котором сейчас очень много говорят, мне представляется очень перспективным, и мы тоже им интенсивно занимаемся. Он выглядит несколько парадоксально. В чём здесь проблема? Я уже говорил о том, что с энергетической точки зрения влияние солнечной активности на Землю очень невелико. Когда мы с метеорологами пытаемся разговаривать на этом языке, они часто говорят: а вы пробовали сравнить энергию ваших частиц с энергией хотя бы одного крупного циклона? И действительно энергетически тут ничего не проходит. Более того, стало ясно, что поток

излучения от Солнца – полный, интегральный поток – практически не меняется. Конечно, он меняется, и даже более того, он меняется тоже с 11-летней цикличностью. Но эти изменения составляют десятые доли процента, даже меньше, не более десятой доли процента. Этого заведомо не хватит, чтобы влиять на температуру на Земле.

С другой стороны, мы видим, это показано, что вариация температуры Земли за последние 100 лет повторяет вариацию крупномасштабного магнитного поля на Солнце. Последние 20-30 лет, по-видимому, сильно вмешался человеческий фактор, парниковый эффект, и кривая пошла ещё круче. А до этого всё довольно хорошо сходилось. Спрашивается: в чём же дело? Так вот, по-видимому, здесь возникает такой своеобразный эффект. Приходящие к нам от Солнца частицы сдавливают всю гелиосферу во всей солнечной планетной системе, меняют магнитное поле и препятствуют приходу к Земле галактических космических лучей. Казалось бы, «в огороде бузина, а в Киеве дядька».

А.Г. Если энергии Солнца не хватает, то уж энергии галактических лучей...

В.О. Да, галактических космических лучей приходит меньше. А оказывается, галактические космические лучи меняют прозрачность земной атмосферы. Понимаете?

А.Г. За счет чего?

В.О. Когда они приходят к Земле, то меняют циркулирующую облачность, ее становится то больше, то меньше. И в зависимости от этого...

А.Г. Увеличивается нагрев...

В.О. Да. То есть возникает своеобразный механизм: вода в самом резервуаре вроде бы и не меняется, но мы поворачиваем туда-сюда кран, усиливаем или уменьшаем приток энергии.

А.Г. Зонтик открывается, зонтик закрывается.

В.О. Да, сам поток излучения от Солнца почти не меняется. Но поскольку меняется облачность, меняется прозрачность земной атмосферы вкупе с парниковым эффектом, то меняется тепловой баланс Земли. И оказалось, что это действительно существует. Вот иллюстрация, схематически изображающая приход космических лучей. Идеи эти были выдвинуты первоначально за границей, но у нас они сейчас интенсивнейшим образом развиваются. Мне это представляется очень перспективным. Хотя трудностей здесь остается ещё очень много, например, коэффициенты корреляции пока еще на уровне, который чуть-чуть превышает уровень достоверности. Потому что здесь на самом деле очень много факторов, которые искажают статистику.

А.Г. И опять же эксперимент не поставишь.

В.О. Да, не поставишь. Правда, здесь можно поступить немножко по-другому. По кольцам деревьев мы

можем просто определить 11-летний цикл. На кольца деревьев может влиять только климат. То есть мы, раскапывая кольца деревьев, раскапывая отложения, видим проявления 11-летнего цикла. Более того, нам удалось восстановить (в этом достоинство данного метода) солнечную цикличность на две сотни лет назад, используя кольца деревьев. То есть, связь несомненно есть. Но мы начали беседу с того, что вы спросили: чего мы не знаем? Так вот, мы много чего не знаем, и на самом деле мы не знаем самого главного – откуда берется солнечная активность и через что она всё-таки воздействует на Землю...

Венера

16.09.03

(хр. 00:50:43)

Участники:

Александр Тихонович Базилевский – доктор геолого-минералогических наук

Борис Александрович Иванов – доктор физико-математических наук

Александр Гордон: Тема определена. И необъятна.

Александр Базилевский: Планета Венера. Мы как бы спускаемся на Землю, говоря «геология Венеры». То есть надо на Венеру посмотреть глазами геолога, как смотрю я, глазами геофизика, физика, как смотрит Борис Александрович. И не только на Венеру, но и на Марс, Луну, другие планеты и спутники. Мы, когда на них смотрим, то видим, что все в значительной мере не так, как раньше думалось.

И когда мы смотрим на все это с позиций земной геологии и геофизики, мы начинаем сравнивать, раз-

мышлять. И это называется «сравнительная планетология». Это наука, которая началась где-то в середине прошлого столетия, началась как некие рассуждения, когда какие-то стали выводить даже некоторые закономерности. А потом начались космические исследования, и пошли факты, факты, факты. И оказалось, что из тех ранних рассуждений очень многое не выжило. Борис Александрович нашел очень интересный отрывок из книжки, которую мы оба когда-то читали. Отрывок говорит о том, как ученые, очень грамотные ученые, представляли себе, что такое Венера, всего 50 лет назад. Пожалуйста.

Борис Иванов: Эту книгу знают многие и из нашего поколения, и, я надеюсь, молодежь тоже. Это «Страна багровых туч», первый роман Стругацких. И я как раз его перечитал перед передачей. Очень интересно. Конечно, это дитя своего времени – прорыв в неизвестное, развитие технологий. И все даты там – это 1990-е годы, мы их перешли уже.

Братья Стругацкие были очень грамотные люди. Они в самом деле собрали факты. И как Александр Тихонович сказал, они рассуждали по аналогии: Венера немножко ближе к Солнцу, значит, там немножко жарче, если болото, то горячее. И, конечно, никто не ожидал, что это такой мертвый мир. И планета любви оказалась гораздо менее гостеприимной, чем, скажем, бог войны Марс, где еще есть какие-то иллюзии о том, что

там была или есть вода.

На Венере очень горячо, на Венере очень большое давление. Атмосфера углекислого газа. И в романах, которые были написаны до космических полетов, конечно, были иллюзии, что в Солнечной Системе есть еще место, где интересно работать, куда есть смысл летать, которое, быть может, как наиболее смелые умы думали, можно колонизовать.

Настоящая наука проходит несколько стадий. На стадии увлечения строится гипотеза. И кажется, что все идет вперед поступательно. А когда мы приходим к фактам, выясняется, что природа гораздо грубее. Не скажу – проще или сложнее, но она совсем неатропоцентрична. Это, пожалуй, философский урок из того, что мы увидели, когда наши автоматы достигли других планет.

И, тем не менее, Венера – это другая планета, это другой мир. И изучать его крайне интересно. Та светлая пора, когда мы были молодыми и наши аппараты летали к другим планетам, мне запомнилась одним эпизодом, который был очень характерен. Мы сидели всю ночь, расшифровывали снимки, которые получили от наших коллег, которые делали их по радиоизображениям. И под утром вышли из института и увидели Венеру, висящую на небе. Осознание того, что мы только что там были, что мы знаем, как она выглядит, – оно, конечно, было волшебным.

Но вот появились наши иллюстрации. И Саша продолжит более регулярную часть.

А.Б. Нормальный человек, конечно, знает, что Венера – планета Солнечной Системы. А сейчас мы видим Солнце, полумесяц Меркурия, за ним Венера и желтые облака. Раньше думали, что это водные облака. Потом – голубая Земля, дальше Марс. И это как раз говорит о месте Венеры, она немножко ближе к Солнцу.

А.Г. Но Солнце здесь не в масштабе, правильно?

А.Б. Здесь все не в масштабе. Здесь только порядок. Конечно, Солнце – это миллион километров, а Венера это 12 тысяч километров в поперечнике, как и Земля.

Давайте посмотрим на следующую картинку. И здесь мы видим, как она выглядит, если бы человек на нее смотрел. Это просто телевизионный снимок. Видите, облачный покров – ничего, кроме облаков, не видно, и кроме каких-то неясных структур. А справа – это уже мозаика радиолокационных снимков. Здесь цвет поверхности совершенно условный. Он вообще-то, мы это потом увидим, оранжевый. Мы видим светлые полосы, это протяженные системы разломов, как у нас Африканский рифт, Байкальский рифт. Только у нас в Байкальском рифте – озеро Байкал и в африканских рифтах – озера. А там все сухое.

Давайте следующий слайд посмотрим. Это интересный эпизод из Стругацких, ты, наверное, лучше по-

мнишь, Борис.

Б.И. Эпизод касается одной из вылазок славных космонавтов, которые ходят с автоматами и находят на Венере жизнь, чудовищ. И цитата, которая на экране, как раз о том, как один из героев, «взяв автомат наперевес, шагнул вперед». Они предугадали то, что Венеру будут осваивать автоматы.

А.Б. Сначала полеты были неудачными. Была «Венера-1» – не долетела. То есть она долетела, но потеряли связь. Потом «Венера-2», «Венера-3». «Маринер-1» полетел не туда, его американцы взорвали. И первый, кто удачно долетел, это «Маринер-2». И тогда уже наземная радиолокация, радиотелескопические наблюдения говорили о том, что там очень жарко, но никто не верил. А этот аппарат подтвердил – да, очень жарко. Давайте посмотрим следующий слайд. Это такой скучный список, но он говорит о двух вещах. О том, что летали много, и видно, что многие полеты, это – СССР, СССР, СССР. Это говорит о том, что Венера – это планета, на которую мы много летали, и где нам везло.

Следующая иллюстрация – это картина, нарисованная нашим художником, советским. Не знаю каким, это просто рисунок, который кочует из одной публикации в другую. Это такая сфера под шляпой, это космический аппарат. Такими были поздние «Венеры», которые спускались до поверхности. Тогда уже поняли, что

парашют не нужен, потому что это слишком медленно. И значительную часть аппарат проходил, просто тормозясь тульей этой шляпы. А тормозится там можно именно таким небольшим поперечным сечением, потому что давление на поверхности – порядка 90 атмосфер, в 90 раз больше, чем на Земле. И этот воздух очень густой. Это 70 килограмм на кубический сантиметр. То, чем мы дышим, это один килограмм. А это 70!

Б.И. Если сгустить атмосферу Венеры до плотности скалы, получится добавочная толща в 300 метров.

А.Б. Это если сгустить до плотности камня. Но, конечно, это газ, но очень плотный газ. И очень жарко там, почти что 500 градусов. В общем, если в ранних фантастических романах это было что-то вроде теплового рая, на самом деле оказалось, что это ад.

Следующий слайд – это опять длинный список. К его концу там все меньше и меньше наших полетов. И последние – это полеты американцев. Правда, не прямо направленные к Венере, а пролетая по пути, аппараты какую-то информацию снимали. Дальше показано, как космический аппарат «Магеллан», американский космический аппарат, крутится вокруг Венеры и ведет радиолокационную съемку, по которой мы в значительной мере знаем геологию Венеры. Мы ее впервые хорошо узнали по данным «Венеры-15», но то была только четверть планеты. А здесь мы увидели всю планету.

Давайте посмотрим, что мы видим на поверхности?

И какие процессы происходят на поверхности?

Атмосфера протягивается на десятки, на первые сотни километров. На высоте где-то в 40–60 километров есть облачный слой. И этот облачный слой, который с Земли кажется таким гостеприимным, на самом деле – малоприятное место. Эти капельки концентрированной серной кислоты. Этот облачный слой вращается вокруг планеты. Динамика атмосферы за счет подпитки солнечной энергией такая, что облачный слой крутится вокруг планеты Венеры. Она сама вращается очень медленно, а эта облачная оболочка за 4 дня делает полный оборот.

Б.И. Но только на больших высотах.

А.Б. Да, на высоте облаков. Но это ураган, потому что она движется со скоростью 100 метров в секунду. Потом мы видим, как это отражается в некоторых геологических особенностях Венеры.

Б.И. Если человек когда-нибудь будет на Венере, он будет летать на баллонах на высоте 50 километров. Там примерно условия земной поверхности.

А.Б. И именно там были аэростаты, сделанные у нас, собирались они сравнительно недалеко от вас, в Химках, в НПО имени Лавочкина.

А.Г. Каковы условия на высоте 50 километров?

Б.И. Примерно такие, как у нас на поверхности.

А.Б. Примерно одна атмосфера, примерно 20 градусов Цельсия.

А.Г. Скорость ветра какая?

А.Б. 100 метров в секунду.

А.Г. Вот на этой высоте?

А.Б. На этой высоте. Но если вы в аэростате, то вам все равно, вы вместе с потоком летите.

А вот что из себя представляет поверхность. Это так называемая цилиндрическая проекция. Наверху северный полюс, внизу южный. И с довольно сильным искажением, но в виде одной картинки дается картина высот на Венере. Вы видите, синее – это близко к среднему уровню: равнины, равнины, равнины. А зеленоватые, желтые оттенки – это горы, которых немного, процентов 10–15.

А.Г. То есть если бы на Венере была вода, то количество суши там было бы очень незначительным?

А.Б. Да, да. Если бы мы закрыли километром, то торчало бы мало. Но что характерно, на Земле у этого распределения высот два максимума. Если мы – искусственно, чтобы сравнивать с Венерой, – «осушим» поверхность Земли, то все равно будет два максимума – океаническое дно и континенты, это наиболее распространенные высоты.

А на Венере в основном равнины, повышений и понижений мало. И есть некая логика, приводящая к этому. Это свидетельство того, что в коре Венеры преобладает один тип горных пород. На Земле бимодальность объясняется гранитным слоем на материках и

базальтовым слоем на океанском дне.

Б.И. Гранит легче базальта и материка немножко всплыли.

А.Б. Посмотрим следующий слайд. Тот ужасный ветер, который дует на высоте, до поверхности доходит сильно замедленным. Полметра в секунду, но полметра в секунду – это что-то, тем более при такой плотности. И он увлекает разным образом образующуюся пыль. Образуются ветровые полосы, как вы видите здесь. А в некоторых случаях, когда есть песок, образуются и дюны. Светлые хвосты – это ветровые полосы, а ячейки – это дюны. Дюн, которых видит радар, очень мало, разрешение маловато. Мы видим детали, скажем, в полкилометра, более детально не видим.

Б.И. В этом тоже есть определенная логика. Нет воды, нет эрозии – а песок создается эрозией. Из-за отсутствия воды все геологические механизмы другие. Песок по другим причинам создается, горы по-другому строятся.

А.Б. Вспомним когда-то наши родные пустыни Каракумы, Кызылкум. Тамошние дюны сделаны не из ветрового песка, а из морского и речного, его ветер только передувает.

Следующий слайд – это вулканический купол. А в нижней части снимка видно, что часть этого купола обрушилась. Это универсальный закон силы тяжести. Это ветровой перенос, образование каких-то новых

форм типа дюн. И обрушение крутых склонов, какое-то движение материала на склонах.

А.Г. А что там слева на картинке за странные образования такие – пятна и точки?

А.Б. Это кратеры, провалы кратеров...

А.Г. Миникратеры?

А.Б. Ну, как «мини», поперечник-то там – это километры.

А следующий кадр нам покажет нечто на поверхности, в чем особенно хорошо разбирается Борис Александрович. Это его хлеб.

Б.И. С маслом... Дело в том, что с кратерами Венеры связана вполне определенная история. Долгое время после открытия толстой атмосферы существовало расхожее мнение, что кратеров на Венере нет – мол, все, что на нее падает, задерживается атмосферой. И были некоторые пионерские работы (мы на них ссылаемся), в частности, работа Петрова и Стулова, выполненная раньше американских. Они были специалистами по входу в атмосферу, считали космические корабли. И применив тот же аппарат для Венеры, они показали, что кратеры должны быть.

И когда мы увидели первые снимки поверхности Венеры в радиолучах, мы были очень рады, потому, прибывая на новую планету, мы всегда ищем что-то похожее.

А.Б. Что-то знакомое.

Б.И. Что знакомое? Вот Саша только что перечислил – золотые процессы, дюны, вулканы, вулканические потоки, кратеры. Как ни странно, они есть и на Земле, и на Венере. Точнее, это естественно, поскольку все планеты обмениваются твердым веществом. И одна из работ, посвященная возможному переносу жизни метеоритам, называлась «Каменистая дорога панспермии».

Первые снимки, сделанные «Венерами» 15 и 16, были радарными снимками, синтезированными. Это была героическая работа наших коллег из МЭИ, которые построили советский компьютер на советской элементной базе, который в течение суток обрабатывал кучу информации из радиосигналов, причем учитывал эффект Доплера, другие эффекты, и строил такие понятные картинки. С немножко меньшим разрешением, чем у американцев.

А.Б. Но гораздо раньше, чем они.

Б.И. На 10 лет раньше. Вообще «Магеллан» состоялся только потому, что нам удалось получить первые снимки.

А.Б. Нет, он состоялся не потому, но он стал сильно лучше потому, что мы получили снимки. И тогда американские ученые стали придавливать своих инженеров, говорить – «смотрите, они получили разрешение 1–2 километра. Вы нам предлагаете то же самое, зачем лететь?» И их дожали до разрешения 100–200 метров.

Б.И. Короче говоря (мы потом еще поговорим о кратерах на Земле, ибо это нам ближе и опаснее), мы были очень рады, увидев кратеры на Венере.

Они несут в себе несколько загадок. Во-первых, оказалось, что, несмотря на плотную атмосферу, у кратера есть выбросы. Вы их видите на экране. В радиолучах они яркие. Это не белый цвет, это просто означает, что там лежат камни с острыми углами, они лучше отражают радарные излучения. Это была первая загадка. Ее разрешили довольно быстро. Оказалось вот что: метеориты проходят через атмосферу – это как взрыв в атмосфере. Это как огненный шар расширяется, и там остается горячий малоплотный газ, а пока он схлопнется, выброс успеет проброситься. Это первая вещь, которую мы решили. Это нам помогло, во-первых, идентифицировать кратеры. Во-вторых, мы получили некое представление, скажем так, о скоростях падения. Оно оказалось вполне...

Все-таки кратеры – вещь загадочная. Они образуются быстро, на Земле живут недолго, на Венере долго. Поэтому, глядя на любую кольцевую структуру, сказать – это ударный кратер или не ударный – трудно. Поэтому был разработан список вопросов. Если какая-то структура удовлетворяла всем критериям, она относилась к кратерам. «Магеллан» полетел лет на 8 позже нас на ту же территорию, которую мы сняли, и мы получили практически 100-процентное подтверждение. Это

было приятно.

Кратер имеет две ипостаси. Во-первых, мы видим, что кратеры резко отличаются от всего остального, что есть на Венере. Во-вторых, они покрывают любую поверхность. Они образуются в результате случайных процессов, поэтому это как бы пробник, который может протестировать поверхность. Даже не садясь на Венеру, но, сравнивая кратеры в разных областях, мы понимаем, что картинка не врут, это, в самом деле, каменный материал, потому что свойства кратеров одни и те же.

Оказалось, что распределение кратеров по размеру похоже на лунное. То есть у них один источник. И много чего подтвердилось из того, что было более-менее очевидно, но когда другие источники подтверждают наши наблюдения, это, конечно, всегда приятно.

А.Г. В этом отличие от Луны, которая не обладает атмосферой, и даже маленький метеорит, попадая на ее поверхность, может вызвать образование кратера.

Б.И. Мы приготовили картинку, на которой показано, как атмосфера отрезает мелкие тела.

А.Б. Что там у нас следующее, посмотрим.

Б.И. О, это «вкусная» вещь.

А.Б. Видите, здесь слева, это тип местности называют «тессера», что по-гречески означает «черепица». Если обладать сильной фантазией, можно уловить сходство с черепицей. А вот темная парабола.

И в ее апексе есть светлый кратер. Что же получается? Удар, наверх пробрасываются выбросы. Грубые выбросы падают, а то, что потоньше, этим сумасшедшим потоком на уровне облаков, разносится. Если бы не было этого процесса, то вещество разнеслось бы таким кругом. А так образуется парабола. Когда стали смотреть, как эти кратеры с параболой соотносятся с вулканами, разломами и прочим, то оказалось, что они – самые молодые. То есть такие параболы – это метка времени. Если мы видим...

Б.И. Временной горизонт.

А.Б. Если мы видим кратер с такой параболой, значит, это примерно 10 процентов от среднего возраста поверхности. Это важно, когда нет возможности долететь, взять образец, померить возраст, а какую-то историю геологическую строить надо, то можно сориентироваться хотя бы так.

Теперь посмотрим следующий слайд. Мы переходим к тому, чего на Венере больше всего – к вулканическим равнинам. Где-то порядка 80 процентов, если взять все типы равнин, составляют такие вулканические равнины. Видите, там такие тонкие извилистые полоски – это извилистые гряды, результат сжатия, сминания. И есть серенькие, а есть более яркие участки. Эти более яркие участки имеют вид типичных лавовых потоков. На такие равнины сели почти все наши аппараты, которые измеряли химический состав –

«Венеры» 8, 9, 10 и так далее. И они показали, что состав это базальтовый.

А вот следующий слайд. Это тоже вулканическая равнина. Но здесь немножко другой тип вулканизма. Первые показанные нами были площадными лавовыми излияниями, потоками, сходными с тем, что образовало наши сибирские траппы. То, что образовало плато, базальты, плато Декана в Индии. Здесь же – пологосклонные вулканы, тоже явно базальтовые. И тоже интересный, другой тип вулканизма. Не будем сейчас вдаваться в подробности, но причины этого явления пока не ясны.

А.Г. А на Земле есть аналоги?

А.Б. Таких аналогов много. В той же Исландии они есть. Это на самом деле очень пологосклонные вулканы, где-то градусов 5 у них крутизна склонов.

Б.И. Эта лава имеет низкую вязкость. В этом отличие, скажем, от вулканов Камчатки, которые гораздо более крутосклонные. Лавы вязкие, поэтому вулканические постройки более крутые. А Гавайские вулканы – базальтовые, очень пологие постройки.

А.Б. Когда я был на Гавайях, то видел очень высокий вулкан. Он на меня не произвел никакого впечатления, казалось, это просто пологий холм в дымке виден. А, тем не менее, это 6, по-моему, тысяч метров над уровнем моря. Но совершенно не впечатляет.

Б.И. Кстати, по этому признаку на Венере и искали

породы, близкие к андезитам – по признаку наличия крутосклонных построек. И в самом деле, несколько нашли. То есть, возможно, в каких-то местах там есть что-то отличное от базальтов, но мы не делали химанализов. Надо запускать новый аппарат, надо садиться; причем мы знаем теперь – куда.

А.Б. На следующем слайде такие же базальтовые потоки, но более молодые. Они представлены в виде таких длинных лопастей. В общем-то, это тоже базальтовый вулканизм, на такой поток шел один из наших космических аппаратов, «Венера-14». Это просто более молодой поток и поэтому более контрастны границы потоков, мы их видим, они еще со временем не затерлись.

На следующем слайде видны как бы языки пламени, это просто вид сверху на очень высокую гору. Высота ее 9 километров. Эта гора называется Маат. В поперечнике она километров, наверное, 600. И она тоже пологосклонная. Хотя это высокая постройка, но растяните 9 километров на 600 километров. Опять же это свидетельство того, что лавы не вязкие, лавы очень жидкие. Это молодой очень вулкан, есть тому определенные признаки. Один из самых молодых вулканов на Венере. Может быть, даже и сейчас он действует, но мы этого пока не наблюдали.

А.Г. Хоть один действующий вулкан на Венере наблюдался?

А.Б. Не наблюдался, но если бы мы в космическом аппарате «Магеллан» крутились вокруг Земли, то, скорее всего, мы не увидели бы никакого активного вулкана. Потому что надо, чтобы извержение происходило в то время, когда аппарат пролетает именно там. А ведь аппарат крутится вокруг Венеры, да и Венера под ним медленно прокручивается, за 243 дня. В ту же самую точку аппарат придет через 243 дня. Тут может быть тысяча извержений, а мы их пропустим.

Б.И. «Магеллан» крутился долго. Была специальная программа по поиску изменений. Нашли очень мало.

А.Г. 243 дня это венерианский день?

А.Б. Там гораздо хитрее устроено. Венера крутится вокруг своей оси, а в это время она идет по орбите вокруг Солнца – и довольно близко вокруг Солнца. И эти два вращательных движения складываются, полный день получается – 119 суток.

А.Г. А год?

А.Б. Точно не вспомню, но меньше земного года...

А.Г. То есть год и день на Венере сопоставимы?

А.Б. Да, сопоставимы.

Б.И. Тем самым это противопоставление теряет смысл.

А.Б. А это уже так называемые пояса гряд. Среди вулканических равнин есть радарно более яркие пояса. Это те же самые равнины, но более древние. Немножко смятые, это умеренное сжатие, то, что на Зе-

мле называется тектоникой сжатия.

Давайте следующий слайд посмотрим. Здесь среди вулканических равнин есть такая область, которая посечена трещинами, трещины на расстоянии друг от друга где-то меньше километра. О чем это говорит? Это говорит о том, что в этом месте был очень интенсивная трещиноватость. Была, по-видимому, интенсивная тектоника растяжения и сдвига. Но трещины не выходят в лавовые равнины. Кто же их остановил? Если бы это были лавовые равнины, которые потрескались, то они уходили бы туда и сюда. А то, что они упираются, говорит о том, что это сильно переломанная местность образовалась до лавовых равнин. Так у нас появляется какая-то координата времени.

А.Г. То есть наплыв лавы произошел уже сверху.

А.Б. Что-то он совсем закрыл, там под лавой есть эти породы. А где что-то торчало повыше, он подтопил.

Следующий слайд посмотрим. Сильно перебитое, переломанное образование – это тессера, которую снизу подтапливают опять же более молодые лавовые равнины.

На следующем слайде мы видим образование, сходное с тессерой. Только это не хаотические разломанности, а однонаправленные. Это самые высокие горы на Венере, горы Максвелла.

Вообще на Венере, как договорились астрономы, все надо называть женскими именами. Единственное

исключение – Максвелл, горы Максвелла. Почему? В знак уважения к великому физическому, который, собственно, создал электродинамику. А без электродинамики не было бы радаров, а без радаров не было бы изучения Венеры.

Итак, это самые высокие горы, 11 километров. Там на вершине этих гор есть кратер – мы определили когда-то с Борисом Александровичем, что это ударный кратер. Наш американский коллега возражал, что мы совсем не правы и что это вулканический кратер. И мы так спорили несколько лет, пока не полетел «Магеллан», сделал более детальные снимки. И наш коллега вынужден был признать, что это все-таки ударный кратер.

Б.И. И название-то хорошее и загадочное – Клеопатра.

А.Б. На следующем слайде опять же разломы. Именно эти разломы похожи на африканский рифт. Это растяжение с провалами, а в центре ударный кратер. И мы видим, что половина этого кратера разломана, разъехалась. Если мы допустим, – а это, конечно же, так, – что кратер круговой, то мы можем по тому, насколько он искажен, понять степень растяжения в этом месте. Это 10 километров, это много – 10 километров на таком небольшом пространстве.

А.Г. А, зная время падения метеорита, который вызвал образование этого кратера, можно же судить о

скорости процесса, который происходит?

А.Б. Можно судить. У совсем молодых кратеров есть радиотемное гало. Потом оно разрушается, и остается только темная оторочка. А потом и она разрушается. И ничего уже нет, кроме радиоярких выбросов. Вот этот кратер – старый. Но рядом есть более молодой кратер, он радиотемный. И через выброс из этого кратера, именно из этого рифта, проходит разлом, который все сечет. А поскольку радиотемный кратер молодой, то можно сказать, что эта рифтовая зона тоже молодая. Но все это оценки возраста в каких-то полуколичественных единицах.

А.Г. Мы еще поговорим о количественных единицах, о возрасте.

А.Б. Видные сейчас странные кольцевые структуры есть только на Венере. По-русски они называются «венцы», по-английски «короны».

Дальше мы видим Венеру, два ее полушария. Цветным кодом показана высота. Синее – низко, желтое – высоко. Вы видите, есть определенные структуры, есть что-то вытянутое. На Земле, если есть срединно-океанический хребет, посередине, скажем, Атлантического океана, то там кора раздвигается, уходит и должны быть комплиментарные зоны, где есть какие-то желоба, где есть какие-то цепи островов. Здесь ничего такого нет. Поэтому здесь, по-видимому, нет тектоники плит.

Сейчас следующая картинка, где мы будем отрицать тектонику плит, ее уже Борис Александрович будет отрицать, глядя на кратеры.

Б.И. Тектоника плит на Земле, по-видимому, связана с наличием воды. Минералы могут сначала вбирать воду, а, погружаясь вниз, отдавать и тонуть. Это одна из теорий, а фактом остается то, что есть круговорот. И поэтому днища океанов безобразно молоды, им в среднем 80 миллионов лет. Самая древняя часть океана, которую мы знаем, – 200 миллионов лет. Континенты, на которых мы в основном проживаем, старинные области, тоже бывают разные, но старинные области – это 2 миллиарда лет. И если мы посмотрим на карту земных кратеров, то совершенно четко увидим, что на континентах кратеров больше. Не потому что мы их на море не нашли, а потому что их там просто нет. Мало времени, чтобы накопить кратеры от случайного падения. А на Венере на все типы рельефа примерно равномерно наложены ударные кратеры.

А.Г. То есть это случайные попадания.

Б.И. Это случайные падения, а значит, что в среднем-то возраст поверхности – в целом – примерно одинаковый. По-видимому, где-то полмиллиарда, миллиард лет назад на Венере было некое глобальное событие, об этом еще спорят. Но факт, что поверхность обновилась и стерлось все, что было раньше, и на Венере гораздо меньше кратеров, чем на Луне и Марсе. То

есть история видимой поверхности Венеры началась где-то полмиллиарда – миллиард лет назад. А вот уже на фоне этого были более ранние явления, были более поздние явления. Так мы примерно выводим шкалу. Давайте посмотрим следующую картинку.

А.Г. А возраст Венеры сопоставим с земным?

Б.И. Да. Такой же.

А.Г. 4 с половиной миллиарда. А возраст поверхности – полмиллиарда. И что было до этого?

Б.И. Как и на Земле. У нас нет участков старше примерно 2-х миллиардов лет. Есть отдельные зерна минералов, которые древние. Но они уже вошли в состав других совершенно пород.

А.Б. А в рельефе того, что было раньше, уже не видно.

Б.И. А на Луне обратная ситуация – самым молодым излияниям 2 миллиарда лет. А на самом-то деле все кончилось примерно 3 с половиной миллиарда лет назад. На Марсе ситуация промежуточная. Но о Марсе вы будете, видимо, отдельно говорить, это другой мир. Но геологам важно знать не только абсолютное время, им важно знать распределение.

А.Б. Посмотрим на эту картинку, тессеры подтапливаются равнинами, густо трещиноватые равнины, подтапливаются вулканическими равнинами. Но в то же время есть места, где эти густотрещиноватые равнины как бы прислоняются к уже ранее существовав-

шим тессерам. И мы могли построить так называемую «стратиграфическую колонку». Внизу самые древние, вверху молодые. Здесь сейчас – относительный возраст. Но даже в этом случае мы имеем последовательность событий. Мы имеем направление эволюции.

Следующая картинка показывает, что не все так ясно, ведь эти вулканические равнины могли в разных местах образовываться в разное время. Последовательность – от тессер к равнинам – могла в одном месте образоваться вчера, в другом – миллиард лет назад, в третьем – 500 миллионов лет. Или это все как-то более-менее синхронно образовывалось. И здесь показаны два случая: синхронный и несинхронный. И показано, что если бы это было не синхронно, то тогда были бы такие случаи, что тессеры одной области были бы моложе, чем вулканические равнины другой области, они бы накладывались на них – и так далее. У нас эта стратиграфия во многих районах должна была бы быть нарушенной. И то, что она так гармонична, одна и та же везде, говорит о том, что эти процессы более-менее синхронно происходили.

А.Г. Некое катастрофическое изменение произошло.

А.Б. Понятие катастрофы предполагает быстрое изменение...

А.Г. В геологических масштабах.

Б.И. Медленно, но везде.

А.Б. На следующем слайде мы видим, что у нас появляется возможность оценивать в годах.

Возможность появляется из-за кратеров, появление которых мы считаем случайным процессом. У нас есть одна площадка, датированная и кратерами, и нормальными методами радиоизотопной датировки – это Луна. На Луне все-таки в целом мы имеем старые образцы. И где-то можно закрыть разрыв между активным возрастом образования новых пород (3.3 миллиарда лет) и текущим временем, что-то мы знаем по земным кратерам. Есть модель скорости кратерообразования. Последние 3 миллиарда лет она примерно постоянна, мы считаем, в пределах фактора 2. Поскольку атмосфера Венеры отсекает мелкие кратеры, вы видите, что кривая сгибается, количество кратеров уменьшается. А лунная кривая уходит стремительно вверх. Там, где кратеры большие, кривые перекрываются. И прогноз, который мы сделали по Луне, прекрасно вписался в распределение больших кратеров на Венере. Тогда, зная примерно распределение астероидов по орбитам Солнечной Системы, можно сказать, что темп образования кратеров на Венере примерно такой же, как на Луне.

А.Б. Астероиды дают ударники, которые образуют кратеры.

Б.И. Да, комет по нашему мнению – процентов 15, в основном астероиды. Можно сказать, что это коли-

чество кратеров должно было накопиться за примерно (точность двойка) 0.5–1 миллиард лет. И тогда все измерения, которые сделал Александр Тихонович и его коллеги в долях от этого T , приобретают смысл с точностью фактора 2. Можно сказать, что если T – одна десятая, как для кратеров с параболами, это примерно 100 миллионов лет или 50 миллионов. Это точность, которой можно достичь такими небольшими средствами.

А.Б. Дальше – иллюстрация того, что мы знаем. Мы знаем, что там жарко, мы знаем, что там есть вулканизм, есть тектоника. Мы знаем, как это происходило во времени в течение последнего миллиарда лет, то есть, знаем на самом деле очень много. Еще 20 лет тому назад мы значительной части этого не знали.

Но гораздо больше мы не знаем. Давайте посмотрим дальше, чего мы не знаем. Мы не знаем строения вглубь. Мы не знаем, есть ли породы другие, чем базальты. А это для нас, для геологов, геохимиков, очень важно. Это уже другая история магмы. Мы не знаем, что было до тессер. Этот этап тектоники все стер. Как это узнавать? В общем-то, мы будем и далее изучать данные «Магеллана», чего-то еще немножко узнаем. Но нужны новые полеты.

А.Г. Нужны новые полеты, нужны, наверное, образцы грунта.

А.Б. Нужны образцы грунта, потому что дотессер-

ную историю можно узнать, только привезя образцы, в рельефе этого уже нет.

А вот зачем нам нужно это знать? Во-первых, Венера, на которой нет воды, дает нам возможность видеть неискаженные вулканические, тектонические структуры. Я уверен, что скоро основы вулканизма, основы тектоники на геологических факультетах будут изучать, в первую очередь, глядя на картинки Венеры. Но это, так сказать, цель для науки, а есть и более общий интерес. Венера дает возможность как-то ценить, насколько опасно жить на нашей Земле. И это уже специальность Бориса Александровича.

Б.И. Мне бы хотелось закончить вопросом, который мы обсуждали, когда готовились к разговору. Все-таки остается загадкой, как две планеты с примерно одинаковой массой, одинаковой силой тяжести, с достаточно небольшой разницей в положении по отношению к Солнцу, стали такими разными. И вот это, пожалуй, самое интересное с точки зрения философии науки...

А.Б. С точки зрения теоретической геологии.

Б.И. У нас есть гипотеза, конечно. Безусловно, человек живет в мире гипотез, иначе двигаться невозможно.

А.Г. Какова гипотеза?

Б.И. По большому счету, главный вопрос планетологии – почему мы такие разные? Только ли размер, только ли положение от Солнца здесь причиной или что-то было еще? Красивая картинка, которую мы при-

готовили, показывает, что такое эрозия на Земле. Вода подрезает каньоны, например, наш любимый Гранд-каньон до 2-х километров глубиной. После этого мы видим породы, но не видим прежних форм.

А.Б. Первичного рельефа.

Б.И. Да, это то, о чем мы говорили раньше. И в самом деле, свежие формы тектоники, да и кратеры тоже, лучше изучать на Венере, с поправкой на ее тяжелые условия.

Скажем еще о кратерах, чтобы закончить на такой алармистской ноте. Следующая иллюстрация говорит об астероидной опасности, которую мы ясно видим на Венере, которую даже плотная атмосфера не смогла уберечь от мощнейших ударов. Такие картинки время от времени появляются в печати, и нам говорят, что если завтра такое на нас упадет, то всем будет плохо. И даже страховые компании заказывают вполне серьезные исследования, чтобы оценить риск в долларах и соответственно некоторые компании даже страхуют от астероидной опасности.

Изучение Венеры позволяет судить по совокупности данных о частоте ударов, насколько это опасно. Самое главное, что мы знаем – кратеры есть на всех планетах – и на маленьких, и на больших. Справа внизу картинка Эроса, который был недавно снят автоматом – все изрыто кратерами.

Источник тел, которые падают – поле астероидов.

Второй источник – кометы. Они разделяются на два типа: семейство Юпитера – пояса Койпера и кометы облака Оорта.

Следующий слайд касается кратеров Земли. Конечно, здесь есть места, которые плохо исследованы, но, в целом, та логика, которую мы проводили, показывает, что континенты Земли как более старые, накопили больше кратеров. Когда мы определяли эти показатели в первый раз (еще даже не зная астрономических данных по частоте падения), мы просто сравнили частоту кратеров в Северной Америке и на севере Европы, где хорошая сохранность и хорошая исследованность. Мы показали, что это поверхности примерно одного возраста. И отсюда, зная возраста земных кратеров, а тут уже все измерено вполне достойно, мы можем сказать, что пока нам никакая опасность не угрожает. Так что товарищи могут спать спокойно, большие кратеры образуются редко.

А.Г. Насколько редко?

Б.И. У нас есть совокупность данных: мы используем как основу наиболее хорошо изученную лунную кривую, используем совокупность данных по Меркурию, Венере, Марсу, астероидам. Сейчас мы уже измерили распределение астероидов по размерам до километра.

Все это, складывая, мы можем построить такой немножко нахальный, но прогноз. Здесь слева отложе-

но количество кратеров навсей Земле, включая океанское дно – просто на поверхности, равной поверхности Земли. Если бы мы имели на Земле поверхность в возрасте 3-х миллиардов лет, то количество кратеров было бы примерно такое – миллион километровых кратеров. На самом деле их гораздо меньше. За 10 тысяч лет – библейская история – километровых кратеров образовалось хорошо если 2–3. И, соответственно, кривая, упираясь в цифру 1, дает статистическую оценку того, какой самый большой кратер образуется на данный момент.

Кратер, о котором мы четко знаем, что он дал тяжелые экологические последствия, это кратер Чиксгуб, с которым связана так называемая граница мела и палеогена. С этой границей связана гибель динозавров – не вполне четко доказано, что они умерли тогда же, но смена фауны бесспорна. Такой кратер диаметром 170-180 километров образуется примерно раз в 100 миллионов лет.

А.Б. И тогда всем становится плохо.

Б.И. Но надо сказать, что современной жизни, как мы ее знаем, примерно 500 миллионов лет, до того все было сильно проще. Так что за время эволюции сложной жизни произошло примерно 5 ударов.

Вопрос в том, 180 километров – это минимум или 100-километровый кратер тоже может быть? Здесь показан прекрасный кратер Эльгыгытгын, в котором есть

жизнь, там есть красная рыба, в течение двух экспедиций мы ее ловили. Но за 3 миллиона лет от кратера осталось озеро и изъеденный эрозией кольцевой хребет. Кратер довольно большой – 18 километров.

А кратеры более древние видно только с орбиты и только в синтезированных цветах. Это такая техника: когда вы знаете, что надо отразить, вы раскрашиваете разные участки в разные цвета. Эти пол-овала, которые почти целиком съедены эрозией, это бывший кратер Садбери. Теперь он называется красиво – Старвунд, «звездная рана». Кратер этот очень интересен. Во-первых, он один из самых больших. По-видимому, его диаметр в девичестве был 250-300 километров – 2 миллиарда лет назад. И сохранилась чаша, со смятой тектоникой, но в ней до сих пор осталось примерно 10 тысяч кубических километров застывшего расплава. Там было так долго горячо, по-видимому, еще и из-за тепла, созданного ударом, что из этого расплава там образовались месторождения никеля. И вот никель Садбери вместе с никелем Норильска составляют примерно две трети мирового рынка. По этой причине были деньги на исследование кратера, он изучен довольно хорошо.

Мелкие метеориты падают каждый год, и в последнее время в связи с развитием у населения страсти к записи на видеокамеру, появилось много данных о падении малых тел. Вот снимок одного из метеоритов,

к сожалению, очень похожий на гибель «Колумбии». Механика та же – сгорание в плотных слоях атмосферы. Это метеорит, который долетел до Земли в районе Нью-Йорка и даже пробил багажник старой машины, что подняло ее цену в несколько раз. А вот падение большого тела – это уже очень неприятное событие. И птеродактиль, летящий на первом плане этого слайда, летит потому, что ударная волна до него еще не дошла.

Хотя мы с Александром Тихоновичем скептически относимся к завышенным оценкам астероидной опасности, которые время от времени появляются в печати, тем не менее – задача науки держать руку на пульсе таких процессов, которые, Бог его знает, могут стать опасными для человечества.

А.Г. Но ведь кратер диаметром 18 километров, а не 180, я полагаю, тоже вызовет значительные изменения.

А.Б. Конечно, локально – это страшная вещь, будет уничтожено полконтинента – но цивилизация-то уцелеет в целом.

Б.И. Здесь у нас есть, к сожалению, большой опыт, мы можем многие так называемые поражающие параметры прогнозировать с тех ядерных взрывов, которые мы приводили.

А.Г. А какова вероятность образования кратера диаметра в 18 километров? То есть какого падения, какого небесного тела? Если оставить в стороне 180 киломе-

тров и раз в миллиард лет.

Б.И. Квадрат примерно в 10 раз меньше, значит, в 100 раз чаще, то есть раз в 10 миллионов лет. Но все-таки 10 миллионов лет на памяти человечества, по-видимому...

А.Г. Если бы знать, когда было последнее падение...

Б.И. Самый молодой кратер на Земле – это, по-моему, 92 год, кратер Стерлитамак диаметром 10 метров, который поразил картофельное поле и уничтожил урожай. Потом, правда, ученые за это уничтожили кратер. Ибо когда тела тормозят в атмосфере и не взрываются там, они взрываются на поверхности, так образуется малый кратер. И, добывая метеорит, ученые просто вырывают на этом месте котлован. Из 18 метров достали тонную глыбу железа, но кратер уничтожили. Так что на самом-то деле кратеры образуются часто.

А.Г. Так все-таки гипотеза об изменении...

Судьбы планет

17.09.03

(хр. 00:49:48)

Участник:

Леонид Васильевич Ксанфомалити – доктор физико-математических наук

Леонид Ксанфомалити: ...Марс будет настолько близок к Земле, как он не был в течение последних примерно десяти тысяч лет. На самом деле это всё очень условно, потому что близкое противостояние и далекое противостояние не очень различаются между собой. Но сам по себе астрономический факт интересен. Любопытно, что последние примерно сто лет интерес к Марсу не увядает. Я посмотрел литературу и обнаружил, что все эти сто лет Марс был, в общем, в центре внимания публики. Очень интересно, что в 1897 году в России была опубликована книжка Камиля Фламариона, в которой он, в частности, писал о том, как живут марсиане. Он писал, что марсианское общество ушло от нас очень далеко вперед в области культуры,

что они живут семьями, что они овладели науками, искусствами и вообще представляют собой очень совершенное общество.

Но любопытно, что наряду с такими экскурсами, которые временами Фламарион допускал, он вместе с тем писал очень интересные вещи о планетах, и даже, пожалуй, астрономы второй половины 20-го века — все учились по его книжкам, и не только астрономы, не только ученые, не только люди, интересующиеся наукой. У нас вообще небо было очень популярно почему-то в то время. В 1898-м году была опубликована опера Римского-Корсакова «Царская невеста», там есть ария Марфы, помните? «В других краях, в других мирах такое ль небо, как у нас», — поет умирающая Марфа. Опять-таки проявление интереса к небу.

И этот неуывающий интерес к небу, интерес, в конечном счете, к Марсу, подталкивает и сейчас исследователей к запуску одного за другим аппаратов к Марсу, к исследованиям с целью определить самое-самое, ка залось бы, загадочное явление — жизнь. Есть ли жизнь на Марсе, откуда взялась жизнь на Земле? Мы когда-то говорили с вами, примерно год назад, как эти явления связаны, и что жизнь, по-видимому, если возникает на одной планете, обязательно должна была перенестись и на другую планету.

Так что это противостояние привлекло внимание любителей астрономии. Насколько мне известно, они мо-

билизуют свои телескопы, ведь до августа осталось уже недолго, и Марс будет наблюдаться большой армией, как любителей, так и профессионалов. Вместе с тем в последние годы у Марса появились новые космические аппараты. И как всегда это бывает, появляются новые технические средства, появляются новые возможности и появляются новые открытия.

Я не случайно начал с проблемы жизни на Марсе, ее ищут, комментируют и в литературе, и во всяких юмористических изданиях. Вместе с тем ведь вопрос о том, как искать и где искать жизнь на далекой планете, ученым ясен, потому что искать-то надо там, наверное, где есть вода. Та форма жизни, которую мы знаем, всегда будет связана с водой. Поэтому поиски жизни на Марсе, здесь можно поставить знак равенства, были равны поиску воды на Марсе.

В течение длительного времени мы считали, что Марс, и это правда, очень сухая планета. Но, вместе с тем, оказалось, что новые открытия, новые результаты, которые были получены с новыми аппаратами, принесли такие сведения, о которых мы раньше и не догадывались, и которых мы и не ожидали. То есть на Марсе обнаружены если не современные потоки, то, во всяком случае, временами возникающие потоки воды. Наблюдаются горные ручьи на склонах, и, по-видимому, есть даже какие-то пруды, заполненные, скорее всего, льдом. Но образовавшийся пруд говорит о том,

Что когда-то вода в него втекла.

Сейчас на экране Марс, видимый с одной стороны. Это планета, которая по размерам почти вдвое меньше Земли, но все же вдвое больше нашей Луны. Марс давно привлекает астрономов еще и потому, что это очень удобный объект для наблюдения, хотя, в общем-то, в телескоп мало что можно различить. Те снимки, которые вы видите, так же как следующая картинка, – это Марс с разных сторон. То, что мы видим, это поверхность Марса, потому что атмосфера очень разреженная, она в 150 раз более разрежена, чем земная атмосфера. Это атмосфера, состоящая, в основном, из углекислого газа.

Тем не менее, даже эта очень разреженная атмосфера иногда создает бури над поверхностью Марса. Она переносит какие-то ничтожные количества влаги от полюсов к экватору, от экватора – к полюсам, и нужно сказать сразу же, что в условиях крайне холодного климата Марса вода, как предполагалось, может существовать только в виде льдов или инея. Но то, что было обнаружено сейчас, было совершенно неожиданно.

На следующей картинке вы видите вершину, высочайшую вершину Марса. Это гора Олимп, которая имеет высоту 27 километров. Школьники знают, у нас гора Эверест имеет высоту 8 тысяч 848 метров. Мы с детства все знаем эту цифру. А тут 27-километровая вершина. Естественно, давление на уровне этой верши-

ны получается практически в десять раз ниже, чем на уровне поверхности. Какой поверхности? Мы считаем на Земле от уровня моря. Там, конечно, никакого моря нет, но есть условная поверхность на уровне примерно 6 миллибар. Это, повторяю, углекислый газ.

На следующей картинке вы видите гигантскую такую рытвину, которая проходит чуть ли не наполовину вдоль экватора Марса. Это гигантский каньон, каньон Долины Маринера, по имени первого аппарата, который летал туда, к Марсу вместе с нашими первыми «Марсами». Это тот вид планеты, который можно увидеть с космического аппарата, приближающегося к планете, кружащего над нею, в частности, такого аппарата, как «Марс Глобал Сервейер», который обнаружил эти очень интересные образования на поверхности Марса.

На следующей картинке вы сейчас видите, что сама поверхность Марса довольно скучная. Это камни, красноватый песок, и что интересно, красное или розоватое небо. Небо розовое именно потому, что пыль поднимается с поверхности, и мелкая фракция пыли очень долго висит в атмосфере – до следующей бури. Бури, кстати, бывают связаны очень часто с противостоянием с Землей. Но, конечно, Земля-то тут ни при чем, а происходит это потому, что, приближаясь к Земле, Марс одновременно приближается и к Солнцу. Это понятно.

Космический аппарат, который летал несколько лет назад, опустил на поверхность Марса тележку размером с детскую коляску, вы ее видите здесь. Он исследовал поверхность опять-таки под тем же самым углом. Что же представляет собой эта поверхность? Сейчас мы знаем ее состав, но, видимо, до сих пор не обнаружено ни малейших признаков жизни, которая бы существовала на поверхности Марса. Но, может быть, все-таки она могла бы в виде простейших микроорганизмов существовать в глубине грунта. Это возможно. Потому что в Антарктиде, мы знаем, многие микроорганизмы могут зарываться в грунт, могут существовать даже в условиях льда. Исследования, которые были на этот счет проведены, показывают и подтверждают, что жизнь очень легко приспосабливается к самым различным условиям.

Тот снимок, который вы видите сейчас на экране, это уже нечто новое. Размер этого участка всего 28 километров. Здесь видно старинное русло, здесь вода текла по поверхности Марса в невообразимо далеком прошлом, более 3 миллиардов лет назад. Но что интересно? На краях, на склонах этого русла, обнаружено, сейчас уже можно сказать, что-то, напоминающее ручьи на склонах земных оврагов.

Следующая картинка показывает это даже немножко лучше. До недавнего времени считалось, что то, что мы видим на Марсе, на склонах – это осыпи песка,

камнепады, которые и образуют, как показано на этой картинке, размытую структуру на дне этого каньончика или на дне этого кратера. Но вместе с тем, посмотрите, на склонах видно то, что я бы назвал протоками или ручьями. Но у них есть одна очень странная особенность – они сужаются книзу. То есть, впечатление такое, что эти ручьи текут вверх. Конечно, вверх там ничего не течет, но что получается с водой на Марсе? Оказывается, что все эти источники находятся на склонах, то есть вода выплескивается на поверхность из каких-то тающих масс подпочвенного льда. И сам этот лед находится на достаточно большой глубине.

Он там образовался очень давно, и он тает из-за, скажем, повышения температуры за счет радиоактивного ли распада, за счет каких-то, может быть, других явлений. Это приводит к тому, что лед начинает таять, и появляются эти потоки на склонах, на глубине примерно от 150 до 500 метров по сравнению с поверхностью окружающей равнины.

Но что получается в условиях очень морозного климата? Средняя температура – минус 60 градусов нашей 100-градусной шкалы. Представьте себе, что вы на морозный грунт выплеснули ведро воды. Что с ним произойдет? Морозный грунт, отчасти впитав эту воду, тут же заставит ее замерзнуть. Давление на Марсе настолько низкое, что до сих пор считалось, что любой поток тут же испарится. Но это немножко наивно, по-

тому что в школе когда-то нас всех учили, что для того, чтобы испарить один килограмм воды, нужно затратить довольно много – 2.5 тысячи джоулей, или 540 калорий. Где эта вода возьмет такую энергию, столько тепла? Взять ей негде. Поэтому в марсианских условиях испариться может не более одного процента этой воды. Все остальное начинает течь по поверхности, взаимодействуя с морозным грунтом и замерзая.

Таким образом получается ледяное ложе. Но оказывается, что постепенно вода расходуется и, в конце концов, где-то на расстоянии около сотни–двух сотен метров это русло и заканчивается. Самые большие русла, которые были обнаружены, имеют, думаю, размер до семи километров. То есть, все же вода течет. В некоторых случаях это получается, наверное, из-за того, что в летнюю пору все-таки грунт немножко теплее.

На этом снимке вы видите вообще поразительную вещь. Внизу вы видите ограниченное извилистой границей что-то вроде пруда, озера что ли. Причем, ширина его полтора километра. Это довольно большое образование. И видно, как по стенке этого кратера, а его размер тоже порядка нескольких километров, стекают грязевые потоки, вода, перемешанная с мелким песком, с илом, и внизу они образуют такое небольшое озеро. Причем, по-видимому, граница образуется из-за того, что вода в замороженном грунте создает некую стенку, очень похожую на то, что бывает и на Земле. На

следующей картинке показаны такие бассейны. Есть удивительное место неподалеку от нашей страны, в Турции. Место это называется Памук-Кале, там тоже с горного склона текут потоки, которые несут кальциевые гидросоли.

Александр Гордон: Это не лед?

Л.К. Это не лед, хотя когда туда попадаешь, возникает обманчивое впечатление, что это обледенелый склон. Но люди ходят босиком в этой теплой воде, и она образует отложения кальциевых солей. Конечно, на Марсе это не кальциевые соли, но чтобы удерживать такие пруды, как мы сейчас видели, естественно, нужна для этого какая-то укрепленная стенка этого пруда. Она образуется из промерзлого грунта. Таким образом, то, что было обнаружено в этих новых исследованиях, это такие стекающие по поверхности потоки. Причем, критики тут же заявили – «ну, это же было очень давно». Да нет, посмотрите, некоторые из них темные, некоторые светлые – это говорит о том, что они, по-видимому, существовали в разное время. Более того, в некоторых местах на фоне совершенно, казалось бы, высушенного следа потока, появляется новое темное образование.

А.Г. Прямо на глазах, по сути.

Л.К. Прямо на глазах. С космического аппарата обнаружили, что за интервал времени порядка полугода образовались новые источники там, где их полго-

да назад не было. В другом случае это произошло через полтора года, но, во всяком случае, это происходит, безусловно, в наши дни. Таким образом, не такая уж сухая планете Марс.

А.Г. Значит, не просто вода есть, а есть жидкая вода

Л.К. Есть жидкая вода и то, что вы видите на этом снимке – это аналоги таких процессов. Исследователи поехали в Исландию и смотрели, что получается там. Там тоже таяние подпочвенного льда приводит к появлению таких потоков. Собственно, это то, что я хотел вам рассказать о Марсе, это последние новинки.

Вместе с тем, говоря о том, что происходит сейчас на Марсе, мы не можем не думать о том, что будет происходить с Марсом дальше, что будет происходить дальше не только с Марсом, что будет происходить с Землей. В нашей солнечной системе, как вы знаете, 9 планет, и первые 4 планеты находятся совсем близко к Солнцу – это Меркурий, Венера, Земля и Марс. О судьбе этих планет, в том числе о судьбе Марса, мне хотелось бы поговорить дальше. Это часть, которую можно было бы действительно так и назвать – судьбы планет.

До недавнего времени во всех учебниках, в популярной литературе мы могли прочесть, что Земле гарантировано существование в тех же условиях, в каких она существует сейчас, еще по крайней мере в течение пяти миллиардов лет. Потому что у Солнца запас еще 5 миллиардов лет безбедного существования. Это дей-

ствительно так, даже более того – 7 миллиардов лет. Но не все так оказалось гладко.

Представьте себе, как работает Солнце – если объяснять на пальцах, просто. Вы знаете, что существуют термоядерные реакции. Они происходят в центре звезды. Когда звезда образовалась, весь материал, главным образом водород, под действием тяжести устремился к центру этой звезды, а как вы знаете, при сжатии газ нагревается, и он нагревается до тех пор, пока наконец не началась термоядерная реакция.

В термоядерной реакции 4 атома водорода превращаются в атом гелия, все получается прекрасно, выделяется энергия. Из ядра эта энергия постепенно проникает к оболочкам звезды, и мы видим Солнце, которое светит, имея температуру фотосферы 6 тысяч градусов. Все прекрасно. Но что происходит на самом деле в ядре?

По мере того как сгорает водород и образуется гелий, не все остается неизменным. Почему? Есть такая простая формула, что давление равно произведению числа частиц на постоянную на температуру. Если вы 4 атома водорода превращаете в один атом гелия, частиц становится меньше. В результате, казалось бы, давление должно уменьшиться. Внешние оболочки только и ждут, чтобы противодействующая им энергия позволила им сжаться, и начинают сжимать ядро несколько больше. В этом сжавшемся ядре тер-

моядерные реакции идут быстрее. И так происходит непрерывное ускорение. Быстро ли? Да нет, не быстро. За 4,5 миллиарда лет существования Солнца этот процесс прибавил в излучении 30 %. Но это же огромное время. И что будет дальше?

За миллиард лет прибавится еще 10 %. Но для Земли это оказалось не так уж безобидно. Потому что живем-то мы в узком температурном интервале. Мы сейчас жалуемся – в Москве холодно. Июнь – в Москве холодно. Но ведь разница-то составляет всего 10 градусов. Прибавьте 10 градусов, будем говорить – жарко, да? И все условия не только жизни на поверхности Земли, но и вообще все условия самого существования планеты, существования ее гидросферы связаны с тем притоком солнечной энергии, которую мы получаем каждый день. Поэтому, если этот баланс нарушить, а нарушиться он может очень легко, то возникнут всякие неприятности. Я прокомментирую несколько статей, которые в последние несколько лет появились одна за другой и которые предсказывают, что будет с планетой Земля и с другими планетами Солнечной системы. Если это интересно.

А.Г. Конечно.

Л.К. Там, во-первых, говорится о том, что даже сравнительно небольшое повышение температуры приведет к тому, что углекислый газ, которым все так недовольны и который создает парниковый эффект, начнет

энергично поглощаться поверхностью. Но это не так уж и хорошо, потому что в этом случае растениям будет нечего есть. По прогнозам авторов одной из статей получится так, что за сравнительно короткое время (примерно такое же время, как нас отделяет от динозавров, это сто миллионов лет) углекислого газа для растений не останется, растения погибнут, а значит, животным нечего будет есть. Такие прогнозы были сделаны примерно в 1982-м году, и потом много критиков по этому поводу высказывали свои мнения.

Критики касались главным образом того, что этот вывод как всегда слишком категоричен. Если мы ожидаем, что роскошная природа Земли будет поставлена на край гибели благодаря тому, что углекислого газа не станет, то это, конечно, не так. Во-первых, времени вполне достаточно, чтобы растения приспособились. Во-вторых, есть такие растения, они относятся к классу C4, кукуруза, например, это высокоорганизованные растения, которые потребляют в десятки раз меньше углекислого газа, чем другие растения. Но я здесь не специалист, я не могу оперировать этим материалом вполне свободно...

А.Г. В любом случае, сто миллионов лет – время для эволюции достаточное.

Л.К. Аккуратные расчеты показали, что это даже не сто миллионов, а может быть раз в 8 больше. И тогда получается, что вроде бы вообще все прекрасно. Но

не так уж прекрасно, как это кажется на первый взгляд. Потому что неумолимые изменения светимости Солнца, повышение энергии рано или поздно приведут к тому, что этот процесс дойдет до какой-то точки, а дальше начнется куда более неприятное явление.

Парниковый эффект, который существует на Венере (Александр Тихонович Василевский у вас рассказывал об этом) существует потому, что солнечная энергия проникает сквозь атмосферу к поверхности, разогревает ее и нижние слои атмосферы, а в инфракрасном диапазоне это излучение выйти обратно не может. Такие же условия могут возникнуть на Земле, причем здесь есть куда более активная штука, чем углекислый газ, это водяной пар. Он обладает чудовищным парниковым эффектом. Этот парниковый эффект может привести к тому, что температура на поверхности Земли начнет повышаться очень быстро. А это в свою очередь приведет к еще более быстрому испарению океана. Таким образом возникает положительная обратная связь. Сейчас ее нет, потому что Земля находится в более-менее стабильном состоянии, об этом можно поговорить детальнее. Но ситуация примерно такова.

Что же произойдет тогда дальше? Венера потеряла, по-видимому, свою воду не только потому, что она испарялась, но и потому, что в верхних слоях атмосферы теряли водород разрушаемые солнечным кратко-

волновым излучением молекулы воды. То есть молекула H_2O разбивалась на кислород и водород, и водород, как очень легкий газ, уходил в космос. Предполагается, что так Венера растеряла всю свою воду. Если этот механизм дойдет и до Земли, то нас ожидает примерно то же самое, что изображено на этой картине. То есть, тогда будет потерян весь запас воды, который есть в океанах. Разгоревшаяся поверхность выделит углекислый газ, который связан породами, о которых я говорил. И тогда начнется настоящий ад на Земле, потому что температура повысится до уровня кипения воды и выше, и жизни на поверхности Земли может не остаться.

Когда это может произойти? Я уже говорил – предполагают, что это произойдет где-то через 800 миллионов лет. Я вообще-то не знаю, почему это нас так должно интересовать, я не уверен, что человечество дотянет до этого времени. Может быть, наши потомки все-таки окажутся настолько мудры, что сумеют...

А.Г. Ну не человечество, так другие формы жизни пусть живут.

Л.К. А какие другие формы?

А.Г. Да любые высокоорганизованные формы. Мы-то можем уничтожить сами себя в два счета, это мы уже доказали, по-моему, с достаточной очевидностью.

Л.К. Но живем же.

А.Г. Пока да. Но если Земля останется пригодной

для жизни, тогда есть надежда. Собственно, об этом и речь, насколько я понимаю.

Л.К. А кто может быть вместо нас?

А.Г. Ну, я же не могу за Господа Бога выступать или за эволюцию. Да кто угодно. Как только мы перестанем мешать Земле, может быть и возникнет какая-нибудь эволюционная цепочка, которая приведет к тому, что мы называем разумом.

Л.К. Я когда-то читал, что медведи очень перспективны.

А.Г. Может быть. Были созданы целые теории о том, что было бы с динозаврами, если бы они продолжали эволюционировать. Очень милый получался такой негуманоид, но разумный динозаврик о двух ногах. Пути ж неисповедимы.

Л.К. Очень любопытно.

А.Г. 800 миллионов – вы сказали?

Л.К. Примерно так, 800 миллионов. Если через это время действительно Земля приобретет такой вид, как показан здесь, то, казалось бы, дела совсем плохи. На следующей картинке график, который не должен пугать наших слушателей. Там показано, что происходит с Солнцем. Вот линия, которая понемножку идет слева вверх, там написано «сегодня». Точка «Сегодня» – в этом состоянии находится Солнце. Вы видите, излучение Солнца уже поднялось. Показано, как излучение повышается. По горизонтали показано время жиз-

ни Солнца. И потом, повышаясь с каждой сотней лет, с каждым миллионом лет, это излучение дойдет до того, что где-то через три миллиарда лет падающей на Землю энергии будет на 40% больше.

Здесь уже начнутся те самые неприятности, о которых можно было бы уже говорить, как о непреодолимом внешнем факторе, если бы тут же не был найден выход. Так ли уж это непреодолимо? Если смотреть на этот график, то что происходит дальше. За возрастом для Солнца 12 миллиардов лет, или от нас отсчитывая – 7 миллиардов лет, Солнце уже погибает. Солнце уходит с так называемой главной последовательности, и ничего хорошего там ждать не приходится, потому что оболочки Солнца настолько расширяются, что и Венера, и Меркурий, и, вероятно, Земля окажутся уже внутри Солнца. Солнце превращается в красный гигант. Это заключительная, конечная стадия существования звезды, после чего в течение примерно 700 миллионов лет эволюционный трек Солнца приводит к тому, что оно превращается, в конечном счете, в белый карлик. Но не об этом речь. Здесь уж сделать ничего нельзя. Остается только удирать из Солнечной системы.

Но оказывается, что сама по себе эта восходящая горизонтальная, спокойная ветвь не так уж ужасна. Было предложено красивое решение. На следующей картинке вы можете его увидеть. Идея появилась, собственно, тогда, когда появились первые космические

аппараты. Когда-то я говорил, что самое недостижимое тело в Солнечной системе – это Солнце. К далеким планетам можно полететь. А до Солнца долететь нельзя, потому что Земля движется по орбите со скоростью 30 километров в секунду, и ракеты не могут обеспечить такой импульс. Поэтому к Солнцу можно лететь только с помощью так называемых гравитационных маневров. Что такое гравитационный маневр?

Допустим, ваша ракета подлетает к какой-то планете. Угол и направление сближения выбираются так, что, повернувшись в гравитационном поле этой планеты, аппарат уже летит с другой скоростью, если рассматривать скорость относительно Солнца. Относительно самого аппарата ничего не прибавилось, ничего не убавилось. Но изменение направления скорости, как векторная сумма, чему учат в школе, приводит к тому, что вы можете, если хотите, замедлить скорость, а если хотите – ее прибавить. Когда-то у вас выступал Сурдин Владимир, так вот он опубликовал как-то статью, что можно таким способом так разогнать аппарат, что послать его даже к звездам. То есть, преодолеть скорость в 42 километра в секунду.

Дальше уже совершенно ясно. Так почему бы не использовать этот самый прием для того, чтобы сместить Землю с орбиты? Для этого предлагается следующий ход. Выбираем астероид помассивнее, допустим, какой-нибудь 150-километровый астероид с до-

вольню большой массой, устанавливаем на нем очень мощную ракетную установку, которая немножко смещает его, придавая ему такой импульс, который позволит ему сблизиться с очень массивной планетой. Лучше всего с Юпитером. Вот как показано на этой схеме. Далее. Повернувшись в поле Юпитера, аппарат уходит на такую трассу полета, что в конце концов он приближается к Земле и, обмениваясь импульсом, который он захватил у Юпитера, астероид обменивается импульсом с Землей так, что Земля чуть-чуть отодвигается от Солнца. А астероид летит дальше. Можно его опять направить к Юпитеру. Конечно, дело жутко рискованное. Потому что, не дай Бог, он врежется в Землю. Наверное, наши потомки придумают, как все это сделать. И оказывается, что если тело таких размеров, о котором я говорю – 150 километров – употреблять для этого раз в 6 тысяч лет, то этого обмена вполне достаточно для того, чтобы Земля каждый раз смещалась ровно настолько, насколько будет увеличиваться облучающая ее солнечная энергия.

А.Г. А разве сам процесс этого смещения безболезнен для Земли?

Л.К. Давайте попробуем!

А.Г. Я не возражаю.

Л.К. Во всяком случае, год, конечно, станет длиннее, да, наверное, и другие обстоятельства нужно будет принимать во внимание. Здесь много чего есть. Во

всяком случае, те катастрофы, о которых пишут ученые в своих работах, – сплошные наводнения, дожди или засухи, повышение уровня океана, полное исчезновение полярных шапок, – все это, если рассматривать идеальный какой-то эксперимент, который природа ставит над Землей, все это неизбежно. С другой стороны, уже сейчас мы видим, как этого можно избежать. Примерно так выглядит решение проблемы повышения излучения Солнца, влияния его на Землю. И та картинка, которую вы видели, «Последний замечательный день на Земле», не воплотится, и таких замечательных дней может быть еще очень и очень много. Весь вопрос в том, чтобы сохранить человечество на Земле, о чем вы и говорите.

А.Г. Предположим, мы сохранили человечество на Земле, но дальше получается опять интересная история. После того как Солнце станет красным гигантом, Земля должна быть удалена от него на такое расстояние, чтобы не попасть в атмосферу Солнца и, в то же время, чтобы быть обитаемой, получать от него достаточное количество энергии. Но дальше-то произойдет схлопывание, и Солнце превратится в белый карлик. И тогда Землю нужно будет двигать на орбиту современного Меркурия, если не ближе, для того чтобы получать от этой умершей звезды какое-то количество энергии, достаточной для существования. То есть, это решение все равно промежуточное?

Л.К. Более того, решение для красного гиганта вообще не предусмотрено. Красный гигант – это все, тут уже выхода нет никакого. Тут нужно покидать солнечную систему, если для этого у вас есть порох, и отправляться куда-то. Я говорил о постепенной, плавной стадии спокойного существования Солнца на так называемой главной последовательности.

А.Г. То есть, пока главная последовательность не исчерпала себя...

Л.К. Пока, попросту говоря, не сгорел весь водород в ядре. Потому что, что происходит дальше? Когда весь водород в ядре сгорел, оболочка начинает падать внутрь, приносится такое количество водорода, которое вызывает вспышки, и здесь уже ничего хорошего от этой звезды ждать не приходится. Классическое существование звезды на главной последовательности – вот то, о чем можно говорить.

А.Г. А не проще ли придумать нечто, напоминающее солнечный зонтик? Вывести на орбиту массы какого-то вещества, которые обладают хорошей отражательной способностью, и увеличивать присутствие этой массы на орбите на 10 % за 6 тысяч лет (или сколько там получается?) для того, чтобы получать от Солнца, которое увеличивает свой энергетический поток, столько же энергии, сколько мы получали до этого? Ну, цвет неба немножко изменится. Звезды будет наблюдать с Земли труднее. Но проблема будет решена?

Л.К. Предлагаете? Почему не опубликовать такое предложение?

А.Г. Я боюсь, что к тому времени, когда оно станет злободневным, человечество не будет иметь возможности его прочесть. Но это отдельная история – про судьбы человечества.

Да, увлекательно. Хорошо, предположим, мы обеспечили себе жизнь на 7 миллиардов лет вперед.

Л.К. Вот только что это за мир, в котором мы будем жить? Я как раз сейчас разговаривал с вашими коллегами и попытался как-то обобщить, насколько исчерпывающи наши представления о мире, в котором мы живем, правильно ли мы понимаем, что такое Вселенная? Заведомо, конечно, мы далеко не все знаем. Интересно, что 2000 лет назад Сенека писал, что природа не раскрывает свои тайны раз и навсегда. И то, что нам кажется совершенно очевидным сегодня, будет предметом исследования для исследователей будущего. Он был совершенно прав, и, собственно говоря, мы всю эту историю в науке наблюдаем.

То, что было известно, казалось ясным и понятным вчера, становится непонятным сегодня. Это непонятное – окружающий нас мир. Я почему-то все время возвращаюсь сегодня к началу XX века – потому что тогда науку сотрясали мощные, я бы сказал, революции. Где-то сто лет назад, если помните, подводился итог, в частности физики, и маститые ученые того времени

писали, что в физике уже все ясно. Как писали тогда, в конце позапрошлого теперь уже века или в начале прошлого, XX, – осталось несколько легких облачков на горизонте.

Но эти-то легкие облачка на горизонте создали потом и термоядерную бомбу, и электронику, и чего только они не создали. Сейчас, как раз на границе тысячелетий опять наблюдается такая же вещь, на этот раз в космологии. Для меня было полной неожиданностью, что те исследования, которые еще недавно казались совершенно абстрактными, это исследования так называемого реликтового излучения, привели к совершенно парадоксальному результату. Наверное, среди ваших гостей были люди, которые рассказывали о реликтовом излучении.

Я напомним, что когда Вселенная еще только образовалась, то после этого гигантского взрыва прошло достаточно много времени, 400 тысяч лет, когда Вселенная была непрозрачна для собственного излучения. Спустя 400 тысяч лет после взрыва она стала прозрачной, излучение стало проходить через нее, и оно гуляет по Вселенной до сих пор. Вот его-то и наблюдают, оно называется реликтовым. Это реликтового излучение – излучение с очень низкой температурой, 2.7 Кельвина.

Когда где-то в последней трети прошлого века его открыли, ученые с большим интересом отнеслись к нему, не догадываясь, что за этим стоит. Потом стало яс-

но что к чему, и стали искать в этом излучении неоднородности. Об этом тоже рассказывалось, по-моему, в одной из ваших передач. И эти неоднородности-то потом и привели к тому, что выяснилось, что мир, в котором мы живем, это совсем не то, что мы думали.

Сейчас, когда этих исследований проведено очень много, когда эти неоднородности известны с точностью до миллионных долей градуса, то есть когда измеряются 10 микрокельвинов, то эти неоднородности оказались ключом к тому, что происходило во Вселенной в первые доли секунды существования Вселенной. Это настолько первые доли, что даже страшно сказать, это число определяется 32-мя нолями после запятой – секунд после возникновения Вселенной. В это время возникли неоднородности. Они потом и дали все то, что мы видим сейчас. Эти неоднородности привели к возникновению галактик, звезд, в конечном счете, планет.

По результатам этих исследований специалисты пришли вот к какому выводу. То, что мы видим сейчас – галактики, планеты, туманности, вся межзвездная среда – составляют всего шесть десятых процента от всего вещества и энергии в космосе. Что же представляет собой все остальное? Вначале в это даже было трудно поверить. Оказалось, что 70% составляет так называемая «темная энергия». Темная энергия, в частности, виновата в том, что Вселенная, по-видимому, расширяется. 20% составляет так называемая «темная мате-

рия», опять-таки загадочное вещество. Стали искать, что это может быть такое?

К этим 0.6 процента удалось прибавить сначала один процент. Оказалось, что существуют, в частности, межгалактические облака водорода с очень высокой температурой. Они настолько горячи, что трудно зарегистрировать их излучение – слишком разряженная среда, и их рентгеновское излучение очень слабое. Но, тем не менее, удалось его зарегистрировать. Затем обнаружили то, что называется «барионами», это, в конечном счете, атомы, это нейтроны и протоны. В общем, наскребли их примерно на 4%. 26% представляет собой так называемая «темная материя». И 70 %, как я говорил, составляет темная энергия. Что это может быть?

Нужно сказать, что исследования, которые стали наиболее сенсационными результатами нынешних дней, эти исследования привели к тому, что ревизия представлений физики стала проникать во все ее поры. Если правильны те предсказания, которые сейчас опубликованы в литературе, то, скорее всего, эти 26% представляют собой какие-то еще неизвестные элементарные или субатомные частицы. Где они существуют? До сих пор совершенно неясно, где их искать и как их искать. Нет буквально никаких данных для того, чтобы приблизиться к решению вопроса о том, что такое темная энергия.

Вместе с тем, появляются совершенно неожиданные идеи, которые порой поражают своей парадоксальностью. Я хочу в заключение сказать о том, что наблюдалось в конце позапрошлого века, и о том, что наблюдалось, между прочим, и около 25 лет назад.

Помните имя Кирхгофа? Законы о разветвлении тока учат в школе, законы Кирхгофа. К Кирхгофу кто-то подошел когда-то и сказал: «Знаете, открыт новый физический закон». «Ха-ха, – сказал Кирхгофа, – неужели осталось еще что открывать?» Это было в последней трети позапрошлого века. Буквально слово в слово это повторилось и в прошлом веке. Я уж не буду называть имя одного из своих учителей, он был очень прогрессивным человеком. Он выступил однажды у нас в институте с докладом, что все в физике открыто. Уже после того как он выступил с докладом, что все в физике открыто, были открыты эти новые явления, которые, насколько я понимаю, полностью изменят наше представление о мире.

Я иногда думаю, куда все это ведет? Безусловно, это ведет к совершенству нашего овладения природой, овладения какими-то еще неизвестными приемами исследований. Может быть, к новым средствам связи, я не перестаю думать о том, что радио – это очень архаичная штука. Радио – это прекрасное средство связи для Земли. Здесь все прекрасно. Но уже когда мы посылали космические аппараты к другим планетам, ухо-

дило Бог знает сколько времени на работу с ними. Когда аппарат «Вояджер» был у Нептуна, 8 часов уходило на связь, 8 часов распространяется сигнал. И когда мы говорим о связи с аппаратами, которые отправятся к звездам, это же в лучшем случае 5 туда, 5 лет обратно. Неужели в природе нет ничего, что позволило бы найти средство по скорости лучшее, чем радио?

А.Г. Но тогда оно должно быть быстрее скорости света...

Л.К. Бог его знает, к чему относится сама скорость света. Скорость света относится к пространству.

А.Г. И связана с массой.

Л.К. Связана с массой. Но здесь я пока останавлиюсь.

А.Г. У меня в связи с этими открытиями есть еще один вопрос к вам. Некое шапкозакидательство есть и сейчас. Даже когда 70% темной энергии и 26% темной материи не дают никаких ответов, все-таки приходится слышать время от времени, что это те самые легкие облачка. Картина абсолютно повторяется. Говорят, что нам бы еще чуть-чуть, и мы будем там. Я редко задаю этот вопрос, но меня всегда возмущала такая постановка вопроса. Во-первых, кто обещал? Кто, когда обещал, что нам все будет ясно в устройстве мира, что не существует вещей, просто не постижимых с помощью того аппарата, который у нас есть? А у нас ведь есть только сознание, для того чтобы постигнуть мир, который мы этим же сознанием так или иначе контро-

лируем. Кто обещал, что формула «мир сложнее, чем наше представление о нем» перестанет существовать в этом своем виде?

Л.К. Он всегда будет сложнее.

А.Г. Тогда возникает вопрос. «Естественное», беру в кавычки, человеческое любопытство уже к очень многому привело за достаточно короткий период развития науки, если сравнивать даже с возрастом жизни человека. Homo sapiens существует, как нам известно, сотню тысяч лет, а наукой человек занимается две тысячи лет из этой сотни. И вот уже до чего додумался. Но представим себе, что человечество (вернемся к тому, о чем вы говорили) будет жить еще 800 миллионов лет, и даже несколько миллиардов лет. Учитывая путь, который мы прошли за две тысячи лет, есть соблазн экстраполировать вперед этот темп развития, темп понимания, темп движения вперед. Но если мы убеждены в том, что мир сложнее, чем наше представление о нем — а наше представление усложняется в геометрической прогрессии — насколько же сложен мир на самом деле? Вот в чем вопрос.

Л.К. Вы знаете, я, может быть, некстати, но приведу пример, который когда-то почерпнул от своего кота. Я вам не рассказывал?

А.Г. Еще один кот в науке.

Л.К. У меня был потрясающий кот, это был самый гениальный кот из всех, которых я видел. Это был кот-

исследователь. И я даже потом написал статью по поводу идеи, на которую меня навел мой кот. Это был удивительный кот. Его интересовало все.

У меня испортился телевизор. Я обнаружил, что там не работает какая-то микросхема, разобрал телевизор на столе. Кот, как всегда, устроился рядом. У него была такая манера, он ложился рядом и лапочкой накрывал глаза, чтобы свет не мешал. Рядом лежала микросхема. Он, глядя на меня, хитро ее лапой подтаскивал к себе. Микросхема, знаете, это такой паучок с острыми лапками. Он ее попытался укусить. Потом он ее понюхал. Потом он ее потрогал лапой. Потом он осторожно пододвинул ее к краю стола, и сбросил оттуда. Микросхема подпрыгнула на своих ножках, а кот прыгнул за ней. Он ее тронул лапой, и он потерял к ней интерес. Он про нее знал все: она пахнет химией, она жесткая – если ее укусить, она колючая – если ее тронуть лапой, и она подпрыгнет – если ее сбросить со стола. Таким образом, кот был полностью образован. Это к вашему вопросу о мире.

А.Г. Очень похоже на наше представление о мире, на то, что мы о нем знаем.

И тем не менее, мне кажется, что перспективы все-таки есть. Ведь не зря те же самые две тысячи лет, что развивается наука, человечество если не совершенствовало, то как-то по-другому пыталось представить свои отношения в религиозной сфере, в области духа,

в искусстве. Вот в искусстве уж заведомо никакого прогресса нет, постигается все время одно и то же разными поколениями, но прогресса-то нет.

Л.К. Но все-таки разными способами.

А.Г. Но прогресса нет. Вы же не можете сказать, что художники Возрождения писали хуже, чем современные художники, или что у них была хуже техника, чем у современных художников. Так сказать нельзя. Поэтому мне кажется, что пришло время великого объединения не в физике, а пришло время великого объединения во всех областях, где человечество две тысячи лет пыталось, как ваш кот, поиграть с этой микросхемой. И попытки такие, как я понимаю, хотя и робкие пока, принимаются.

У нас была не так давно запись, где физик, человек, который занимается квантовой механикой, сказал, что, видимо, и там достигнут некий барьер, который можно преодолеть только в том случае, если мы будем учитывать психологию наблюдателя – раз уж наблюдатель включен в квантовую систему, как необходимый ее элемент. И если мы поймем, что такое сознание, которое проводит эксперименты, отбирает его результаты, может быть, тогда, на этом стыке, мы пойдем немножко другим путем.

Л.К. С другой стороны, есть и реальные доказательства, вполне объективные свидетельства тому, о чем вы сказали перед этим. О том, что мы упираемся в не-

возможность определенных экспериментов. Я не специалист в этой области, но мне как-то попалась книжка Девиса «Суперсила». Там автор очень подробно и убедительно доказывает, что пробиться в том же квантовом мире выше определенных энергий невозможно. Потому что нужно для этого, скажем, ускорить с энергией Солнца.

А.Г. А потом там и Галактики, а потом и с энергией Вселенной.

Л.К. То есть, какие-то естественные ограничения есть. Однако интеллект человека – вещь очень сложная. И очень часто бывает, что то, что реализовать невозможно в лоб, можно обойти и найти ответ с другой стороны. Вся история науки об этом говорит.

А.Г. В конечном счете, я хотел вот к какому выводу прийти, может быть, несколько преждевременному. История науки, история искусства, история цивилизации приводят к убеждению, что все, что делалось ранее, было сделано только для одного – чтобы усовершенствовать тот самый познавательный аппарат, который мы получили даром от природы, или Бога, или не знаю каких еще сил. И то, что раньше не помещалось в нашем сознании (потому что морфологически мы же никак не изменились за эти сто тысяч лет), теперь находит там место. Вроде как редукция волновой функции. А может быть, в этом конечная цель – сделать эту область по крайней мере равной по объему изучаемо-

му миру и тогда, наконец, познать его?

Л.К. Но, с другой стороны, нельзя не учитывать, что как только появилась речь, вся дальнейшая эволюция интеллектуальных возможностей человека уже была предопределена...

Астероидная опасность

22.09.03

(хр. 00:45:27)

Участники:

Ефимов Георгий Борисович – кандидат физико-математических наук

Латышев Леонид Алексеевич – доктор технических наук

Александр Гордон: Каждые полгода, наверное, в прессе появляются пугающие даты – 2014, 2017 год, потом еще какие-то года. Сколько нам жить осталось?

Георгий Ефимов: Этого никто не знает. Но так всегда было – время от времени кто-то пугает, что какого-то числа будет конец света. А на самом деле конец света ожидали уже ученики Христа. Они совершенно всерьез его ожидали. Но это вещь, которая не должна быть фиксированной. И, наверное, как и в случае астероидной опасности, это и от нас немножко зависит.

А.Г. Так же, как индивидуальная смерть.

Леонид Латышев: Я бы хотел к этому маленькое

добавление сделать. Когда мы стали больше знать про астероиды, мы их стали больше бояться.

Г.Е. И мы стали их видеть. На самом деле, из 6 или 7 близких пролетов больших астероидов (на расстоянии ближе, чем Луна, на расстоянии 100-150 тысяч километров), только один был зафиксирован в 1937 году, а остальные после 1989-го года. Почему? Потому что мы стали их ждать, стали ими интересоваться. И потом у нас совершенно другие возможности появились. В том числе, их стало возможно видеть радаром. А до войны радара не было, понимаете.

Л.Л. То есть опасность была всегда.

А.Г. Опасность была всегда, но мы мало о ней знали?

Г.Е. Конечно, и всерьез эта опасность стала обсуждаться где-то 15-20 лет тому назад. Но я хочу начать с немножко более раннего периода.

Первый астероид был открыт под Новый 1801-й год. Была открыта малая планета, она получила название Церера в честь римской богини. И с тех пор их регулярно открывали и открывают. Большая их часть расположена между Марсом и Юпитером. И все они получали в течение долгого времени только женские имена, в честь богинь греческих, римских, потом египетских, древнегерманских.

А.Г. Жены, дочери, любовницы...

Г.Е. Потом их стали называть именами уважаемого

человека или своего города, страны, особенно когда их открывали ученые из малых стран. Сейчас не так строго с именами, но до сих пор этот обычай соблюдается. Например, недавно астероиду присвоили имя в честь академика, создателя Сибирского отделения Академии наук М.А. Лаврентьева и его сына, тоже академика. Он называется Лаврентиана.

Когда я лет 25 тому назад начал заниматься астероидами, нумерованных их было 2000. Сейчас «нумерованных», то есть тех, у кого хорошо известна орбита – уже около 8000. А поскольку их всего около 20 000, значит есть еще 12 тысяч, орбиты которых не очень хорошо известны. Большой список русских ученых получил «персональные» малые планеты. Сейчас вышла книжка, и скоро она выйдет вторым изданием, которая называется «Академия наук между Марсом и Юпитером». Там перечислены астероиды, названные в честь многих наших крупных ученых. Среди открывателей астероидов были и есть наши ученые, ленинградские. Был такой Институт теоретической астрономии, наблюдатели из него работали, в основном, в Крымской обсерватории, они там и сейчас работают. Наши были одними из ведущих специалистов в этом направлении, в изучении астероидов. Но в этой книге перечислены астероиды Главного астероидного пояса, который вдали от нас.

А.Г. Причем с достаточно фиксированной орбитой.

Г.Е. Да, это целый пояс между Марсом и Юпитером. Там много всяких астероидов. Там есть «троянки», которые на орбите Юпитера, есть большие и маленькие. Самые большие – Церера и Веста – имеют 1000 и 800 км в диаметре. Это настоящие планеты, только маленькие в сравнении даже с Луной. Я думаю, что я еще скажу об этом. А есть маленькие, небольшие, диаметром в десятки километров. Сейчас открывают, конечно, уже небольшие, размером в несколько километров, они неправильной формы, это, скорее всего, осколки столкнувшихся и расколовшихся планет.

А вот уже в XX-м веке начали открывать астероиды другого сорта. На картинке мы видим (это монтаж), как астероид летит над Европой. Это нынешнее лето. Вы видите, жара, нет облаков над Европой.

А.Г. Это какое расстояние было?

Л.Л. Я могу сказать, чтобы так было бы видно, если бы вы были от астероида на расстоянии около 50 или 70 км, а дальше, на 500 км была бы Земля.

Г.Е. Так вот, в XX-м веке стали открывать «нестандартные» астероиды, которые оказались гораздо ближе к Земле. Их стали называть мужскими именами. Их три группы. Они называются по именам первых из открытых: группа Аполлона, которые расположены между Юпитером и Землей; группа Амура – тоже внутри орбиты Юпитера, но не доходят до орбиты Земли, то есть для нашей сегодняшней темы они не интересны.

И группа Атона – это египетский бог Солнца, – они подходят к Земле изнутри, от Солнца. Все они гораздо меньших размеров. Их трудно наблюдать, потому что этому мешает Солнце. Они, как утренняя или вечерняя звезда, появляются вблизи Солнца, на освещенном небе.

А.Г. Выскакивают из-за Солнца.

Г.Е. Да, в неудобное для наблюдения время. И поэтому их начали наблюдать гораздо позже. Так появились астероиды, близкие к Земле. Их сравнительно немного.

С другой стороны, эта небесная опасность известна очень давно. Издавна были наблюдения метеоритов – камни с неба падали. Эти падающие звезды наблюдаются регулярно, есть определенные периоды, когда выпадают целые дожди падающих звезд.

А.Г. Я этим августом наблюдал.

Г.Е. Да, да. Известный метеорный поток Леониды, есть и другие. Такие метеоритные дожди связаны, видимо, с тем, что когда-то раскололся астероид и летит каменный поток, а Земля его пересекает.

И другая группа малых тел, тоже давно известная, это кометы. Кометы хорошо видны, благодаря своим «хвостам», которые иногда видны и невооруженным глазом, и издавна привлекали внимание людей как нечто необычное. Они отличаются от астероидов и метеоритов, вообще говоря, тем, что астероиды камен-

но-железистые, твердые, а у комет, когда они достаточно близко подходят к Солнцу, появляется хвост. То есть кометы состоят из менее крепкого вещества, летучего, из которого при подходе к Солнцу образуется хвост газа и пылинок. И поэтому они очень ярко видны на небе и издревле известны.

Но и астероиды, метеориты, тоже отмечены в истории. В нашей истории, в русской, например. В XII веке был юродивый Прокопий Устюжский. В его житии говорится, что по его молитве каменный дождь, который должен был упасть на город Устюг, упал в поле в нескольких километрах от города.

Есть другой астероид, железный, знаменитый Каба, который в Мекке, к которому ездят...

Л.Л. Поклоняться.

Г.Е. Да, поклоняться, это святыня мусульман, но он был задолго до Магомета. Бывает и сейчас, что с неба упадет камушек, пробьет какую-нибудь крышу сарая, и иногда бывают даже человеческие жертвы. Среди исторических сведений, из тех, что мне попались, что собрали историки, есть один случай, когда в Китае, в IX веке, кажется, убило несколько тысяч человек. Был такой случай, когда все оказалось очень серьезно.

Если можно, покажите следующий слайд: астероиды между Марсом и Юпитером. Это Главный астероидный пояс, видите, как их много. Дальше, если можно. Вот так они выглядят. Это камни, небольшие пла-

неты, тела в несколько километров размером. Это то, что удалось разглядеть при пролете американских космических аппаратов, достаточно близком, потому что с Земли так хорошо их разглядеть нельзя. Бывает, что астероид состоит из двух кусочков. Или у него есть маленький спутник, много меньше его самого.

Следующая картинка, если можно. Вот орбиты околоземных астероидов. Они здесь сгруппированы, повернуты так, чтобы большая ось их орбит совпала. Можно видеть, что они пересекают земную орбиту, влево от центра. Земная орбита там, где на оси единичка, это одна астрономическая единица. Видно, как круг земной орбиты пересекает ось, справа от центра. По размерам далекой части орбит (справа) видно, что все они (кроме одного) оказываются внутри орбиты Юпитера, до 5–6 астрономических единиц. Там, где ближняя к Солнцу часть орбит, видны «люки», которые соответствуют орбитам Земли, Венеры и Меркурия. Те тела, что оказались совсем близко от планет земной группы, получили сильное возмущение, и планеты их вымели, выбросили, изменили их орбиты. С правой, далекой стороны тоже видны эти люки, но они уже немножко другие.

Л.Л. Я хотел к этому добавить, что расстояние от Солнца до этих люков укладывается в некую закономерность. Формула Баада или числа Фибаначи – 1,2,3,5,8 и т.д. То есть природа не так просто это сде-

лала. Она, видимо, думала, когда создавала.

Г.Е. Недаром в те времена, когда Коперник и Кеплер выводили законы движения планет (а из них потом вывели законы тяготения), они говорили о «музыке сфер», о том, что тут существует гармония. И ряд из этих гармоний в творении мира, в его устройстве до сих пор привлекает, очаровывает. Не все объяснено или может еще раз объясняться, по иному, еще и еще.

Так вот, кроме небольших происшествий, которые происходят до сего времени, когда какой-нибудь метеорит пробьет сарай, в XX-м веке было и несколько серьезных происшествий. 95 лет назад, в 1908 году, над Сибирью, слава Богу, в глухом районе, пронеслось нечто – громадное, раскаленное, огненное с грохотом, – и где-то там взорвалось. С тех пор в эту глушь ездят экспедиции, изучают, спорят, выдвигают разные гипотезы, вплоть до инопланетян, и т.д. Но сейчас, в большинстве своем, ученые пришли к выводу, что это был взрыв, который произошел над землей, потому что серьезных твердых остатков там так и не нашли. Сейчас нашли крошечные осколки (в результате специальных размышлений), которые попали в треснувшую кору лиственниц, потом заплыли смолой, и сохранились 95 лет. Их достали и проанализировали, это микронные шарики. Спектры у них оказались, как у ядра кометы Галлея. Считают, что Тунгусское явление – это была снежно-ледяная глыба, достаточно рыхлая, ко-

торая вошла с большой скоростью в атмосферу и взорвалась, что, возможно, по своему происхождению это кусок кометы. Но, с другой стороны, хоть до земли ничего не долетело, взрывом вывалило лес в диаметре 250 км, это почти Московская область.

А.Г. То есть случись это часами позже, ведь это, по моему, широта Санкт-Петербурга, и города бы просто не стало...

Г.Е. Да, конечно. Следующее большое событие было в 1930-м году, тоже в пустынном месте, в тропических лесах Амазонки. В 1947-м году менее крупный астероид, но уже не каменный, а железный, выпал в горах Сихотэ-Алиня на Дальнем Востоке, в Уссурийской тайге. Вес астероида, как прикидывают, был 60 тонн, он раскололся, основное тело весило 27 тонн, это примерно полтора метра в диаметре, вот такой увесистый камушек, точнее, железка. Ну и плюс еще много мелких.

И еще событие, которое гораздо менее известно, но, может быть, является наиболее серьезным. В 1972-м году над Соединенными Штатами и Канадой чиркнул астероид, отразился, видимо от плотной части атмосферы...

А.Г. Срикошетило.

Г.Е. Да, срикошетил на высоте всего 58 км и ушел.

А.Г. И какого размера он был?

Г.Е. Не знаю, но солидного размера.

Л.Л. Может быть километр, может быть два.

Г.Е. Нет, я думаю, не километр, а скорее, что-то типа тунгусского. Тунгусский метеорит оценивается всего-навсего в 50-70 метров.

А.Г. Там была комета.

Г.Е. Ну, комета, ледяной кусок. И вот этот, американский, чиркнул, а если бы он...

А.Г. Под другим углом вошел в атмосферу...

Г.Е. Да, под другим углом, и там, где уже не пустынно. То... Более того, это могло быть воспринято как начало ядерной войны.

На этом слайде как раз показан астероид Таутатис, который недавно пересекал земную орбиту. Видно, как он пересекает орбиту, а эти серые поля – Млечный путь. Видно, как астероид заходит внутрь земной орбиты. И когда эта картинка приходит в движение, все планеты бегут по своим орбитам, видно, что он опаздывает навстречу к Земле, а потом ее обгоняет. По крайней мере, в этот раз он с нами не встретился. Поскольку его орбита хорошо известна, а теперь еще дополнительно наблюдалась и уточнялась, то достаточно на большой период времени можно просчитать, что он нам не опасен.

А.Г. Какой у него период обращения вокруг Солнца?

Л.Л. Десятки лет.

Г.Е. Да, видите, он пересекает орбиту Юпитера. Это как раз тот случай, что, возможно, в один из следующих

его оборотов по орбите он встретится (раньше, чем с нами) с Юпитером, и Юпитер его куда-нибудь бросит, либо уменьшит его орбиту, либо, вообще, может выкинуть из Солнечной системы. Он как раз заходит за Юпитер.

Надо сказать, что когда устраивали противоядерную, противоракетную радарную защиту, то, чтобы не было помех, отбрасывали те явления, которые имеют скорость выше определенного уровня. И системы ПРО наблюдали такие помехи, но долго не обращали на них внимания, а это могли быть небольшие «микрочометы».

На следующей картинке вывал леса от Тунгусского метеорита. Рядом кратер в Аризоне в каменной пустыне от астероида, который упал несколько миллионов лет назад. Он был не очень большой, что-то около 40 метров, даже меньше. Но образовался кратер в полтора километра величиной, несколько десятков метров глубиной, а под ним на большую глубину и на большую ширину все перемолото, кроме того, миллионы тонн пыли и камней взлетели в воздух. Камни упали обратно, а пыль вылетела в атмосферу и могла распространиться очень далеко. А эта пористая глыба – метеорит, такой плотный, что при пролете атмосферы он обгорел, но не сгорел и не распался, а долетел до поверхности, и был потом найден.

Когда на помехи, засекаемые ПРО, обратили вни-

мание и стали анализировать эти «шумы», то выяснилось, что это могли быть как раз подобные, но не такие уж большие тела. И даже была некая паника, когда засекали такой взрыв над морем около Южной Африки, у американцев тогда возникло подозрение, что это Израиль испытывает атомную бомбу в союзе с Южноафриканской республикой.

А сейчас, когда вопрос об астероидной опасности встал всерьез, американцы со спутников проводят фиксацию таких микрокомет, которые до Земли не доходят, взрываются в атмосфере. Их наблюдают, фиксируют, чтобы какую-то статистику набрать. И выясняется, что это, в общем, совсем не так редко происходит.

Серьезность проблемы астероидной опасности осознали, в общем, совсем недавно. Где-то 15–20 лет назад в Америке вышла книжка, где были собраны воедино разнообразные данные, и эта проблема была поставлена. А тут как раз подоспел конец холодной войны, и для нас это было очень заметно, потому что наши исследователи сумели активно включиться в эту международную тему и в эти программы, причем не на уровне отдельных лиц, а широко. Многие наши институты включились в нее, мы даже какие-то деньги получали. Тогдашний директор Ленинградского Института теоретической астрономии сумел в самые трудные – 1992–95 – годы ежегодно собирать конференцию по астероидной опасности. Там встречались люди

всех специальностей – астрономы и геологи, специалисты по взрывам, даже медики. Итальянские биологи ездили мерить радиацию и генетические последствия падения Тунгусского метеорита туда, в Сибирь, вместе с нашими. В общем, очень активно пошло дело. Обратили внимание и на Луну, на кратеры Луны. Там же в течение миллионов лет ничего не меняется, ничего не заплывает, не зарастает, как на Земле. Конечно, часть из ее кратеров – вулканического происхождения. Но если мы посмотрим на картинке на астероид, видно, что подобные же кратеры есть и на астероиде.

А.Г. Где никакой вулканической деятельности нет.

Г.Е. Да, значит, это совершенно четко – деятельность метеоритов. И когда мы запускали первые спутники, а потом и обитаемые аппараты, то вопрос микрометеоритов встал очень остро. Нужно было обеспечить безопасность полета, чтобы пробой не нарушил герметичность спутника. К этому времени у нас были уже серьезные исследования по самым высоко скоростным ударам, и все это стало собираться в одну картину.

Одновременно стали смотреть, что же у нас на Земле происходит, вернее, происходило. Нашли такие же кратеры, стали их соединять с тем, что известно об истории Земли. Выяснилось, что в прошлые периоды были «провалы» в количестве живой массы на Земле, когда это количество вдруг резко менялось. Обнаружи-

ли оледенение в тех местах и в те периоды, когда их по законным причинам вроде не должно было быть. Стали связывать эти явления с метеоритными ударами. К этому времени уже была известна, исследована модель так называемой «ядерной зимы», последствий ядерной войны. Когда большое количество пыли поднимается в высокие слои и растекается по всей земной атмосфере, экранирует солнечную энергию. И солнечная радиация на поверхности может резко упасть, понижается среднегодовая температура, наступает всеобщая зима. Конечно, эта связь между падениями метеоритов и геологическими явлениями в древние периоды не достоверна на сто процентов. Это гипотезы, но полученные данные впечатляют.

И одним из самых впечатляющих событий, которое связывают с астероидами, было происшедшее 65 миллионов лет назад внезапное вымирание динозавров. Астероид, который мог бы быть причиной их гибели, нашли, размером он, если мне не изменяет память, в полкилометра, выпал в Центральной Америке. Причем его было очень трудно найти, там все зарастает мгновенно, там даже пирамиды инков найти невозможно.

А.Г. Там почвообразование то ли 5 сантиметров в год, то ли 15.

Г.Е. Да, но из космоса, со спутников хорошо видны как раз подобные большие структуры, вроде гигантского кратера, хоть он и зарос. Тут уж леса не мешают.

Таким образом, набирается большой и разнородный материал, определенная статистика, все это осмысливается. И всерьез ставится вопрос о том, что перед человечеством стоит новая опасность. Холодная война кончилась, как раз можно было направить общие усилия в иную сторону – не друг против друга, а для совместной работы. В Ленинграде, например, собираются конференции, собираются и международные конференции. На конференции в Ленинград приезжают уже в немалом количестве иностранцы. Некоторые известные американские публикации – именно в трудах Ленинградских конференций.

Л.Л. Интересно, что одним из первых, кто предложил бороться с астероидами, был отец водородной бомбы Эдвард Теллер.

Г.Е. Очень показательно – в 1992-м году в закрытом ядерном городке на Урале, Снежинске, организуется международная конференция по путям противодействия опасным астероидам. Как раз в эти дни там идет третья такая конференция, она бывает раз в три года. И Теллер, очень престарелый, приехал туда и энергично там выступал. Ядерщики, ракетчики обсуждали, что может сделать человечество, как с этим злом можно бороться.

Американские военные сразу поставили вопрос об этой опасности. Они оказались в этот момент как бы не у дел, возник «кризис жанра», и надо было думать,

чем и как заняться. И главное, как мозги и коллективы направить в мирных целях, – очень правильная задача, в общем-то. Они рассчитывали на большую программу. И одновременно астрономы тоже запланировали масштабную программу наблюдений с помощью земных телескопов. Им денег дали – очень немножко, но дали. Начали они раньше, а в 1998-м году конгресс уже целенаправленно дал им деньги.

Началось наблюдение опасных тел с Земли. Имеется американская программа, даже не одна, – англичане в Австралии на большом телескопе наблюдают, а также французы и немцы. Наши, так сказать, признанные специалисты по малым телам оказались в хвосте, потому что у нас не было современной аппаратуры для таких маленьких тел. Но Американское астрономическое общество недавно подарило Крымской обсерватории нужную аппаратуру (электронную ПЗС-матрицу), которая позволяет автоматизировать наблюдения и позволяет обеспечить высокую чувствительность, суммировать слабый сигнал. Так что сейчас наши ученые тоже работают в этом направлении, наблюдают астероиды не только в Главном астероидном поясе, но и близкие к Земле.

Сейчас наблюдают и открывают примерно 5 штук близких к Земле астероидов в месяц. Около 500 уже нашли. Они, в большинстве своем, примерно километрового размера. Но все равно всегда есть те, кото-

рых мы не заметим. Особенно те, которые приходят из большого далека. Через 10 лет ожидается, что эта программа выявления околоземных астероидов будет выполнена.

А.Г. Поправьте меня, если я ошибаюсь. Зная возраст поверхности Луны и посчитав количество кратеров, которые там есть, можно предположить вероятность, с какой это может произойти и на Земле. Какова эта вероятность?

Г.Е. Для таких 50-метровых, как Тунгусский метеорит – мы имеем за XX-й век такую вероятность: раз в 30 лет.

Л.Л. 30–40 лет, примерно.

Г.Е. Вероятность попадания километрового астероида, который уничтожит почти все живое, так что нас уж точно не останется, – раз в десятки миллионов лет. Когда динозавры вымерли, то уцелели только мелкие животные, не больше кошки. Наши предки млекопитающие были тогда такими и еще меньше.

У нас в этом случае шанса не остается. Но такое бывает раз во много миллионов лет. А 100-метровый может выпасть раз, скажем, в миллион лет, полмиллиона лет. Но с другой стороны, даже и 50-метровый астероид, как Тунгусский, если попадет в город, то наделает бед. Раньше, даже еще сто лет назад, пустых мест было много, теперь их становится все меньше, а те, которые населены, все уязвимее – в них все серьез-

нее «начинка». Атомные станции, химические заводы — техники много стало на Земле.

И потом мы знаем больше, так что ситуация меняется. Здесь на картинке показана Вега, первый аппарат, который полетел к комете Галлея, это наш российский, советский аппарат. Два таких аппарата первыми полетели к комете, и они наводили, как лоцманы, европейский аппарат, который, благодаря их наводке, сумел пройти очень близко. Потому что орбита, вычисленная с Земли, не давала такой точности. А уже когда они подлетели, уточнили орбиту, тот сумел пройти гораздо ближе.

Сейчас есть целый ряд астероидных программ — американские, европейские, японские. Планируются и российские. Мы с Леонидом Алексеевичем работали над программой доставки грунта с астероида, рассчитывали полеты, забор грунта и доставку его на Землю. Проект разрабатывался вместе с немцами, в 1995-м году вышел наш инициативный отчет. Он был представлен Европейскому космическому агентству, вызвал интерес, но не прошел. И потому что он дорогой, и потому что он включал космический ядерный реактор (российский, других в мире нет), что непопулярно, и европейских компонент в нем слишком мало было. Но, как нам кажется, он сделал свое дело в смысле привлечения внимания к малым телам.

А в нашу федеральную космическую программу во-

шла программа полета к Фобосу, спутнику Марса, чтобы забрать с него образец вещества. Фобос ближе, чем астероидный пояс, до него легче долететь. Он также может содержать «реликтовое вещество», неизмененное со времен образования Солнечной системы. Эти данные очень важны и теоретически – для понимания процессов ее формирования, и практически – так как могут помочь понять структуру земных недр.

Вот, видите, астероид и рядом японский аппарат, который полетит к близкому астероиду, должен будет с него взять пыль и доставить на Землю. А есть еще американский проект. Американский аппарат долетел до Эроса, астероида, близкого к Земле. Есть европейские аппараты, проекты. Сейчас планируется американская программа, аппарат полетит с электроракетным двигателем малой тяги, ионным. Он будет лететь 6 лет к астероидам Весте и Церере. Эти программы говорят о внимании к изучению малых тел, к кометам тоже.

Вот европейский аппарат, с плазменным двигателем малой тяги, прототипом которого является российский двигатель, но здесь он во французском исполнении. На этом аппарате отработывается этот двигатель и солнечные батареи. А этот будет спутником Луны, технологическим спутником, цель которого отработка будущей техники. И эта техника будущего опирается на российский задел.

Л.Л. В какой-то мере мы можем испытывать гор-

досье. Эти двигатели были разработаны в России, это так называемые СПД, они тоже, как и ионные двигатели, выбрасывают плазму. Потом французы купили патент и как уже свой двигатель поставили на аппарат. Хотя впервые сделаны они были у нас, поставлены на аппараты и летали. Но приходится продавать...

Г.Е. Не очень приятно. А с другой стороны, приятно, что наши работы, наши идеи идут в жизнь.

Теперь о противодействии, о борьбе с опасными астероидами. Противодействие каким может быть? Это может быть удар или ядерный взрыв, чтобы чуть-чуть изменить орбиту астероида, направить его мимо Земли. Или чтобы расколоть его на много маленьких, но это должно быть очень аккуратно сделано. Представьте себе, мчится громадный междугородний фургон, и ударом футбольного мяча нужно на одну миллионную изменить его скорость, чтобы через сутки, пройдя три тысячи километров, он опоздал бы на железнодорожный переезд, и разминулся там с пассажирским поездом. Дело это не легкое и не простое. Сначала на астероид нужно послать зонд, который бы выяснил, как он устроен, куда надо бить, не расколется ли он. Потом посылается уже что-то, чтобы изменить его орбиту, и с тем, чтобы через годы, на следующем витке движения по орбите он уже промахнулся бы мимо Земли.

А.Г. Тут возникает вопрос, сколько нужно времени с

момента обнаружения опасности до исполнения всех операций?

Г.Е. Получается около 10-ти лет.

Л.Л. Годы.

Г.Е. Если тот астероид, о котором недавно объявили, прилетит к нам, как обещают, в 2014-м году, то работы надо начинать уже сейчас. Правда, немножко есть время на раскачку, может быть, американцы даже немножечко блефуют, чтобы действительно протолкнуть это дело.

Л.Л. Идет это очень медленно. Мы с Георгием Борисовичем одними из первых начали этим заниматься 12 или 15 лет назад, и до сих пор аппарат еще не полетел.

Г.Е. Ну, у нас особая ситуация сейчас. Но и американцы не спешат.

А.Г. Это при всей скорости американцев. А какая вероятность обнаружить угрожающий Земле астероид, который не относится к поясам, которые вы описали, который выскочил по длинной орбите?

Г.Е. В случае длинной орбиты рецептов вообще нет. Его можно будет заметить только незадолго до подлета. Разве что только как-то особенно повезет.

Л.Л. У нас есть картинка, изображающая «Астероидный патруль».

Г.Е. Это идея академика Т.М. Энеева, одного из ветеранов нашей космонавтики. Он предлагает кроме системы наблюдения опасных тел с Земли создать уже

космическую систему наблюдения. Шесть аппаратов помещены на орбиту Земли, и они, наблюдая навстречу друг другу, создают шестиугольный «барьер», с помощью которого контролируют всю окрестность орбиты Земли.

А.Г. Все они движутся по орбите Земли?

Г.Е. Да, они все движутся по орбите Земли, на каждом телескоп, и они наблюдают, создают «оптический барьер» на определенную высоту, вокруг орбиты Земли, так что все, что его пересекает, должно быть зафиксировано. Если там стоят достаточно мощные телескопы, которые различают 22–23 звездную величину, то уже большая часть 100–200 метровых астероидов будет замечена. Причем основная часть их не уходит дальше орбиты Юпитера, значит у них всего 5–6 лет период обращения или даже меньше. За шесть лет они, как минимум, дважды пересекут «оптический барьер», который контролирует патруль. Можно будет определить их орбиты, оценить, опасны ли они. Таким путем можно будет заметить тела от 100–150 метров. Это следующий разряд опасных тел, после тех, что открывают сейчас телескопами с Земли. И если больших тел, километровых, одна – полторы тысячи, то таких уже – 100–150 тысяч. И это еще не все, остаются 50-ти метровые, как Тунгусский метеорит, но уже и этот этап будет существенным продвижением.

Конечно, здесь самая общая схема нарисована. Но

она опирается на модель формирования Солнечной системы, которую создал Тимур Магомедович Энеев вместе с Н.Н. Козловым 25 лет назад. Тогда, в 1980 году он предсказал еще один пояс астероидов за Нептуном. Сейчас он открыт, там сотни 200-300 километровых тел. Большие планеты влияют на их орбиты, изменяют их, они сталкиваются, раскалываются. Потом большие планеты «бросают» их осколки внутрь Солнечной системы. Часть бросают внутрь, а другие вообще, даже могут выкинуть из Солнечной системы, но эти нас сейчас не интересуют.

Если орбиты «опускаются» во внутрь Солнечной системы, они попадают под влияние более близких к Солнцу планет. Планеты как бы передают малые тела друг другу, сдвигают их «вниз», и они заходят в область Земли и ее соседей. Образуются околоземные малые тела – астероиды и кометы. Они мигранты, причем одним из первых, кто проследил их путь издалека, на примере комет группы Юпитера, была Е.И. Казимирчак-Полонская в Ленинграде, более 40 лет назад. Вероятно, кометы – это части ледяных оболочек, осколки тел занептунного пояса, а астероиды – это куски их каменных ядер. Юпитер и планеты земной группы подправляют их орбиты на заключительном этапе их миграции.

Понимание того, как это все происходит, откуда и как приходят в окрестность Земли опасные тела, позволя-

ет уяснить, что основная их часть – это тела, орбиты которых лежат внутри орбиты Юпитера. У них период обращения сравнительно небольшой и за 5–6 лет можно было бы выявить значительную их часть.

А.Г. Вы сказали, что вполне вероятно событие, что орбита движения астероида будет изменена крупной планетой, Юпитером, скажем, он будет просто выброшен из Солнечной системы. Такие же события могли происходить и в других системах. Какова вероятность прихода к нам беглеца совсем уж из далекого космоса?

Г.Е. Такое бывает, но это достаточно редко, и главное, тут мы мало что можем сделать, даже заметить его заранее. Недавно была комета, думали, что она внешняя, оказалось, что она все-таки наша. Но у нее период 2 тысячи лет. И заметили ее за полгода, примерно, до ее пролета орбиты Земли.

Л.Л. Я бы хотел продолжить мысль, которую развивал Юрий Борисович. Мы говорили сейчас как защититься от астероида. Есть не менее важная для человечества задача – как использовать астероиды. Потому что хотя это далекие небесные тела, и страшные небесные тела, но может оказаться, что мы, человечество в целом, не выживем, если их не научимся использовать.

На этой картинке показано, как развивается энергетика всего человечества. Где-то в районе 10 в 11-й степени киловатт лежит некий предел. Сейчас че-

ловечество вырабатывает 5 на 10 в 10-й киловатт, то есть мы уже впритык подошли. Когда будет 10 в 11-й, а это по темпам развития должно произойти в середине нашего века, мы захлебнемся от тепла и от углекислоты. И единственный выход для человечества – не вырабатывать столько энергии. Что же, переселяться на другие планеты? Нет, можно в точках либрации, которые расположены между Луной и Землей, расположить промышленные станции, которые будут использовать астероиды как свои сырьевые базы.

Как обращаться с астероидами? Когда раскачиваешь его орбиту, чуть-чуть толкнув, можно его направить, куда надо, но риск конечно, велик. Поэтому сейчас идет речь о переработке на месте, но это не так просто, потому что астероиды вращаются. Сесть на него непросто, у него практически нет тяготения (притяжение аппарата ничтожно). Значит, надо за него очень крепко ухватиться, потом переработать его вещество.

Сейчас говорят о получении гелия-3 для термоядерной энергетики, потому что его на Земле просто нет. Его хотели получать с Луны, но тогда надо перекопать Луну. Для экологии это плохо, можно испортить Луну, неизвестно, что будет от этого на Земле. Поэтому и думают, а не взять ли из астероидов. И уже есть горячие головы, которые предлагают привозить с астероидов металл, кремний, углерод, воду – транспортиро-

вать воду с астероидов или с дальних планет, где воды, наверное, много.

Г.Е. Во всяком случае, для космических целей.

А.Г. То есть не опускать на Землю?

Г.Е. Да. И не поднимать с Земли.

Л.Л. Потому что если эти потоки превратить в потоки Космос – Земля, то это все равно, что разбомбить Землю тысячами мегатонных бомб. Поэтому надо все сделать там, а остается на это у нас – десятки лет.

А.Г. Каким образом потребление вещества, или воды, или даже энергии, которую можно добывать там, в Космосе, уменьшит нужду в электроэнергии здесь?

Л.Л. Да, очень просто. Вы должны иметь 10 киловатт на человека в среднем? И 10 миллиардов людей, – вот вам 10 в 11-й степени киловатт.

А.Г. А каким образом использование вещества астероидов уменьшит потребление энергии?

Л.Л. Туда можно перенести всю базовую энергетику, все базовое производство, которое сейчас на Земле – металлургия, производство химикатов, производство, может быть, велосипедов – всего, чего угодно.

Г.Е. Сейчас Соединенные Штаты выносят все грязное производство в третьи страны. А мы предлагаем какую-то часть – в Космос.

Л.Л. Все будет перенесено туда. Сейчас это выглядит фантастически. Но если это не сделать, то мы столкнемся с гигантскими проблемами. Мы уже сейчас

имеем экологические неприятности. Мы уже подошли к границе устойчивости атмосферы. А что будет через 20 лет? Как себя вести? Это то же самое, что поставить металлургический завод в центре Москвы и потом жалеть, что воздуха не хватает. Поэтому астероиды, как оказывается, могут являться не только опасностью для нас, но и заветной мечтой. Надо воспользоваться ими для того, чтобы человечество выжило в ближайшие 100, 200, 500 лет и т.д. Потому что следующий большой астероид ожидается в 2500 году.

Г.Е. Если есть 150 тысяч 100-метровых, то, наверное, ожидать надо раньше.

Л.Л. Со 100-метровым можно справиться, а вот с большим... Поэтому сейчас многие ученые начинают переключаться с защиты астероидов на использование астероидов. И уже появились работы, в которых это вполне серьезно рассматривается на базе современной техники. Если бы человечество потратило те же усилия для использования астероидов, которое оно тратит на защиту от них, то шансы на то, что мы все вместе выживем, резко возросли. Но, к сожалению, пока очень мало людей прониклись этой идеей. Потому что страх перед астероидом – это понятно. А летать в Космос за астероидом, летать на Плутон, это, знаете, «за морем телушка-полушка, да рубль перевоз». Но с другой стороны, может быть, у нас и не будет другого выхода.

Г.Е. Леонид Алексеевич, мне кажется, что даже страх перед астероидами стимулирует изменение мышления, потому что это комплексная проблема, которая объединяет громадное количество знаний и заставляет по-другому мыслить. Мыслит по-другому не только ученых, но и всех остальных. Потому что иначе мы погрязаем в текучке, тратим время на ерунду, ловим голоса на популизме. А на самом деле, ведь и рядовые люди должны менять свое мышление, чтобы быть в состоянии осознать эти сложные и непривычные проблемы, да и для ученых этот комплексный подход непривычен.

Л.Л. Среди ученых тоже нет единого мнения по этому вопросу. Но если его не вырабатывать, если потом не передавать задания инженерам, если потом Организация Объединенных Наций или все человечество этим не займется, то все человечество задохнется от выработки собственных продуктов.

Г.Е. Даже для того чтобы послать ракету с ядерным зарядом, должно быть доверие, чтобы остальные страны, верили, что тут нет других целей. Тут ведь тоже должно быть изменение ситуации.

Л.Л. Ракета с ядерным двигателем нужна для того, чтобы лететь к астероиду, сесть на него (может быть, сама ракета не должна садиться, а только специальный посадочный аппарат) и вернуться обратно на орбиту Земли. Не на Землю, а на орбиту Земли. Сей-

час мы подошли к такому глобальному этапу, что если не предпримем чрезвычайные усилия, то потом будет поздно.

А.Г. У меня вопрос, который касается астероидной опасности. Если существует вероятность того, что при всех стараниях человечества появится неустранимая угроза – километровый астероид, серия из 100-метровых, – то есть ли хоть какая-то надежда пережить такое нападение? Если на Земле построить убежище не для всего человечества, разумеется, но хотя бы для части?

Г.Е. Если строить что-то для кого-то, а не для всех, всегда есть надежда, а что получится – это отдельный вопрос. Очень может быть, что сама эта идеология окажется губительной. Дело в том, что «лучшие» люди нацелены только на себя. Избранные останутся целы, и что? Они при таком настрое перегрызутся, не за кусок хлеба, так за масло на хлеб.

Л.Л. За глоток воздуха.

Г.Е. За глоток воздуха или за глоток хорошего вина. Потому что это другая совершенно идея. Здесь, как мы видели, даже инженерные вопросы требуют нравственных решений. Комплексность вопросов включает не только инженерные и научные, но и гуманитарные проблемы.

Л.Л. Психологические проблемы.

А.Г. Политические.

Г.Е. Психологические, политические, нравственные

проблемы.

Л.Л. 10 лет назад американцы упорно не видели в Космосе ядерных устройств, сейчас они всячески поощряют разработку проектов с ядерными устройствами в Космосе.

Г.Е. Я думаю, что это результат еще и другого уровня доверия, который имеет место теперь – через такой короткий период. Мы не чувствуем, как время идет, как происходят изменения – не только в отрицательном плане. Так что мне кажется, что проблема астероидной опасности очень интересная, важная и касается всех, каждого человека.

Грибы

23.09.03

(хр. 00:50:30)

Участники:

Юрий Таричанович Дьяков – доктор биологических наук

Елена Петровна Феофилова – доктор биологических наук

Александр Гордон: ...которые кажутся тебе неизмеримо далекими. Когда я читаю о каких-нибудь «черных дырах» – это не так поражает воображение, как то, что, оказывается, систематиками сегодня описано не более пяти процентов всех существующих грибов на планете. В начале XXI века при таком пристальном внимании человека к этим грибам как так получается, что огромная часть, большая часть, подавляющая часть их не описана до сих пор?

Юрий Дьяков: Прежде всего, надо очертить то место, которое грибы занимают в огромном пространстве, называемом биотой. Потому что для большин-

ства людей грибы – это то, что собирают в лесу или то, что вызывает плесень на продуктах, а в худшем случае – это так называемые неприятные «грибки», которые вызывают поражение ногтей, кожи и так далее.

На самом деле грибы – это гигантская группа организмов, которая по численности, как вы только что сказали, среди растительно-подобных организмов занимает примерно то же место, как насекомые, членистоногие среди животного-подобных организмов.

Елена Феофилова: То есть второе место в мире.

Ю.Д. Да. И, пожалуй, наиболее четкое определение, которое позволяет отделить грибы от не грибов, вот какое. Грибы – это эукариотные организмы, то есть организмы, имеющие ядра, но которые, во-первых, гетеротрофы, то есть не способны самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических, и которые, во-вторых, питаются осмотрофно, то есть питаются исключительно всасыванием из окружающей среды. То есть, грибы – это всасывальщики.

Так вот, такой тип питания наложил совершенно определенные особенности на строение и поведение грибов, в отличие от всех других организмов. Прежде всего, для того чтобы всасывать всем телом, надо чтобы это тело было максимально погружено в субстрат. Поэтому жизненная форма грибов, то есть тот морфологический тип их тела, который присущ большинству грибов, – это сильно разветвленные нити. Это гриб-

ницы, или мицелии, которые максимально оккупируют субстрат. Причем этим субстратом может быть почва, пораженное растение или даже какое-то пораженное животное, но главное – максимально оккупировать субстрат.

Во-вторых, очень интересно еще вот что. Поскольку грибы питаются готовыми органическими веществами, а они, скажем, в растениях или других субстратах представлены полимерными формами, то есть очень высокомолекулярными формами, которые через мембраны, конечно, не проходят, то необходимо их предварительно расщепить. Поэтому грибы выделяют в окружающую среду очень мощные гидролитические ферменты, ферменты диаполимеразы, разрушающие полимеры. И тем самым происходит расщепление белков.

А.Г. Получается внешнее пищеварение.

Ю.Д. Да, это наружное пищеварение. Если в кишке, скажем, пищеварительные ферменты выделяются в просвет кишечника, то в грибной гифе они выделяются наружно. То есть, гифу можно представить как вывернутую наизнанку кишку. Здесь на картинке, кстати, показано, что по этому признаку организмы разделяются на три больших группы или царства. Сейчас этих царств уже значительно больше.

Е.Ф. Шесть.

Ю.Д. Ой, и не шесть, а даже больше. Фототрофы,

организмы, которые фотосинтезируют органику, растительно-подобные организмы; зоотрофы, которые заглатывают – это животно-подобные; и осмотрофы, всасывальщики – это грибы.

Кстати сказать, чрезвычайно интересное свойство грибов – выделение мощных ферментов наружу, оно очень широко используется сейчас в биотехнологиях. Скажем, единственные организмы, которые разрушают лигноцеллюлозный комплекс, то есть то, из чего построены клеточные стенки растений, это фактически древесина, – это грибы. Если б не было грибов, то лес бы до макушек был покрыт сломанными ветками, которые бы не разлагались. И сейчас очень широко применяются биотехнологии, при которых грибы используются в целлюлозно-бумажной промышленности для разрушения лигнина. Это самый стойкий природный полимер, другие организмы его разрушить не могут. Есть предположение, кстати, что использование грибов в бумажной промышленности в ближайшие 10 лет вырастет во много раз.

И, наконец, еще одно свойство, которое тоже связано с особенностями питания грибов. Для того чтобы поглощать вещества внутрь, нужно иметь очень высокое тургорное давление в клетке, чтобы шло...

А.Г. Чтобы насос работал.

Ю.Д. Да, чтобы насос работал. Многие слышали или видели, как шампиньоны при росте плодового тела

взрывают асфальт, то есть у них – мощное давление, которое это позволяет.

Второй момент: что это за организмы, которые питаются осмотрофно и сколько их? Вы сказали, что сейчас описана где-то одна двадцатая часть грибов. Так предполагается, это, естественно, неточные цифры. Но дело в том, что, во-первых, имеется масса субстратов, на которых грибы практически только начали описываться. Например, морские грибы. Их чрезвычайно трудно выделять, их выделяют на приманочки, то есть кидают субстрат, который может обрасти грибом, и предполагается, что число морских грибов во много раз больше того, что сейчас известно. Грибы тропических лесов. Это огромные территории, которые недостаточно исследованы биологами, особенно микологами. Грибы все-таки это не деревья или трава – это чрезвычайно мелкие организмы, которые требуют микроскопических исследований и тому подобного. И соотношение числа грибов в развитых странах умеренного климата и развивающихся тропических странах показывает, что там просто неисчерпаемое еще количество неописанных видов.

Кроме того, сейчас показано очень много видов-близнецов, то есть грибов, которые морфологически не отличаются друг от друга, но которые имеют генетические барьеры, не позволяющие обмен генов между этими популяциями, то есть они репродуктив-

но изолированы друг от друга и являются отдельными биологическими видами. Например, всем известный осенний опенок, который собирают осенью. Мы все знаем, что это очень полиморфный вид, есть сосновый, березовый опенок. С помощью скрещивания мы, у нас в лаборатории, описали четыре вида этого опенка. Во всем мире описано уже больше десяти видов. А раньше они описывались как один вид. И сейчас есть огромная масса грибов, которые образуют на самом деле не один морфологический вид, а много биологических видов. На этом, собственно говоря, основаны утверждения, что полное описание грибной биоты еще ждет своего часа. Это тот момент, который связан с особенностями грибов и с их численностью.

Второй момент, который очень важен, заключается в том, что грибы исторически были очень тесно связаны с растениями. То есть, считают, что грибы вышли на сушу под покровом растительной ткани, как симбионты и паразиты растений, скажем, водорослей. С другой стороны, сейчас это уже однозначно установлено, что важнейшим приобретением, которое позволило водорослям, живущим в мелководных озерах, выйти на сушу, иррадиировать и дать такой гигантский эволюционный всплеск, приведший к гигантскому разнообразию высших растений, был симбиоз с грибами.

Грибы-симбионты (прежде всего микроизобразующие грибы, которые живут частично в корнях растения,

а частично их мицелий выходит наружу) обеспечивают, во-первых, большее пространство освоения питательных веществ в почве. Поэтому в более бедных почвах они позволяют добывать питательные вещества. Во-вторых, они превращают труднодоступные питательные вещества, которые находятся в почве в нерастворимых или плохо растворимых соединениях, в такую форму, которая легче усваивается растениям. В-третьих, они защищают растения, есть целая масса механизмов этой защиты, от потенциальных патогенов, от патогенных почвенных микроорганизмов. То есть, то, что, скажем, на каких-нибудь каменистых или горных почвах живут вересковые растения, происходит только благодаря вересковой микоризе. И это чрезвычайно важная связь.

Вторая связь грибов с растениями – это эндофиты. Это вообще новая группа организмов, которая сказочно интересна, потому что это грибы, которые живут внутри растений и никак не сказываются на их внешнем виде. Больше того, они выделяют фитогормоны и активизируют вегетативный рост этой наземной массы. Они, оказывается, повышают устойчивость к стрессам, скажем, к засухе. Мы в позапрошлом году не находили их, а в прошлом сухом году мы их нашли массу внутри злаков. И главное, что они родственники спорыньевых грибов, которые вызывают отравление людей и скота, они выделяют алкалоиды чрезвычайно токсич-

ные для животных. Поэтому растения, в которых живут эти эндофиты, устойчивы к насекомым, насекомые просто уходят от них. С другой стороны, они вызывают массовое отравление скота пастбищными травами. Поэтому возникла серьезная проблема с этими самыми кормами. И это тоже стимулировало их изучение. А с еще одной стороны, скажем, для газонного травосеяния – это просто находка, потому что они очень сильно кустятся, устойчивы к болезням, к вредителям, снижается их цветение, то есть получается прекрасный газончик. Сейчас есть фирмы за рубежом, которые специально заражают ими растения. То есть, эндофиты как какие-то рэкетеры дают «крышу» растениям. Они, конечно, питаются продуктами фотосинтеза растений, но в то же время защищают их от каких-то других возможных организмов-нахлебников.

Ну, и наконец, болезни растений. Самые страшные болезни растений – это грибные болезни растений. В истории были страшные эпидемии таких болезней. Скажем, эпидемия фитофторы, которая была в Ирландии и вообще во всей Западной Европе 150 лет назад. Эту эпидемию привезли из Америки с зараженными клубнями и другим материалом. Два неурожайных года привели к тому, что из четырех миллионов населения Ирландии миллион погиб, а полтора миллиона эмигрировало в Америку, то есть практически населения почти не осталось. Страшная вещь. А 2 миллио-

на человек погибло во время второй мировой войны в Бенгалии, это нынешняя Восточная Индия и Бангладеш, где было очень густое население, которое питалось исключительно рисом. Там одно из заболеваний риса вызвало страшное падение урожая, а во время войны англичане помочь не могли – они были заняты другими проблемами, и поэтому за один год погибло 2 миллиона, умерло от этой страшной болезни. Таких страшных примеров не много, но они есть.

Кроме того, грибы, которые заселяют растение, выделяют много биологически активных веществ, которые могут быть токсичными и для человека и для домашних животных. Здесь на картинке показан колос ржи с рожками спорыньи. Эти рожки спорыньи, если колос обмолотить, попадают в зерно, оттуда в муку при растирании, и алкалоиды, которые при печении хлеба не разрушаются, могут вызывать страшное заболевание. Заболевание, вызываемое этими алкалоидами, в средние века было второй по числу смертей болезнью после чумы. Это страшное заболевание.

Вот рядом второй колос. Это поражен грибом, который называется *Fusarium*. Это фузариоз колоса. Этот грибок тоже образует очень неприятные токсины, которые подавляют биосинтез белка у эукариот, то есть и у нас тоже. Кроме того, это антиметаболиты половых гормонов, они, кроме того, что могут вызывать отравление и гибель, вызывают также и различные эмбри-

ональные уродства у беременных – выкидыши и тому подобное, страшные токсические заболевания. И грибов, которые в этом отношении очень страшны, – масса.

С другой стороны, есть некоторые грибы, которые поражают и многих животных, беспозвоночных животных, вызывают эпидемии у насекомых, поражают нематод. Они образуют из мицелия ловчие кольца, и когда нематода попадает в это кольцо, то кольцо сжимается и начинают выделяться ферменты, которые нематоду просто растворяют.

А.Г. Хищные грибы.

Ю.Д. Да, они так и называются – «хищные грибы».

Кстати, вешенка, которая здесь представлена, она же питается древесиной. Там что? Сахаров много, а азота-то мало. То есть, если там будет нематода, она ее тоже цапнет и съест с удовольствием. Описано очень хорошо, как вешенки тоже поражают нематод.

И наконец, позвоночные – человек. Существуют поверхностные микозы, то есть грибы, разрушающие белок, кератины, из которого построены эти поверхностные ткани. Это неприятная вещь, которой поражено огромное количество населения. Часто есть обмены с животными, это для скота очень тяжелое заболевание, очень мучительно и лечение.

Но это ладно, от этого не умирают, а есть еще глубокие микозы. Вот это страшная вещь, когда грибок, попа-

дая внутрь организма, прорастает там. Мицелий, скажем, из ротовой полости может прорасти в мозг и вызвать гибель. Эти грибы называют «оппортунистическими грибами», это обычные, широко распространенные, всюду имеющиеся плесневые грибы. Они есть и внутри нас всех. Но иммунная система, пока она работает, она им не дает развиваться. Среди них какие опасны? Те, которые могут расти при температуре 37 градусов, то есть при температуре человеческого тела.

Вот, скажем, самые распространенные в почве грибы – пенициллы и аспергиллы. Пенициллу все-таки требуются оптимальные и пониженные температуры, а аспергиллу – высокие температуры. Поэтому существует не только пенициллез у лимона, но и аспергиллезы бывает часто у людей. То есть, как только иммунная система дает сбой, болезнь эта и начинается. Тут сразу могут сказаться разные типы иммунодефицита – вирусный иммунодефицит, связанный со СПИДом, с гепатитом, с герпесом, или иммунодефицит, связанный с каким-то стрессовым состоянием организма, с неблагоприятными экологическими условиями. Поэтому есть очень много так называемых глубоких микозов, которые сопровождают СПИД и являются причиной смерти ВИЧ-инфицированных больных.

Гигантское разнообразие субстратов, в которых живут грибы, их видов, мест обитания – ото льдов до тропиков – конечно, обусловлено многими биохимически-

ми особенностями, которые характерны для грибов. Елена Петровна, как профессиональный биохимик, об этом скажет.

Е.Ф. Я еще хочу сказать насчет отличительных свойств грибной клетки. У грибной клетки есть клеточная стенка. Это наружная структура мицелия. Она состоит из очень интересного вещества, которое называется хитином. Хитин представляет собой очень длинную молекулу. Это биополимер, он состоит из отдельных небольших участков, состоящих из N-ацетил-Д-глюкозамина.

А.Г. И характерен, как правило, для животных, для ракообразных.

Е.Ф. Да. Грибы – это удивительные организмы. Не даром 100 лет тому назад во многих ботанических книгах писалось: «грибы – это загадочные и опасные существа». То, что они опасны, начинает проявляться сейчас. Когда Юрий Таричанович сейчас говорил, я вспомнила об одной нашей очень интересной работе.

Пенициллы и аспергиллы обладают удивительной ферментативной активностью. Раньше считали, что разложить все что угодно могут только, например, бактерии *Pseudomonas*, а про грибы как-то забывали. А сейчас, пожалуй, аспергиллы сделают то, что никто не сможет сделать. Когда летают самолеты, сжигается топливо, образуются нагары на самолетах. Нагары – это соединение, которое расщепить ужасно труд-

но. Это производные конденсированных фенолов, их по 8, по 9 штук – громадная молекула. Но оказывается, пенициллы могут в соответствующих условиях чистить эти нагары с самолетов. Причем, достаточно дать очень небольшое количество какого-то субстрата в виде затравки, предположим, немножко глюкозы, и на этом фоне агаровой среды начинается удивительно быстрое приспособление к новому субстрату.

Это как раз очень отличает грибы – удивительная приспособленность к захвату новых субстратов. Это сейчас и приводит к тому, что грибы начинают очень беспокоить население. Не только медиков, и не только домашних хозяев, у которых заводится плесень, они беспокоят даже наши заводы, которые производят масла: как их хранить, как их уберечь от грибов? У нас был такой интересный случай: наши умельцы как-то сделали деревянные лампы, очень красивые и отправили их чуть ли не в Африку. Но когда их привезли и открыли ящики, то там оказалось что-то вроде опилок. За это время грибы, как раз аспергиллы, успели справиться с этим субстратом.

Ю.Д. Под Москвой есть лаборатория консервирования древесины. Они в основном занимаются пропитками от грибов. Они рассказывали историю, что в какой-то деревне была деревянная школа, построенная еще до революции, при царе Горохе. Потом она оказалась маленькой, построили новую – тоже деревян-

ную школу, дети стали в новую школу ходить. Потом прошло 7 лет, школа разрушилась, и они опять стали ходить в старую школу. Причем новая школа разрушилась от грибного повреждения. Некоторые грибы страшно агрессивны, они очень быстро вызывают разрушение. Новая школа разрушилась, потому что была сделана из варварски подсеченных деревьев, из них живицу получают. А это же терпены, фенолы, защитные вещества, которыми заливаются раны, и когда растение истощено, то оно очень быстро гниет от грибов.

Е.Ф. Еще нужно вспомнить о том, что в наших библиотеках, в наших домах, в которых обои (особенно если они приклеены не специальным клеем) этот материал очень быстро становится очень хорошим субстратом. Там не только Ascomycetes, там и Basidiomycetes появляются. Сейчас даже есть специальное направление в биотехнологии, которое борется с заболеваниями, которые возникают на бумаге. Деньги тоже берегут от грибов, чтобы с ними что-то не случилось.

И еще бы мне хотелось немного рассказать о систематике грибов. Она гетерогенна как никакая другая. И сейчас кое-где сохранилось старое название грибов, их делили обычно на две большие группы: высшие грибы (куда входят и шляпочные) и низшие. Обычно считается, что самая многочисленная группа среди низших – это мукоровые грибы.

Но после того как начали биохимически изучать состав этих двух различных групп, которые все объединяются под общим названием «грибы», то оказалось, что высшие грибы очень близки к растениям, а низшие грибы – к животным. Особенно вешенка в этом отношении интересна – там есть сахароза. Ведь не так давно во всех учебниках можно было прочесть, что сахароза – это основной сахар, который встречается в растениях: он и консервант, и протектор и так далее. А у грибов такую же функцию выполняла трегалоза. Так вот оказалось, что у некоторых высших грибов тоже есть сахароза. Интересно еще то, что у этих высших грибов в мембране есть очень интересные липиды, бесфосфорные, бетанинсодержащие липиды – это очень характерно для растений.

А если переходить уже к мембране грибов, то в принципе она очень похожа на нашу мембрану. Юрий Таричанович уже говорил о заболеваниях грибных. С ними бороться очень сложно, потому что состав клеток мембраны достаточно близок. И если используют как мишень стерин, то, в общем-то, неизвестно, на что это быстрее подействует – на нас или на грибы. И в связи с этим опять можно вспомнить о хитине.

Хитина у нас нет. Это специфический такой биополимер грибов, крабов и так далее. Но интересно то, что если затормозить синтез хитина у грибов, то для нас это будет практически абсолютно безвредно. И есть

специальные антибиотики – никкомицины, полиоксимины, которые как раз так и действуют. И, может быть, будущее лечение грибковых заболеваний будет связано вот с чем. Есть такое выражение, «пуля Эрлиха», это когда избирается такая мишень, которая вредна только для паразита, это бывает очень редко. И в этом отношении хитин – очень интересный признак.

Ю.Д. А у растений нашли недавно фермент хитиназу. Зачем он нужен растениям, у которых нет хитина? Чего расщеплять?

Е.Ф. Юрий Таричанович, при некоторых заболеваниях у людей находят хитиндеацетилазу, хотя у нас хитина тоже нет.

Ю.Д. Сейчас есть много генно-инженерных конструкций, где хитиназу сажают на более мощный промотер, чтобы она активно работала для защиты от грибного поражения.

А.Г. То есть иммунная система растения вырабатывает это в качестве профилактического средства?

Ю.Д. Да, это один из так называемых пиар-белков, то есть белков, которые связаны с патогенезом.

А.Г. Какова продолжительность жизни грибов?

Е.Ф. А, может быть, мы лучше вспомним, когда они появились?

А.Г. Это тоже хотелось бы затронуть.

Ю.Д. Продолжительность жизни – очень интересная вещь. На грибы всегда смотрели так, что это некие

эфемерные организмы. Их покоящиеся структуры лежат в почве или в других субстратах, появляются благоприятные условия, они в массе развиваются, очень быстро дают гигантские спороношения. Спороношения совершенно гигантские.

Есть такие дождевики, может быть, знаете? Они иногда бывают очень крупные, величиной с человеческую голову, так одно плодовое тело содержит несколько триллионов спор. Представьте, если бы каждая спора проросла, то через два поколения на Земле вся поверхность была бы покрыта этими телами. Но они быстро развиваются и исчезают, быстро погибают или уходят в покоящееся состояние.

Но оказалось, что не для всех грибов это характерно. Я опять вернусь к хорошо известному осеннему опенку. Этот опенок поражает деревья, вызывает корневую гниль и гибель дерева. И из дерева выходят пучки гиф, покрытые жесткими меланинсодержащими, темно-окрашенными оболочками, они в почве растут до следующего корня – и заражают следующий корень. И так очаг расширяется. Причем есть методы, которые позволяют определить размеры одного организма, единого организма. И в одном из американских лесов для опенка было показано, что один индивид может занимать площадь несколько гектар, иметь вес мицелия до 10 тонн и возраст в полторы тысячи лет. Этот опенок – самый старый, самый крупный организм на

свете вообще.

А.Г. А плодовые тела?

Ю.Д. Он заражает растение, вызывает его гибель. После того как растение погибает, оно покрывается плодовыми телами. И так понемножку, понемножку весь лес гибнет. У нас в подмосковных лесах опять много, а сами леса-то в жутком состоянии. Я вспоминаю, как у нашей сотруднице на Звенигородской биостанции кустик сирени рос в садике. Она собирала грибы, чистила их для еды, и потом выливала очистки в садик. Вдруг сирень в один год вся почернела и погибла, а на следующий год все покрылось опятами.

А.Г. Вернемся к вопросу о происхождении грибов.

Е.Ф. Вы знаете, это вопрос очень интересный, и появилась даже целая наука – палеомикология. Пользуется она такими методами: споро-пыльцевым, методом аншлифов и методом мацерации.

Самое интересное для определения возраста Земли и даже времени появления грибов – так называемые «фоссильные споры». И вот почему они способны очень долго сохраняться. Там есть хитин, он сохраняется, и есть еще удивительный биополимер – спорополленин. Кстати сказать, этот спорополленин есть и у пыльцы растений. Химически спорополленин представляет собой молекулу каротина, из которой в результате окислительной полимеризации получается длинный полимер – этот вот спорополленин.

Почему сейчас этими двумя биополимерами очень интересуются? Они обладают удивительной способностью длительное время сохраняться. На них не действуют ферменты, которые содержатся в почве. Кроме того, они довольно хорошо переносят колебания температур. Самое интересное, что на них не действуют кислоты и щелочи, нужен озонлизис, чтобы растворить спорополленин. Короче говоря, его можно растворить только в «царской водке». А хитин не растворяется ни в воде, ни в органических растворителях. Нужны специальные растворители, очень сложные, чтобы растворить эту молекулу. И если поверхность какого-нибудь прибора, предположим, покрыть спорополленином, то это будет вечное покрытие. Вот из-за этих двух биополимеров споры грибов очень длительное время сохраняются в почве.

И когда начались эти работы, обнаружили резаморфы и эти споровые отпечатки обнаружили на растениях – это более 200 миллионов лет назад. Чтобы составить себе представление о древности грибов, наверное, надо вспомнить, что бактерии появились 3–3.5 миллиарда лет тому назад. Грибы – это уже более поздние образования. А, используя молекулярные методы, в последнее время пришли к выводу, что высшие грибы, то есть более высокая ветвь грибов, дивергировали 400 миллионов лет тому назад.

Шляпочные грибы разделяет 60 миллионов лет от

аспергиллов и пенициллов. Мукоровые грибы, низшие, более древние грибы – это 600 миллионов лет. И вообще мукоровые грибы удивительно интересны, ими сейчас очень интересуются, потому что эти грибы обладают способностью быть и мужскими, и женскими организмами, это явление гетероталлизма. И в размножении этих грибов участвуют такие соединения, как, например, триспоровая кислота, которая сейчас представляет большой интерес в качестве возможного будущего лекарственного препарата.

Мне хотелось бы еще вот о чем сказать. О том, что грибы оказались группой организмов очень устойчивой к стрессовым воздействиям. Все организмы можно разделить на две большие группы, по тому признаку, как они борются со стрессом.

Первая группа, наиболее малочисленная, и ее представители именно борются со стрессом – это млекопитающие, мы с вами. Как мы боремся с холодом? Нам приходится надевать на себя теплую одежду, строить дома и так далее. Птицы и животные мигрируют. То есть организм находится в состоянии бодрствования. Большинство же других организмов придерживаются иной стратегии: они уходят от стресса и образуют очень интересные специализированные клетки в цикле своего развития. Причем это запрограммировано эволюционно.

Юрий Таричанович уже говорил о грибных спорах.

Споры бывают двух типов. Это очень интересно, что придумала природа. Споры, которые мы видим, называют пропегативными. Они образуются в очень больших количествах в спорангиях.

Есть еще второй тип спор. Это так называемые «половые споры» (Dau-ersporen), которые образуются в значительно меньшем количестве в процессе половой репродукции. И природа дала им особое состояние, которое называется состоянием покоя. У них два периода жизни: активная часть жизни – это биоз, когда организм активно растет, активно размножается. Если начинает действовать какой-то стрессовый фактор, чаще всего это или обезвоживание или голодание, тогда организм уходит от жизни, он превращается в особую клетку-спору. Спора имеет очень толстую клеточную стенку, её ничем не пробьешь. Туда входят спорополленин, хитин и еще целый ряд других биополимеров, у высших грибов туда входит еще глюкан – это тоже полимер. Клеточная стенка сверху еще может быть покрыта меланином. Меланин тоже всем известное вещество, которое предохраняет от действия ультрафиолета и даже, возможно, от проникновения свободных радикалов.

Ю.Д. И обеспечивает прободение покровов растения.

Е.Ф. Да, это как раз самое интересное. А потом изменяется и вся внутренняя структура клетки. Во-пер-

вых, кардинально изменяется ее обмен. Клетка перестает использовать субстрат, глюкозу. Это энергоемкий субстрат, и для того чтобы этот субстрат, который накопился в клетке, не пропал, чтобы его дальше можно было использовать, образуется очень интересное соединение – сахар, трегалоза. Этот дисахарид, который состоит из двух молекул глюкозы. Он выполняет удивительную функцию.

Первое. Когда в организме, предположим, появляется вода и начинается пробуждение к жизни, эта трегалоза расщепляется на две молекулы глюкозы, то есть используется депо. Но по последним данным, глюкоза, полученная из трегалозы, не сразу используется, она превращается в глицерин, потому что это осмопротектор, и здесь нужно соблюсти соответствующий водный баланс – чтобы клетка могла дальше спокойно развиваться.

Но самая интересная функция трегалозы вот такая. Когда начинается стресс, чтобы организм выжил, чтобы не было его повреждения – надо защитить мембраны. Мембрана состоит из фосфолипидов и гликолипидов, и между ними должно быть пространство и вода – вода связанная, свободная. Свободную организм может безболезненно потерять, а вот потерять связанную – это страшно, тогда мембрана разрушится и вместо бислойной может превратиться в монослой. И когда начинается засуха, то вместо воды, образно гово-

ря, вставляется трегалоза. То есть, мембрана стабилизируется, она не пропадает. И как только снимается ограничивающий фактор, начинается прорастание споры и изменяется ее метаболизм.

Это тоже очень интересно. Там меняется состав фосфолипидов. У нас так же, как и у грибов, есть два массивных липида. Это фосфатидилэтаноламин и фосфатидилхолин. Когда осуществляется активная жизнь, преобладает фосфатидилэтаноламин. Он чем интересен? Там очень ненасыщенные ацельные цепи жирных кислот. Вообще ненасыщенность мембраны, по последним представлениям, связана с ее активной жизнедеятельностью. А когда клетка переходит в состояние покоя, в своеобразный тип анабиоза, то получается преобладание фосфатидилхолина. Этот цветтарион совершенно особый фосфолипид, который обладает, кстати, антиокислительной активностью, у нас есть его аналог – сфингомцелин.

Кстати, есть очень интересные данные, я не знаю, насколько они экспериментально достоверны, о том, что у муковых грибов есть сфингомцелин. То есть образуется цепь значительного сходства грибов с животными, если даже не сказать, с нами.

Кстати, у спор грибов есть еще одна защита – это антиоксидантная защита: у них есть много каротиноидов, то есть полиненасыщенных соединений, которые являются антиоксидантами. Кроме того, есть соответ-

ствующие ферменты, которые составляют вторую систему защиты от свободно-радикального окисления. И есть там еще очень интересная вещь – компартиментализация клетки. Клетка состоит из отдельных отсеков, в виде вакуолей, и ферменты отделены от субстрата. Так что там никакой биохимической активности быть не может. А когда начинается прорастание, то там образуются стимуляторы роста, и под влиянием этих соединений, которые командуют биохимическим механизмом, там начинает исчезать компартиментализация, начинается обычный метаболизм, соответствующий биосу, клетка начинает прорасти.

Кстати, между прочим, я сейчас вспомнила, что ведь анабиоз есть и у животных. То есть в каждой группе есть очень своеобразное, так сказать, разветвление. Нематоды, тихоходки, они же впадают в состояние, когда происходит обезвоживание – состояние очень глубокого анабиоза.

А.Г. Рыбы, лягушки.

Е.Ф. Да, это классический пример. А с чего началось учение об анабиозе – с опытов Левенгука, который у себя на крыше обнаружил дохлых нематод. И когда он попытался их оживить, то оказалось, что достаточно только воды, и организм быстро переходит в состояние биоса.

А.Г. А как грибы переносят вымерзание? У них есть антифриз какой-то?

Е.Ф. Есть. Есть такой организм, который называется опенок зимний...

Ю.Д. Он после снега плодоносит.

Е.Ф. Да. Вы знаете, там удивительная система – там глицерин появляется. Если температура снижается ниже нуля...

А.Г. Тогда замещается глицерином?

Е.Ф. Да. Вместо маннита появляется глицерин.

И еще я забыла рассказать об очень интересном отличии высших грибов от низших. У высших грибов очень много протекторных соединений, которые кроме трегалозы защищают клетку, то есть там более тонкая регуляция температуры. Там есть нециклические полиолы – маннит, рабит, инозит и так далее. А у низших грибов работает только трегалоза. Трегалоза есть, правильно Юрий Таричанович сказал, почти у всех организмов, за исключением нас. Даже у архебактерий ее обнаружили. Так что это наиболее распространенный механизм.

Ю.Д. Все-таки сначала он описан был у грибов, его даже раньше «микоза» называли, считали, что он только грибам присущ. Потом нашли у всех.

Е.Ф. Есть растение *Flabelipholia meritamnus*, так, по моему, оно называется. У него кроме сахарозы есть очень много трегалозы, и оно очень легко переносит заморозки.

Ю.Д. Я еще хотел сказать, что как раз особенности

обмена позволили именно грибам занять совершенно гигантские пространства в разных условиях обитания. Скажем, аспергиллы могут жить при $pH=2.0$. То есть в чрезвычайно кислых условиях. То есть таких кислых, что можно их выращивать, не стерилизуя питательную среду, только подкисли ее, и больше никто не вырастет.

Недавно в содовых озерах нашли грибы. Никто этого не ожидал, все предполагали, что там могут жить только прокариоты, только бактерии и цианобактерии. А нашли грибы и большое разнообразие грибов – а ведь там $pH=11.0$, то есть чрезвычайно щелочные условия. У нас сейчас есть их целая коллекция, мы описали новые виды, которые раньше не были известны науке, которые живут в этих совершенно невероятных условиях.

А.Г. Простите, я сейчас увидел состав плодового тела и хочу задать вопрос, который давно меня беспокоит. Верно ли, что белок гриба практически не усваивается млекопитающими?

Е.Ф. Да нет. Здесь путаница в связи с наличием хитин-глюканового комплекса.

А.Г. То, что он есть, это понятно.

Е.Ф. Кстати, это удивительно ценная вещь. Это щетка, которая чистит наш желудочно-кишечный тракт от всех ненужных клеток, от раковых клеток.

Ю.Д. Это значительно лучше активированного угля.

Е.Ф. Намного лучше.

Здесь нарисован некий символический гриб, это ближе к вешенке. Здесь удивительное сочетание липидов и белка, это самое лучшее сочетание в диете для того, чтобы люди не прибавляли в весе. Потом там есть некоторое количество углеводов цитозоля. Это очень интересный факт, что там есть маннит и трегалоза. Причем, у вешенки полно трегалозы, а у шампиньонов – маннита. Это очень интересные адаптогены, потому что один из них позволяет лучше адаптироваться к высокой температуре, а другой – к более низкой. И как мне говорили врачи, в некоторых странах уже эти два вещества – трегалозу и маннит – дают людям, которые перемещаются в какие-то совершенно другие по климату зоны.

Ю.Д. Японцы говорят, что если каждый день съедать сырым гриб сиятаки, то можно обеспечить себе старость без склероза, без всех подобных неприятностей.

Е.Ф. Без рака.

А.Г. Это относится к вешенкам?

Ю.Д. К вешенкам в какой-то мере тоже.

А.Г. Только надо съедать два гриба...

Класс интеллектуалов

24.09.03

(хр. 00:50:15)

Участник:

Владислав Леонидович Иноземцев – доктор экономических наук

Александр Гордон: ...в той части, которая касается как раз класса интеллектуалов. С тех пор как я познакомился с вашей работой, я цитирую всем ваши слова, что впервые в истории человечества абсолютно легальным путем с помощью демократических установок и законов произошло колоссальнейшее перераспределение средств, вызвавшее самое большое неравенство в истории цивилизации. Откручивая назад, может быть, стоит предположить, что и затеяно все было для этого?

Владислав Иноземцев: Не думаю. Если действительно откручивать назад, то нужно сказать несколько слов именно о самом этом классе, о том, как он появился.

В принципе, во-первых, нужно понимать, что такое «класс» и что такое «интеллектуалы». По большому счету, когда я говорю про класс интеллектуалов, я не говорю об ученых, об интеллигенции, как таковой. Я говорю о людях, которые создают «уникальные воспроизводимые продукты». То есть это люди, которые задают некий творческий результат, который двигает что-то вперед, обнаруживает новые перспективы, новые горизонты. Если подходить с такой точки зрения, то, конечно, интеллектуалы, таланты существовали всегда.

Но в любом случае парадокс заключается в том, что, с одной стороны, они никогда в предшествующей истории не занимали достаточно большого места в обществе. Их было мизерное количество, если возьмем, например, античность или средние века. С другой стороны, они всегда создавали нечто, что не было готовым продуктом – за исключением очень редких случаев, когда мы говорим о, например, статуях Микеланджело, об архитектурных проектах, картинах великих мастеров. Тогда да, можно говорить о том, что эти таланты или гении создают то, что действительно является полностью законченным результатом, является результатом, который представляет собой некую ценность. Во всех остальных случаях люди могли высказывать идеи, могли предлагать решения, но реализовывали их не они. В этом отношении интеллектуалы совершенно не отличаются от того же рабочего класса,

который фактически тоже выполняет абсолютно необходимую функцию, и такую же частичную, как и та частичная функция, которую выполняют интеллектуалы.

Классообразование интеллектуалов в этом отношении – это процесс (это общетеоретический момент), связанный с появлением у этой группы серьезного экономического влияния и серьезной экономической значимости. Тот момент, когда эта группа смогла стать фактором, действительно серьезно влияющим на соотношение политических, экономических сил в обществе. Для меня момент перехода заключается в том, что сегодня возникла ситуация, когда представители целого ряда профессий получили возможность создавать продукт, фактически не будучи привязанными к каким-то внешним условиям.

Допустим, человек, который придумал паровую машину, мог только получить на нее патент, но чтобы создать 20 паровых машин, было необходимо затратить в 20 раз больше труда, чем на создание одной. Если мы говорим о создании какой-нибудь компьютерной технологии или информационной системы, то для ее воспроизведения труда фактически вообще не требуется. То есть сдвиг, скачок произошел тогда, когда затраты на создание исходного продукта в разы стали превышать затраты на тиражирование.

В этот момент оказалось, что человек, создающий этот продукт, является не рабочим, который должен –

как еще классики марксизма говорили – прийти и наняться к капиталисту. А он является человеком, который создает от начала до конца весь продукт. И фактически он становится человеком, отношение к которому – это отношение к производителю продукта, а не к обыкновенному человеку. Отсюда началась перемена.

Второй момент, который тоже был здесь очень важен – это момент, связанный именно с тем, насколько подобная ситуация поменяла в целом, экономически говоря, общественное воспроизводство. Если говорить более понятно, то насколько это поменяло значимость определенных социальных групп. Когда я пытаюсь объяснять эту проблему, я ее стараюсь всегда иллюстрировать примерами не столько одного общества (хотя, говоря о классах, мы должны говорить об одном обществе), сколько на примере различных обществ.

Сейчас многие говорят, вы сейчас сами об этом сказали, о гигантском неравенстве, оно, конечно, очень велико. Но оно еще более очевидно, там, где происходит как бы поляризация интеллектуального мира (даже не классового) и мира фактически доиндустриального. Потому что на сегодняшний день есть три модели экономики.

Это экономика, которая использует ресурсы – большинство отсталых стран и даже многие достаточно продвинутые страны, типа арабского мира. Мир, который пользуется индустриальной системой, лучший

пример – это Дальний Восток. И мир, который использует информационные системы. Главное отличие, по сути дела, воспроизводится и при отсутствии классово-структуры внутри каждого общества. Отличие заключается в том, что ресурсные экономики эксплуатируют то, что конечно в качестве ресурса. Экономике индустриальные эксплуатируют то, что в принципе бесконечно, то есть труд работников, которые это делают – то, что реально должно периодически повторяться, постоянно повторяться, чтобы дать результат. То есть если страна живет автомобильной промышленностью, или производством компьютеров, то все равно, чтобы произвести в 10 раз больше автомашин, нужно в 10 раз больше труда, времени и т.д.

Наиболее развитый мир, а внутри него – интеллектуальный класс, живет тем, что создает некий продукт, который впоследствии, сколько бы он ни отдавался, ни продавался, ни обменивался на что-то другое, не становится меньше. Потому что продуктом является не дискета с программой, а то, что стоит за ней. Даже получив дискету и пиратски переписав программу (кстати, пиратство – это тоже интересная тема), эффект создателя программы не достигается. Потому что тот, кто создал этот продукт, может через некоторое время на основе знаний, полученных за это время, создать более сложный продукт, который на более высоком уровне вытеснит прежнюю систему.

Поэтому первый мир – Запад, Америка, Европа, они обмениваются, скажем так, особого рода продуктами, здесь нужно понимать отличие. Когда продается диск с программой или платье от Кристиана Диора, то есть креативный продукт, то в руки покупателя переходит не продукт, а копия. А продукт – он в мозгу создателя. Главное классовое различие внутри развитого мира, как и различие между развитым миром и отстающим – это то, что начинается тотальный обмен копий на продукты. Тем самым одни получают неограниченный источник аванса, другие имеют необходимость постоянного отупляющего производственного процесса. Это такой короткий исторический экскурс.

А.Г. Если говорить в цифрах о дисбалансе, о неравенстве, которое возникло на сегодняшний день, как вы оцениваете рост валового национального продукта США и соответствующее распределение благ?

В.И. Да, я понимаю, что вы имеете в виду. Здесь опять-таки очень важно отличать ситуацию внутри страны и ситуацию вне ее. Потому что ситуация внутри страны, она в значительной мере порождается социальной политикой, налоговой системой и т.д., она может нивелироваться.

Если мы возьмем американскую модель, скажем, и европейскую модель, то увидим, что в Европе, при таком же высоком уровне креативного потенциала, конечно, масштаб неравенства гораздо ниже. Это не зна-

чит, что он ниже изначально; нет, он ниже после учета социальных пособий, пенсий, трансфертов и т.д. Американцы идут по пути не то чтобы совершенно вольного капитализма без всякого регулирования и переделов, но у них нет ограничений в ресурсной базе. Если мы посмотрим на ситуацию в Европе и в Штатах по рабочей силе (хотя статистика очень скудна), то рабочая сила в Америке приросла за последние 40 лет на 60%. В странах Европейского Союза – приблизительно на 4%. То есть неравенство возникает не только потому что там очень много богатых людей интеллектуального класса, но потому что нет никакой необходимости повышать уровень бедных слоев. То есть это следствие не только одной тенденции, это на разных курсах идущие тенденции, дающие общий результат.

Проблема интеллектуальной деятельности заключается еще и в том, что эта деятельность не то чтобы уникальна, это может быть слишком сильное слово, но она очень индивидуализирована. И если мы обратим внимание на структуру производства, то увидим, что в последние годы везде идет тотальный отход от общества массового потребления – кроме Соединенных Штатов, как ни странно. Если мы посмотрим на ту же Европу, то увидим, что, действительно, разновидности автомобилей, одежды и т.д. очень быстро меняются. Если раньше выигрывал тот, кто захватывал рынок одного продукта, то сегодня выигрывают те, кто мо-

жет предложить конкуренцию между огромным числом фактически одинаковых товаров, но совершенно разных по нишам потребления.

И в этом отношении, если какая-то компания или производитель хочет добиться успеха, он вынужден крайне ценить тех, кто имеет способности, возможности или таланты находить эти новые решения и проталкивать их. Опять-таки, всегда было известно, что на любом рынке существует конкуренция, в том числе, естественно, на рынке труда, который определяет заработную плату и т.д. Здесь же возникает ситуация, когда на рынке этих индивидуальных способностей конкуренция отсутствует.

В то же время, естественно, если конкуренция отсутствует здесь, то она становится тем более жесткой внизу. То есть чем больше становится свободы наверху, тем большее количество вполне стандартных людей могут выполнять одну и ту же стандартную работу в массовом секторе. Из всех развитых стран в Америке массовый сектор занимает сегодня самое большое место, начиная с того, что каждый седьмой американец начинал свою карьеру за стойкой ресторана быстрого питания. Отсюда вполне естественно получается, что доходы низших слоев резко ужимаются, доходы высших слоев резко растут. Отсюда фактор неравенства. Собственно, он устраним, он элементарно устраним, как это делается в Европе, но американцы пред-

почитают не делать этого. Это модель сознания, это модель, избранная в экономическом, в политическом сознании нации, об этом много пишут сейчас. Один из известных экономистов, не экономистов-математиков, а именно экономистов – теоретиков социологического плана, индус, который живет в Америке, Амартья Сен, Нобелевский лауреат за 98-й год, очень хорошо написал об этом: в принципе, вопрос о том, что выбор между равенством и быстротой развития и свободой – это вопрос предпочтений общества, чисто культурологический вопрос. Американцы идут одним путем, европейцы другим, здесь сложно кого-то обвинять или наоборот, хвалить. Так есть.

А.Г. Вопрос вот какой. Билл Гейтс, один из самых ярких представителей того класса, о котором вы сейчас говорите, наверное. На которого иногда покрикивает американское правительство и спускает на него Антимонопольный комитет, чтобы не слишком наглел, но с которого это как с гуся вода. Билл Гейтс при всех его миллиардах такой же смертный, как и все мы. Билл Гейтс умрет, деньги останутся, у Билла Гейтса будут наследники.

В.И. Уже есть.

А.Г. Уже есть, да. Насколько я знаю генетику и не знаю жену Билла Гейтса, какой бы она не была, гибрид Ф-1 в первом поколении не гарантированно воспринимает интеллект Билла Гейтса и красоту его жены или

наоборот. Возникает странная ситуация: наследниками становятся обычными людьми, место которых на социальной лестнице того общества, которое вы сейчас обрисовали, внизу, в борьбе за кусок хлеба наравне со всеми. Но волею судьбы, случая, они владеют неким состоянием, которое должно себя кормить, кормить их, развиваться и т.д. Но у них не хватает на это талантов и т.д. То есть должен быть некий механизм, и я полагаю, что Билл Гейтс и остальные задумываются над этим, который при любой социальной ситуации гарантированно сбережет заработанное и даст возможность потомкам в качестве рантье использовать это несколько поколений, всю оставшуюся жизнь. То есть необходима система защиты собственности, которая в современной Америке мне представляется достаточно хлипкой для такого рода состояния. Как быть?

В.И. Очень интересный вопрос. С одной стороны, интересна постановка проблемы, с другой стороны – потому что проблема, на мой взгляд, не совсем такова, какой вы ее видите. Билл Гейтс, действительно, один из очень известных представителей этой волны, он и талантливый математик, и программист, и, безусловно, как предприниматель он тоже оказался очень талантлив. Эти таланты не надо противопоставлять, потому что это различные проявления неких креативных возможностей. Но что такое состояние Б. Гейтса? Фактически вы говорите о некоем парадоксе, который ча-

сто не принимается во внимание теми, кто измеряет состояние богатейших людей мира. Состояние Б. Гейтса приблизительно процентов на 80 состоит из 24% акций «Майкрософт», которыми он владеет. Если акции «Майкрософт» будут стоить 1 цент вместо сегодняшних 26 долларов, то какое состояние нужно передавать, о чем заботиться?

А.Г. Но оставшихся 20%, которые выражены в других активах, вполне достаточно, чтобы обеспечить хорошее будущее небольшой стране.

В.И. Да, конечно. Естественно, в данной ситуации вполне можно ожидать, что наследники Б. Гейтса не будут обладать его талантами или преследовать те же самые цели, что и он. Но я думаю, честно говоря, что эта проблема вставала всегда, и она никогда не была критична для общества. Фактически это новая система аристократии. Эта система всегда существовала, вопрос лишь в том, каким образом этот слой, эту страту консолидировать. Собственно и все.

А.Г. Зачем этому слою демократия?

В.И. Она им не слишком нужна, но с другой стороны, понимаете, демократия – это инструмент некоего политического строя. Нельзя сказать, что есть демократическое правовое государство, или если государство не демократическое, то оно не правовое. Где защищаются права человека лучше, при демократии или нет, очень трудно сказать. Демократия хороша только

там, где общество максимально однородно. И на решения членов общества по отдельным проблемам влияют только их позиции, убеждения, подходы, мысли и т.д.

А.Г. Почему я и спрашиваю: зачем при таком разнородном обществе, при таком разрыве в статусе демократия тем, кто по сути дела определяет политический строй?

В.И. Я иначе поставлю вопрос. Вы спрашиваете, зачем демократия верхушке? Я, честно говоря, спросил бы, зачем она низшим слоям? Потому что по большому счету в этой ситуации не высший класс будет стараться подавить демократические моменты или не воспользуется ими, а скорее низшие классы, низшие слои окажутся поставленными перед вопросами, на которые они, не в обиду им будет сказано, не всегда смогут квалифицированно ответить. Демократия станет фактически широкомасштабной манипуляцией. Она не станет угрозой для высших слоев. Демократия может стать угрозой для аристократического слоя тогда, когда большинство общества может вполне четко понять несправедливость претензий меньшинства и отвергнуть их. Но сегодня Билл Гейтс, который обладает в Америке самым большим состоянием, совершенно не вызывает того отношения к себе, какое вызывал, допустим, какой-нибудь крупный феодал во Франции у бедных крестьян. Он вызывает восхищение, а не не-

ненависть.

Поэтому вполне демократических манипуляций со стороны этого высшего класса низшими классами будет очень много. Это большая проблема сегодня, как говорят сами американцы. В частности, в последней своей книжке «Будущее свободы» Фарид Закария ставит вопрос не «в чем проблема отношения большинства к этой страте», а «насколько эта стратегия уже манипулирует большинством». Поэтому нет никакой опасности для ее контроля над обществом. Контроль будет только расти.

А.Г. Та же самая диспропорция, которая сложилась между гражданами одной и той же страны, классом интеллектуалов и остальными (уже приходится говорить «остальными»), поразительным образом повторяется на глобальном уровне – я имею в виду неравенство распределения мировых средств между так называемыми развитыми странами – Европой, Соединенными Штатами, Японией – и остальными. Если в случае Соединенных Штатов демократия является тем, с вашей точки зрения, инструментом, при помощи которого высший класс может управлять низшим, то попытки Соединенных Штатов экспортировать сегодня демократию, с тем чтобы сделать американскую модель работающей во всем мире, скорее всего, окажутся провальными. Как вы прогнозируете развитие экономической ситуации в мире при таком дисбалансе и не ждет

ли нас нечто пострашнее того, что человечество знало до сих пор? Речь идет о перераспределении ресурсов.

В.И. Сложно сказать. Первый вопрос, встречный – это вопрос о том, что вы понимаете под экспортом демократии. Есть ли он?

А.Г. Нет, я-то понимаю как раз под этим достаточно лицемерные идеологические попытки Соединенных Штатов Америки, правительства США, решить часть проблем экономического, политического и иных толков, под флагом экспорта демократии.

В.И. Своих проблем?

А.Г. Конечно, своих.

В.И. «Под флагом» – это понятно. Но самого экспорта демократии нету, на мой взгляд. Потому что демократию очень сложно экспортировать. Есть очень интересный ученый, он по профессии историк экономики, некто Мэддисон, сейчас он главный консультант штаб-квартиры Организации экономического развития в Париже. Он написал несколько фундаментальных работ по долгим циклам экономической истории. Он прослеживал экономический рост в разных странах на очень больших промежутках истории.

У него был очень интересный термин, который он применил к ряду стран, а именно, к Соединенным Штатам, Канаде, Австралии и Новой Зеландии. Термин такой – «вестерн офшутс (western offshoots)», то есть «пасынки», «побочные побеги» и т.д. Интерес его идеи

закljučается, на мой взгляд, в том, что ни в одной стране мира, кроме четырех указанных стран, где европейцы и их потомки просто составили большинство населения, не возникло некоей квазиевропейской системы.

То есть когда идет разговор об экспорте демократии, то она экспортируется только с людьми, носителями демократической традиции. Этот момент, мне кажется, сегодня очень недооценивается. Экспорт демократии невозможен по одной простой причине (мы, правда, сейчас уходим от темы), по той причине, что демократия предполагает некую относительно высокую степень индивидуализма. Когда люди, носители такой системы ценностей, оказываются в среде иного общества, допустим, французы, работающие в Марокко или Иране, то они, по причине своего индивидуализма, достигают конкретных индивидуальных целей. И в эти цели конкретного индивида никак не входит изменение основ того общества, в котором он временно находится. По сути дела, они не меняют идеологию тех обществ, в которых находятся временно и в небольшом количестве. И это общество тоже не меняется по отношению к ним, потому что они создают сообщество, которое не требует от общества, принимающего их, изменения каких-то своих традиций.

Наоборот, если мы посмотрим на сегодняшнюю иммиграцию в западный мир, то увидим, что туда приезжают люди, в значительной мере, конечно, движи-

мые желанием улучшения своего материального положения, в чем-то индивидуалистически настроенные, но с системой ценностей скорее клановой, кастовой. Прибывая туда, они включаются в эту экономическую жизнь и, естественно, начинают объединяться по неким бытовым признакам: национальным, религиозным – и пытаются становиться группами давления. Чего европейские люди в других странах никогда не предпринимали, если они, конечно, не приходили так, как колонизаторы. Поэтому, собственно говоря, экспорт демократии на сегодняшний день – это нонсенс. Ни европейцы, ни американцы сегодня не смогут нигде в мире колонизировать территорию так, как они колонизировали 200 лет назад. Меньше всего это может сделать Америка. Потому что, если говорить о колонизации, центрами метрополий, центрами больших империй всегда были страны, экспортировавшие свое население. А американцы импортируют чужое.

А.Г. Кстати, этот импорт, если ваша точка зрения, что носителями демократии должен быть европеец...

В.И. Не обязательно, я этого не сказал. Носителем демократии должен быть человек, выросший в демократической среде.

А.Г. С этой точки зрения, демократии в Соединенных Штатах скоро придет естественный конец, потому что прирост импортируемого населения и демографические изменения в этом населении уже приводят к то-

му, что белый американец уже находится...

В.И. Да, WASP. Зато он держит контроль, занимает ключевые позиции. Состав населения на улице и состав лиц в коридоре Госдепа – «две очень большие разницы».

А.Г. Возвращаясь к классу интеллектуалов, как обстоит с этим делом в России?

В.И. С этим делом здесь очень странно. Я бы сказал, что здесь за последние 10–15 лет мы имеем, наверное, самый большой регресс с точки зрения соотношения между областью креативности, творчества и экономической областью.

Мы об этом сегодня еще не говорили, но класс интеллектуалов отличается от большинства не только с точки зрения доходов и богатств, которые он присваивает. Естественно, никто из людей с уникальными, выдающимися способностями не отказывается от коммерческой реализации своих способностей, получения больших денег. Но не всеми людьми, которые принадлежат к классу интеллектуалов, движут такие соображения. Скорее даже, они менее утилитарны по своим наклонностям и целям, чем большинство. Есть много социологических исследований на эту тему, со статистикой и т.д.

Поэтому проблема заключается в том, что для интеллектуального класса необходимы не только условия, не только материальный достаток определенно-

го свойства, но и система мотивов. То есть никогда бы интеллектуальная деятельность, идея творчества не процвела бы так в западных странах, если бы на нее не было спроса. А на идеи никогда не было бы спроса, если бы не было в обществе сознания того, что деятельность самоценна, она создает то, что уникально, то, что значимо, то, что связано с будущим. Поэтому одна из самых больших проблем у нас сегодня – это не проблема финансирования, не проблема утечки мозгов, не проблема внедрения изобретений. Это проблема гигантского изменения отношения общества к интеллектуальным, моральным, с одной стороны, и финансовым, так скажем, результатам деятельности – с другой. Разрыв между первой парой и противоположной ей финансовой стороной – беспрецедентен, я бы сказал.

Даже в эпоху первоначального накопления в той же Англии никогда не допускалось такого разрыва. Копившие капитал были богаче той же аристократии, но они никогда не считались ни благороднее, ни достойнее, не считались имеющими больше прав занимать высокое общественное положение. Это был очень интересный социальный балансир в те времена, когда поднимающийся класс буржуазии сильно уравнивался политическими и клановыми особенностями аристократии. У нас этого нет. Та интеллектуальная элита, которая у нас была, могла выступать каким-то субститутом,

заменителем этой аристократии, но от нее с точки зрения общественного признания осталось меньше, чем от аристократии после Французской революции.

А.Г. Ну да, «если ты такой умный, чего ж ты такой бедный?» Это наша ситуация. И все-таки вторая часть вопроса, который я задал, осталась вами не освещенной. Какие прогнозы вы можете сделать – экономические, или социальные, или политические – в отношении мира, который все отчетливее осознает, что существует колоссальное неравенство в распределении средств между, грубо говоря, Севером и Югом?

В.И. Здесь есть две парадигмы поведения. Первая, и она, скорее всего, будет доминирующей, будет заключаться в постепенном самоистреблении или вымирании Юга. Если мы возьмем, допустим, ситуацию в той же Африке, то, конечно, это не тот вариант, когда возникнет мощное сопротивление, которое снесет западный мир.

Я так понимаю, вы имели в виду какие-то выступления, волнения, революции, теракты и т.д. для дестабилизации Запада?

А.Г. Ну да, кто-то же финансирует те группы, которые считаются абсолютно исламскими, экстремистскими и нацеленными только на одно: на победу ислама во всем мире. Кто-то же стоит за этим, кто-то же расшатывает лодку.

В.И. А вы уверены, что они нацелены на победу

ислама во всем мире?

А.Г. Я-то нет, это официальная пропаганда говорит о том, что ислам должен победить во что бы то ни стало. Я-то подозреваю, что это как раз попытка перераспределить средства, пусть таким путем.

В.И. Я не верю, как ни странно, что это говорит официальная пропаганда. Официальная пропаганда, на мой взгляд (правда, я не знаком со всеми течениями в исламе), больше возмущена вестернизацией Востока, чем говорит о ненависти к Америке. То есть, если бы Запад не предпринимал таких мощных усилий по вестернизации Востока, проблем было бы гораздо меньше. Если мы вспомним англичан, то Саудовская Аравия и Аравийский полуостров, где англичане тоже, как известно, присутствовали, были единственной территорией, по поводу которой в колониальные времена было принято правило, что там не должны находиться христианские миссионеры. Они тогда уже понимали, насколько исламская цивилизация особенна, и насколько такая деятельность, с точки зрения христианства безусловно правильная, политически опасна. Сейчас баланс нарушен. Я думаю, что проблема не в том, что Бен Ладен и его последователи хотят сделать Америку мусульманской страной, а в том, что они не хотят сами стать американцами. Не делайте их такими, проблем будет меньше.

А.Г. И вы не видите проблемы в том, что Бен Ладен и

остальные бойцы этого фронта настаивают на том, что перераспределение средств должно произойти еще на протяжении их жизни? И в идеологии отказа от вестернизации Юга, в том числе исламского Юга, вы не видите никакой экономической подоплеки?

В.И. Может быть, я не совсем внимательно слежу за развитием событий в этой области, но я склонен считать, что в 70-е, например, годы, когда было сильно движение развивающихся стран по вопросам ресурсной революции и ценовых колебаний, тогда действительно были слышны требования нового экономического порядка, перераспределения и т.д. Я не слышал от исламских фундаменталистов лозунга перераспределения. Вряд ли можно призыв палестинцев к израильтянам уйти с оккупированных территорий объяснить требованием перераспределения.

А.Г. Мне кажется, что не услышим мы этих лозунгов, потому что некая группа людей, которая имеет влияние в исламском мире и понимает, что растущие противоречия между Югом и Севером не только идеологические, но и материальные, не будет выдвигать лозунги такого типа. Они сделают все, чтобы исламский мир был абсолютно убежден, что он воюет против идеологии, а воевал бы при этом за перераспределение материальных благ. То есть это элементарное использование огромной потенции мусульманской силы для того, чтобы добиться с их точки зрения справедливого рас-

пределения мира.

В.И. Демагогия. Потому что в самом исламском мире сосредоточены такие богатства, которые при их нормальном использовании решат проблему бедности населения Саудовской Аравии и сопредельных территорий. То есть в данном случае вопрос встает о том, как осуществляется там распределение.

А.Г. Для этого надо делиться своим.

В.И. Да, естественно.

А.Г. Простите, зачем же нам делиться своим, если есть богатый Запад, у которого можно отнять и перераспределить. Мне кажется, подоплека очевидна.

В.И. Может быть она и такова, но дело в том, что отнять будет вряд ли возможно. Лучше разумно распределять и более активно сберегать свое, чем пытаться урвать что-то с Запада, потому что это будет очень сложно.

А.Г. Хорошо. При условии растущего влияния класса интеллектуалов и все больших средств и ресурсов, которые они собирают у себя, каким вы видите западный мир в долгосрочной перспективе?

В.И. Это очень интересный вопрос, наверное, самый интересный из тех, которые сегодня звучали. Как ни странно, в отрицательных моментах, которые связаны с этим нарастающим неравенством, возможно, есть и позитив. Я имею в виду вот что: в течение очень долгого времени считалось, что равенство и справедли-

вость – это фактически одинаковые понятия, что неравенство несправедливо. Но если это мнение будет пересматриваться и будет осознаваться, что те идеалы, которые были провозглашены еще в начале индустриальной эпохи, сильно изменились и должны быть пересмотрены, то это может иметь хорошие последствия в одном.

Постепенно станет все более очевидным, что разрыв нарастает, и проблемы, с этим связанные, усиливаются. Если брать европейскую модель, то я бы рискнул предположить рост социальной солидарности. На сегодняшний день европейцы гигантскими налогами, огромными пособиями – осознанно связывая свое экономическое развитие, лишая себя части прибылей – покупают, по сути дела, лояльность остального общества и делают это очень успешно. Это имеет очень хороший эффект в том плане, что будет создавать (опять-таки в Европе в гораздо большей степени, чем в Америке) чувство социального единства, будет относительно стабилизировать общество, сплачивать общество, которое этой модели следует. Фактически это мы видим в Европейском Союзе. Там, где этого не будет, все будет развиваться по более тяжелому сценарию.

Ситуация повторяется: во времена аристократического общества существовали некие идеи, идеалы, какие-то национальные задачи, подходы – даже национальные государства возникли, собственно, в 16–17-

м веке, когда серьезным образом встал вопрос о том, что есть национальная верхушка и национальные низы. Что-то подобное должно произойти и сейчас. То есть общество не выживет, если оно не предпочтет несправедливое равенство справедливому неравенству. А если оно предпочтет несправедливое равенство справедливому неравенству, то это очень сильно — как никогда в истории — изменит человеческую психологию.

Смешно говорить в этом отношении о каких-то коммунистических идеях, но по сути дела, члены того или иного общества будут обеспечены определенным образом только потому, что они члены этого общества. И, в какой-то мере, 12-процентная безработица в Европе (притом что ни у кого нет желания устраиваться на низкооплачиваемую работу) — это первый шаг на таком пути. Я имею в виду, что это общество действительно становится несколько более солидаризированным, чем американское. Потому что американское общество — идеологическое общество, и усомниться в своей национальной идее будет катастрофично для Америки. А обстоятельства обязательно приведут к тому, что в этой идее придется усомниться.

А.Г. Значит, постдемократическое устройство общества — на социальных идеалах, но при осознании справедливого неравенства.

В.И. Понимаете, вопрос о демократии в западном

варианте на сегодняшний день абсолютно непринципиален. Мы обращаем много внимания на эту проблему, потому что считаем демократию синонимом прав. На самом деле здесь очень странная система охраны прав личности. Потому что существует Европейская комиссия, которую ни один гражданин объединенной Европы не выбирал. Существует Европейский суд, куда может обратиться португальский или французский рабочий в связи с нарушением его прав. И если они будут восстановлены, то ему абсолютно не интересно, голосует он на выборах во Франции или не голосует. И идея именно правовой системы, ее преемственности, ее возможности находить баланс, она, на мой взгляд, сегодня более принципиальна, чем идея подсчета голосов.

А.Г. Ресурсы ограничены в мире.

В.И. Спорный вопрос.

А.Г. По крайней мере нас учат, что любые ресурсы рано или поздно кончаются. Давайте возьмем европейскую модель. Есть определенное количество ресурсов и есть определенное количество людей, которые представляют собой класс интеллектуалов. Бурный взлет этого класса привел ведь к тому, что они сосредоточили в своих руках, скажем, 80% ресурсов, на долю остальных осталось то, что осталось. Не приведет ли это к следующей странной ситуации: следующее поколение будут давать как интеллектуалов, так

и не интеллектуалов – но все места наверху будут заняты. Та самая ситуация, которая привела на вершину одних, уже не будет срабатывать для других, упадет спрос на то, что раньше пользовалось, как вы сказали, бесконкурентным спросом. Возникнет целый слой, который мы бы назвали, наверное, интеллигенцией, то есть бедных интеллектуалов, у которых есть высокие мотивы, но которые не могут существовать в обществе, ограниченном в том, в том, и в том. Не возникнет ли здесь интеллектуальной революционной ситуации? Не попытается ли этот класс поднять на борьбу...

В.И. Кого?

А.Г. Прикормленных остальных.

В.И. А за что им бороться?

А.Г. За то же самое перераспределение.

В.И. Напрямую я не вижу такой опасности. Почему? Сама по себе эта революция интеллектуалов достаточно молода. Ей 50, максимум 80 лет. И на сегодняшний день богатейших династий на интеллектуальной почве не сложилось. Если мы посмотрим на ту же самую компьютерную революцию, мы увидим, что новыми миллиардерами стали люди не из самых низов, но и не из высшего слоя общества. Эти волны будут идти и идти.

Скорее, есть проблема замыкания носителей знания на класс образованной элиты. То есть пропорция наследников образованного класса поступающих

в университеты, неуклонно растет. А доход на семью молодого абитуриента растет гораздо быстрее, чем средний доход. Но проблема не заключается в том, чтобы открыть новую теорию Вселенной, а в том, чтобы привнести в общество что-то новое, то, что нужно людям. А если это нужно людям, это нужно в том числе и большинству. И вероятность того, что именно из среднего слоя будут выходить те, кто лучше поймет интересы этого слоя, всегда останется.

Но я еще раз хочу сказать, что интеллектуалы, в том смысле слова, в котором мы о них сегодня говорили, – это не интеллигенция, это люди, создающие новый продукт. Это может быть новое платье, новый дизайн автомобиля. Это креативность, собственно говоря, она не обязательно должна быть связана с какими-то огромными научными знаниями. Уникальность ситуации заключается в том, что сегодня возможность создания нового уже не связана с какими-то недостижимыми высотами науки. Это создается на гораздо более низком уровне, и поэтому я не думаю, что такое замыкание будет таким уж тотальным.

Математика нелинейного мира

29.09.03

(хр. 00:45:15)

Участник:

Александр Михайлович Виноградов – доктор физико-математических наук

Александр Гордон: ...вопрос о родном языке квантовой механики. То есть, на каком языке, собственно, изъясняется сама физика, в которой проблем гораздо меньше, чем в математике, старающейся ее описать или, вернее, быть рядом с ней. Я правильно понял суть или не очень?

Александр Виноградов: Частично да. То есть я буду говорить не только о квантовой механике, но, скорее, о нелинейных дифференциальных уравнениях в частных производных. Но вы, пожалуйста, не пугайтесь, это на самом деле очень просто.

А.Г. Правильно, а то не только у меня сейчас екнуло сердце, но думаю, у большинства аудитории, уж очень математической кажется такая терминология, для ме-

ня, например.

А.В. Вы знаете, когда я готовился к передаче, то просмотрел на вашем сайте, какие темы тут разбирались – чтобы проникнуться духом вашей программы. И обнаружил, что я здесь, по-моему, второй чистый математик. И еще мне показалось, что физики говорили о математике. В чем дело? Вы боитесь математиков или они вас?

А.Г. Знаете, я думаю, это взаимный процесс недоверия к тому, что истина может родиться в столь короткой программе, когда речь идет о такой высокой материи, как математика.

А.В. Она – действительно высокая материя. Спасибо. Я думаю, что, может быть, поэтому некоторая ясность возникнет в процессе нашей беседы.

Так вот, я хочу начать издалека, не говоря первое время вообще ни слова о математике. Во-первых, вроде бы все знают, что такое математика, но я боюсь, что это требует разъяснения: тут есть вещи, которые ускользают от внимания даже тех, кто окончил высшие учебные заведения с полным курсом высшей математики. На самом деле математика очень многообразна, и там есть очень много областей: можно решать дифференциальные уравнения или заниматься раскодированием кодов (на этот счет есть своя теория). Что, казалось бы, общего между такими разными вещами? На самом деле, математика – это точный язык,

это единственный язык, или, лучше сказать, языки, которые изобрело человечество, которые дают уверенность, что вы говорите правду, и проверить эту правду путем точного рассуждения.

Когда я это говорю, нужно иметь в виду, что математика знает много точных языков. Точное логическое рассуждение – это только самый примитивный язык, который используют в математике. Знаете, как в компьютерах есть самый примитивный язык в двоичных кодах.

А.Г. Бинарный код, да.

А.В. Это самый простой язык. Потом есть более сложные языки, которые гораздо эффективнее улавливают специфические проблемы и так далее. Так вот, с этой точки зрения, я бы определил математику как язык точного естествознания. В частности, сюда, в естествознание, я включаю также природу, созданную человеком, скажем, экономику или то, что называется информатикой, и так далее. И вот это будет в каком-то смысле лейтмотивом сегодняшнего разговора – язык.

Посмотрите, с чего начинается Евангелие от Иоанна. «Вначале было Слово», и дальше – «и Слово было у Бога, и Слово было Бог». Это очень глубокая мысль, независимо от религиозных воззрений того или иного человека. Собственно, она, с другой стороны, тривиальна. Если вы желаете объяснить что-то кому-то, вы рассуждаете, и рассуждаете на каком-то языке. Если

Создатель замыслил какой-то мир, он должен был, по крайней мере, внутри себя иметь план. Этот план должен был быть изложен на каком-то языке. Это, в общем-то, простая суть, но когда она начинает конкретизироваться, скажем, в математике, то приобретает такие сложные формы, что ее, этой сути, и не видно. Поэтому я хочу заострить внимание именно на этом аспекте.

Кроме того что математика – это точный язык, это еще и искусство рассуждать на этом языке. Если сравнивать с литературой, то сначала, когда создается новый математический язык, создатели этого языка говорят очень грубые фразы. Потом они начинают что-то рифмовать, потом пишут поэмы и так далее. Все происходит, как в литературе. И можно даже сопоставить такое развитие с приходом в русскую литературу сначала Тредиаковского, потом Ломоносова, потом Пушкина и так далее. Этапы развития русского языка, как любого натурального языка, и математики похожи.

А.Г. Но это сомнительное сравнение, потому что получается, если следовать этой логике, что сегодня мы должны писать лучше, чем писал Пушкин на том же самом языке, чего мы не наблюдаем.

А.В. Это точное замечание, но язык науки проще, и он совершенствуется за счет создания новых языков и за счет обогащения, если сравнивать с литературой, лексического материала. На самом деле, я бы сказал,

в науке красота возрастает. Может быть, это ее отличие от литературы.

Был такой замечательный современный философ Людвиг Витгенштейн, один из последних крупных философов, у него есть замечательная максима: «Пределы моего мира суть пределы моего языка». То есть то, что человек может понять в этом мире, формулируется на его языке. Если вы хотите понять китайца и не говорите по-китайски, вы не можете до конца понять, что такое китайская душа – и так далее. Все это применимо и к математике. Вот еще замечательное высказывание: когда Бродского спрашивали, испытывает ли он ностальгию, он говорил: «Родина – это язык».

Итак, математика – точный язык. Но научные языки – не обязательно математические. Скажем, язык химии не такой точный, он довольно приблизителен, поэтому химик, когда рассуждает о своих соединениях, он то рассуждает логически в пределах этого языка, то обращается к каким-то внеязыковым вещам, для этого ему служит эксперимент. В физике это происходит в меньшей степени, в биологии – в большей. Что такое понимание, когда нарастает понимание? Когда данная область математизируется. Полное понимание – это когда область полностью математизирована, тогда мы знаем всю правду.

Давайте начнем с попыток человечества понять правду. Вспомним еще раз Библию. Помните, когда у

людей разум стал достаточно сильным, они стали смотреть, что вокруг, и решили построить Вавилонскую башню, чтобы увидеть Бога, и проект составили на своем логическом языке. Увидев это, Бог решил, что нужно остановить эти попытки, и что он сделал? Он разделил языки. Но на этом игра не остановилась. Люди сначала были в замешательстве, потом стали думать, «а что же делать дальше?», потому что бес все время точил: «а что такое? где Бог?» и многие другие вопросы. И люди создали новый язык. Как вы думаете, как этот язык называется?

А.Г. Математика?

А.В. Замечательно, я к этому и клонил. Но на этом партия опять не закончилась. Люди достигли многого в математике, например, в греческие времена. Это поразительно, но они вычислили радиус Земли, довольно точно измерили расстояние до Солнца. Известны и другие более-менее выдающиеся научные открытия, которые были сделаны потом. И Бог время от времени говорил: «хватит». И он разделял языки уже внутри математики. В общем, вот такая партия.

А.Г. Аналогия понятна.

А.В. Сначала единый язык, потом, когда человек становится слишком дерзким, происходит это расползание языков, и потом непонятно, что делать. В общем, это очень интересный процесс.

Что же происходит, когда языки расползаются, когда

точность теряется? Начинает рождаться метафизика. Скажем, человек – еще достаточно первобытный человек – на языке обычной логики пытается понять мир. Он что-то знает твердо о мире вокруг себя. Когда он хочет понять, например, устройство окружающего мира, то в терминах своего языка говорит: «это черепаха», поскольку мир ему кажется плоским. На чем же держится черепаха? Если человек живет на берегу океана, он, оглядываясь вокруг, решает, что эта черепаха, наверное, плавает в океане – это первая космогоническая гипотеза. Это метафизика, потому что здесь теория выходит за пределы языка, язык становится неточным. И то же самое происходит в науке. Но там метафизика, уже не так заметна невооруженному глазу, глазу неспециалиста, она как бы скрыта специальной терминологией, она уже формулируется, если угодно, в терминах дифференциального исчисления, если говорить о таком высоком языке...

А.Г. Появляется уже жреческий язык.

А.В. Да, да. Это всегда тормозит некое идеально мыслимое развитие науки. Поэтому всегда нужно иметь это в виду. Например, известна крылатая фраза Ньютона: «Гипотез не измышляю». По-видимому, он обращался к Гуку, который на самом деле открыл формулу закона всемирного тяготения. Многие думают, что это открыл Ньютон, это Гук сделал, физик. Он сердцем, по-видимому, почувствовал, а Ньютон это дока-

зал, объяснив на этой основе, почему планеты именно так, а не иначе вокруг Солнца вращаются. Он составил первое дифференциальное уравнение, решил его и этим доказал, то есть, он точно это установил. У Гаука это была интуиция или наитие, неизвестно что. Ньютон же это доказал. И он говорил: «гипотез я не выдумываю», то есть, не иду за пределы моего языка.

Я бы хотел здесь остановиться и просто сказать, каковы два источника, из которых вылезает разная метафизика. В сфере точного естествознания, грубо говоря, есть два таких мощных источника – это теория нелинейных процессов, которые в принципе можно описать в терминах классического дифференциального исчисления, и квантовая физика. На самом деле эти две вещи связаны, и я попытаюсь это объяснить.

Прежде чем этим заняться, посмотрим на историю математики. Там были две великих революции – если рассматривать математику как язык. Ведь на самом деле математики были долгое время неграмотными, то есть они не имели своей собственной письменности, их языком (я, конечно, очень огрубляю) была греческая геометрия. Чертежи там были чем-то вроде иероглифов, математик, Геометр смотрел на них и учился понимать. В греческих книгах содержалось не доказательство в современном смысле, а было написано «смотри». Человек должен был смотреть и уловить, скажем, теорему Пифагора.

Письменность математики, как это было и в обычной человеческой истории, была изобретена гораздо позже, это изобретение было связано с многими именами, но выделяется здесь Франсуа Виет. Это была письменность вроде той, которой мы в школе учимся, когда пишем алгебраические уравнения «икс квадрат плюс игрек» и тому подобное – это простейшая письменность в математике. Потом она, конечно, была развита.

Эта математическая письменность, в общем-то, адаптирована к четырем арифметическим операциям. Данная цивилизация в этом смысле – арифметическая, или лучше сказать алгебраическая, эта ветвь математической цивилизации сейчас называется коммутативной алгеброй. Но в этих терминах вы не можете, скажем, математически выразить, что такое скорость, например, или что такое касательная к кривой – и много других вещей. Написать тогда алгебраическими методами уравнение касательной было крупной математической работой. Сейчас это, конечно, вызывает улыбку.

Под давлением таких обстоятельств был изобретен новый язык – язык дифференциального исчисления. Это связано с именами Ньютона и Лейбница, хотя на самом деле это длинный период в истории математики. Они как альпинисты, которые достигли пика благодаря усилиям целой команды. Так вот, это была дру-

гая революция. То есть на основе дифференциально-го исчисления произошла глобальная, снизу доверху, перестройка математики.

Вы знаете, что я обнаружил у Толстого в одном из его ранних изданий «Войны и мира»? Я обожаю читать его философские рассуждения. И я нашел более-менее следующее. Там обсуждается, что Милорадович сделал такое передвижение, Мюрат опоздал, что-то в таком духе, и поэтому русские, дескать, выиграли кампанию. И Толстой рассуждает и показывает, что обычной повседневной логикой этот процесс нельзя описать, и пишет дальше, что «тут нужно знать законы, математики для описания этих законов и создали специальный язык исчисления бесконечно малых, инфинитезимальных величин». К сожалению, эта фраза была только в одном из первых изданий, в нынешних ее нет.

А.Г. Софья Андреевна не поняла и заставила выкинуть, как это бывало у них в семье...

А.В. Может быть, эта гипотеза мне не приходила в голову. Это удивительно, какие бывают гениальные люди, которые, наверное, хорошо учили математику.

Итак, последний язык – это язык дифференциального исчисления. Этот язык – родной язык классической физики. Все, что написано в классической физике, это дифференциальные уравнения. Дифференциальные уравнения бывают линейные и нелинейные, я сейчас постараюсь это пояснить. Например, свет опи-

сывается уравнениями Максвелла, они линейные, это соответствует тому, что световые волны могут накладываться друг на друга – есть принцип суперпозиции. А если вы будете пускать свет в какой-нибудь сложной среде, например, как говорят, «с памятью», там такого эффекта не будет, там будут аномальные с точки зрения поведения света в вакууме, эффекты. Это означает, что уравнения, которые описывает свет в такой среде – нелинейные.

Я хочу объяснить, что такое нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных. Дайте, пожалуйста, четвертую картинку. Вы видите, там три кривых, я пока напоминаю, что такое обыкновенная производная. Синяя кривая – это график некоторой функции. Производная – это очень просто, это крутизна графика. Крутизна – переменна, и поэтому это другая функция. Скорость синего графика – это красный график. Этот процесс можно продолжить. Возьмем скорость и посмотрим скорость скорости. Скорость красного графика – это зеленый график. Это – просто напоминание, что такое производная.

Теперь давайте к следующей картинке перейдем. Это график функции двух переменных. Вы видите там линии, которые идут справа налево, и линии, которые им перпендикулярны. И еще вы видите оси x и y . Линии, которые идут слева направо, идут в направлении оси x , линии другого семейства – в направлении

оси игрек.

Что такое частная производная по икс? Это крутизна на линий, которые идут справа налево. Частная производная по игрек – это крутизна линий, которые идут в перпендикулярном направлении. На рисунке показано, как эти производные обозначаются. Если функция Y , то производная по икс – это Y с индексом икс. По игрек – с индексом игрек. Если мы снова будем считать производные у этих функций, то будет Y_x , и так далее. Простое понятие, согласитесь, если неформально его объяснить. И классическая природа описывается в терминах уравнений, которые связывают между собой частные производные.

Пожалуйста, следующий слайд. Сверху написано линейное уравнение. Почему оно линейное, как это из записи увидеть? Видите, там только суммы. Следующее уравнение – очень знаменито, оно наделало много шума за последние 25–30 лет. Это уравнение Кортвега – де Фриза. О чем оно говорит? Вот то, что написано Y по t , это то, как изменяется со временем функция Y . А закон этого изменения функции стоит в левой части. Видите, там комбинация производных. И в одном месте вы видите умножение: Y умножается на Y по икс. Это нелинейный член, то, что разрушает принцип суперпозиции, который есть в первом уравнении. Так это можно увидеть по математической записи. Вы верите в чудеса?

А.Г. Нет.

А.В. Я тоже нет, но тут есть чему удивиться. Первый повод, для того чтобы удивиться. Это уравнение описывает, с одной стороны, поведение воды в узком канале, а с другой стороны, реактивной струи, вылетающей из самолетов Аэрофлота. И с третьей стороны, как бегут электрические сигналы по нашим нервам. Подумайте, с помощью обычного языка мы могли бы это «увидеть»? Оказывается, мы можем это увидеть с помощью математики. Мы начнем ковыряться в явлении с помощью физиологов или физиков, напишем уравнение и увидим, что... Так что мы можем моделировать «нервы» водой в канале или рассчитывать самолеты с помощью «нервов». В общем, это – чудо в некотором смысле. Мы потеряли способность удивляться, но таким вещам нужно удивляться.

Уравнение, которое написано посередине, это первое нелинейное уравнение, которое было до конца проинтегрировано. Я здесь немножко огрубляю, но будем считать, что это – первое нелинейное дифференциальное уравнение, которое полностью проинтегрировано. Такие уравнения называются вполне интегрируемыми. Это был очень большой прорыв в математике, люди обрадовались, что они наконец могут осилить кое-какие нелинейные уравнения. Но если вы это уравнение чуть-чуть измените... Внизу показан пример, как можно изменить это уравнение. Оно тоже нелинейное,

тоже на вид очень простенькое, почти не отличается от первого на вид, но оно уже не интегрируемое. И, в общем-то, мы по-настоящему не знаем, как изучать его решения. Кое-что мы можем сказать, но, в общем, здесь больше мрака, чем света.

Теперь давайте посмотрим на следующее уравнение. Видите, там сверху написано уравнение плазмы внутри установки «ТОКАМАК», где пытались и пытаются осуществить термоядерный синтез. Видите, насколько оно сложнее, чем те, которые были написаны раньше. Тем не менее, кое-что мы, используя некоторые новые методы, можем о нем узнать. На картинке вы видите плазменный жгут внутри «ТОКАМАКа». Его нельзя увидеть ни глазами, ни с помощью самых точных физических приборов, но математически его можно увидеть.

Покажите, пожалуйста, следующие слайды. Это срезы плазменных жгутов. Посмотрите, какие они красивые и разнообразные по форме. Они показывают, что плазма неустойчива. Вот решение с двумя лепестками, а вот с тремя. Если вы чуть-чуть измените некие параметры, например, как ток бежит по катушке, вы получите картинку с тремя лепестками. Это, как говорится, легким мановением пальца можно сделать, поскольку здесь присутствует неустойчивость. В этом трудность получения термоядерного синтеза. Плазма страшно неустойчива, плазменный шнур должен на-

ходиться точно в центре и не касаться стенок. Так вот, эти нелинейные вещи в принципе можно увидеть глазами математики. Если бы мы научились это делать, мы бы сделали потрясающий шаг вперед, потому что математика стоит очень мало. Мой добрый друг Анатолий Моисеевич Вершик из Петербурга подсчитал, что стоимость одного танка выше, чем содержание всей российской математики в течение года. Теперь представляете, вложить в математику 10 танков, и мы бы научились решать нелинейные дифференциальные уравнения.

А.Г. Но есть прямо пропорциональная зависимость между количеством денег, которые в математику идут, и качеством.

А.В. Нет, нужно еще людей подбирать. Но у нас люди пока есть, а денег пока нет.

Вот как обстоят дела с нелинейными уравнениями. Здесь я выйду за пределы математики и займусь социальными вопросами, касающимися математики. Простейшие соображения показывают, что будь все так, как хотелось бы, мы бы сейчас, скажем, не имели бы энергетических проблем. Так вот, несмотря на это, и другие суперважные вещи математики XX века почти не занимались нелинейными дифференциальными уравнениями. Причина в том, что мода такова была.

В математике были предложены простые методы, я их только назову за недостатком времени – это методы

функционального анализа, с помощью которых решают линейные уравнения. И там был достигнут большой прогресс. Но эти методы просто ни в какую дверь не влезают, когда нужно заниматься нелинейными уравнениями. Поэтому этими методами ничего нелинейного не было решено. Но под влиянием моды и авторитета таких людей, как Гильберт, Джон фон Нойман, эти методы были объявлены математической основой квантовой механики. Это примерно то же самое, что влияние Аристотеля на развитие физики – прошла тысяча лет, и только потом кое-как Галилею удалось сдвинуть дело с мертвой точки. Ситуация в квантовой физике просто точно такая же. Эти линейные методы являются сегодня тормозом развития как нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, так и квантовой физики. И настоящие физики это чувствуют. Дирак, который был физиком и видел физику вне тех или иных математических формализаций, однажды произнес замечательные слова: «Взаимодействия в квантовой теории поля настолько сильны, что они вышибают вектор состояния из гильбертова пространства в минимально короткое время». Хотя, может быть, только специалисты могут понять силу ироники, заключенной в этих словах. Гильбертово пространство – это база всех методов, которые основаны на авторитете Гильберта, Джон фон Ноймана и многих других великих математиков. Но тут всегда есть обрат-

ная сторона.

Это – коротко про нелинейные дифференциальные уравнения. Суть проблем, которые возникают в нелинейных дифференциальных уравнениях и в квантовой физике, с точки зрения такой языковой философии различна. Мы твердо знаем, что нелинейные дифференциальные уравнения мы можем изучить, развив язык классического дифференциального уравнения. А вот с квантовой физикой дело обстоит, по-видимому, гораздо более серьезно.

Но и на общем уровне, если вы прониклись такой философией языка, это понять легко. Механика, то есть физика XVII века, родилась вместе со своим языком, дифференциальным исчислением. Тут трудно сказать, где курица, где яйцо, они тащили друг друга – язык, математика и физика (в те годы механика). А потом случилась такая вещь: физиками были открыты квантовые явления. И физики, а потом математики пытались их понять. Когда человек пытается что-то понять, он использует свой язык. Математики и физики стали глядеть по сторонам: какую математику тут можно использовать?

И, в частности, сам Джон фон Нойман поглядел-поглядел по сторонам и обратил внимание, что модно и, в общем, довольно элегантно математически использовать язык гильбертовых пространств (это такая «линеаризация»). Я могу на простом языке объяснить, что

значит гильбертово пространство для решений линейных дифференциальных уравнений. Это точный аналог большевистского или нацистского лагеря. В принципе, всякое решение нелинейного дифференциального уравнения – сугубо индивидуально. Разные течения воды, например, имеют невидимую математическую структуру, скажем, они обладают конформной метрикой. Может быть, вы слышали этот термин в передачах, связанных с общей теорией относительности. Но это очень трудно заметить и не все это видят. А решения линейных уравнений в этом смысле все одинаковы. Там нет индивидуальности. Поэтому им можно дать «лагерный номер» – это называется «нормой» в математике. И все. В этом ужас ситуации: как все концлагеря одинаковы, так и, как математики говорят, все гильбертовы пространства изоморфны. И поэтому если пытаться «по Гильберту» описывать воду или плазму, такие разные вещи, то получится один и тот же концлагерь. Это простое обращение к повседневной жизни показывает, почему язык гильбертовых пространств, линейных топологических пространств, здесь никак не годится. Нужен новый язык.

Спрашивается, как и где этот язык искать. Я сейчас сделаю шокирующее заявление, но потом попятюсь назад. Я вам должен сказать, что сейчас социальная ситуация в мире математики такова, что профессора математики и, прежде всего, те, которые занимают-

ся дифференциальными уравнениями, на самом деле не знают, что это такое. И не потому что они глупые — я хочу сказать другое, я хочу подчеркнуть социо-культурный аспект ситуации. Доказать же это очень просто. Если есть студенты, которые смотрят эту передачу, то любой из них может подойти к своему профессору и спросить: а что такое симметрии дифференциального уравнения? Некоторые профессора вообще не ответят, некоторые скажут: это, как в алгебре, замена переменных, которые не меняют форму уравнения. Этот ответ неправильный. И тогда студент может позвонить в вашу редакцию, и таким образом можно провести некий социальный опрос.

Почему это доказывает, что математики не знают, что такое дифференциальное уравнение? Когда вы имеете четкое представление о каком-то объекте, то... Например, вот круг, он симметричен относительно этого диаметра или этого другого диаметра. А кроме того, его можно вращать, это тоже симметрия. Значит, если вы ясно видите объект, то ясно представляете, каковы его симметрии, то есть такие преобразования, которые его как бы накладывают на себя. Если вы повернете круг, вы не заметите, что что-то изменилось. Вот вы посмотрите на круг, потом отойдете, а я его поверну. Когда вы вернетесь, вы не заметите, что что-то произошло. Это идея симметрии, которая сейчас очень широко используется в физике. В частности, если рассма-

тривать две элементарные частицы, нельзя сказать — где Маша, а где Таня, они близнецы, которых нельзя различить.

Такова ситуация в математике, таково влияние моды, которое нужно преодолевать.

Я хочу сейчас перескочить к квантовой физике, раз уж мы стали об этом говорить. Итак, мы подозреваем, что нужен новый язык. Но как его отыскать? Природа нам тихим голосом дает наводящие указания — и математика тоже. Если мы себе признаемся честно: «я не знаю, что такое дифференциальное уравнение», значит, нужно КОНЦЕПТУАЛЬНО определить, что это такое, и нужны какие-то критерии того, что я действительно это знаю. Например, если я точно знаю что такое дифференциальное уравнение, то я могу точно сказать, что такое его симметрии.

Я раньше вам показал не дифференциальные уравнения, а их запись, как бы их паспорта. Паспорт расскажет бюрократу много полезных вещей, но сути владельца он не раскроет. И точно так же, по этой записи вы мало что узнаете о дифференциальных уравнениях. Но вернемся к языку. Если вы спросите обычного математика, я имею в виду не специалиста по дифференциальным уравнениям, какие он знает дифференциальные уравнения, то нормальный математик вам скажет, что уравнения бывают (я немножко огрубляю) эллиптические, гиперболические и параболические. И

больше ничего. Это тоже показывает, что на самом деле мы не знаем, что такое дифференциальное уравнение. И понять это можно, попытавшись нарисовать его портрет.

Когда мы изучаем алгебру, мы рисуем графики функций. Скажем, геометрический образ уравнения «икс квадрат плюс игрек квадрат равняется единице» есть окружность. Это то, чему учат в старших классах школы. Это соответствие между алгеброй и геометрией можно использовать в двух направлениях – можно с помощью алгебры выводить свойства геометрических фигур и, наоборот, глядя на геометрический образ, понять, как решить алгебраическую проблему. Например, великую теорему Ферма, которая столько шума наделала, именно так и решили – создали, это был длительный процесс, геометрию, которая позволяла придти к решению.

Так вот, сейчас мы знаем, как найти геометрический портрет (аналогичный портрету алгебраического уравнения) уравнения в частных производных. Это вещь, которую я не могу попробовать здесь описать. Это нечто нестандартно бесконечномерное, и даже некоторые математики перед этим образом теряют психологическое равновесие. Сейчас даже идет полемика. Некоторые считают, что все это нужно рассматривать на конечном уровне, не на бесконечном. Но это пройдет, потому что это уже позволило решить ряд очень важ-

ных задач.

И вот когда мы увидели этот бесконечномерный объект, мы увидели там особое дифференциальное исчисление. Этот объект, если воспользоваться современным языком, – со многими «прибабаками», и эти «прибабаки» называются геометрическими структурами. Стандартное дифференциальное исчисление, которое уважает эти структуры, это – **ВТОРИЧНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ**. И что меня радует – это то, что новый язык для квантовой теории поля родился сам собой, естественно. Это вторичное дифференциальное исчисление очень хорошо вписывается в проблематику квантовой теории поля.

Например, траектория вторичного векторного поля, это не обычная кривая, а такая, которая удовлетворяет «принципу неопределенности». Она, вообще говоря, не существует, существует виртуально. Но когда мы ее загоним в ящик, как говорят физики, тогда она станет вполне определенной.

Кроме того, в последние годы были наблюдаемы поразительные совпадения. Физики пытались своими методами прояснить некоторые темные места квантовой теории поля. Мы же размышляли над «дурацкой проблемой» о том, что такое дифференциальные уравнения. Потом совершенно независимо обнаружили, что результаты физиков – это элементы уже «нашей» готовой теории. Мы даже и не думали, что это

как-то связано с квантовой физикой. Речь идет, я скажу специалистам, об «антиполях», о «духах» и т.п. Кстати, это научный термин – «дух», ghost. Этот термин сами физики выдумали, в физике есть другие мистические слова – аномалия, перенормировка и так далее. Они указывают на то, что сам этот язык ненормален. Это на самом деле, я бы сказал так, полублатный язык. Физикам просто уже не хватает слов, чтобы объяснить происходящее.

Я сейчас абсолютно уверен, что ВТОРИЧНОЕ дифференциальное уравнение превратит квантовую физику в точную науку в том же смысле, каковой является классическая физика, благодаря языку «первичных» дифференциальных уравнений.

Вот, пожалуй, главное, что я хотел сказать. И еще хочу отметить, что вторичное дифференциальное уравнение – это язык очень интересный. Покажите мне, пожалуйста, картинку 12. Что общего у квантовой теории поля с этой картинкой? Сейчас я вам расскажу, что такое алгебраическая топология. Алгебраическая топология, если сказать попросту, это «исчисление дыр». На этом рисунке между точками А и В есть нульмерная дыра. Чтобы соединить точки А и В вы должны построить одномерный мост. При этом можно исчислять дырки. Вы мост переходите в одном направлении, поэтому дыра, как говорят математики, ориентирована. На этом чертеже показано, как можно складывать дырки.

Если вы дырку А–В сложите с дыркой В–С – получите дырку С–А. Это теория нульмерных дырок.

Пожалуйста, следующий слайд. На этом торе я поясню вам теорию одномерных дырок. На верхнем торе вы видите две одномерных дырки. У одной край – красная линия, у другой – зеленая линия. Почему это дырка? Потому что, скажем, красный контур вы не можете стянуть в точку, двигаясь только по поверхности тора. Дырки можно складывать. Что значит, прибавить красную дырку саму к себе? Это значит два раза обойти ее в нужном направлении. А если вы возьмете трехкратную красную дырку и двукратную зеленую и сложите их, получится красивый трилистник на поверхности тора.

Так вот, бывают дырки двумерные, n -мерные, любой размерности. Это называется гомотопиями. А функции на дырках являются когомологиями. Топологическую форму тела, если не принимать во внимание ее метрические размеры, можно довольно точно описать, сказав, какие дырки имеются и какой размерности. Этими данными можно описать топологию многомерной поверхности или, как мы говорим, многообразия.

А теперь давайте перейдем к нелинейным дифференциальным уравнениям и квантовой физике. Так вот, функции на дырках называются когомологиями. И если вы возьмете пластинку из какого-то металла и начнете ее сгибать, вы можете себе представить, что там обра-

зуются инфинитезимальные дырки. В зависимости от материала эти инфинитезимальные дырки будут разной формы, и они, эти дырки, описываются кохомологиями типа Спенсера. Язык вторичного дифференциального исчисления кохомологичен: он исчисляет эти инфинитезимальные дырки. Тут есть чему удивиться: элементарные частицы и исчисление бесконечно малых дыр!?

Теперь представьте себе, что я вам это рассказал, и вы что-то почувствовали. И теперь на этой базе мы начнем развивать точную науку? Не получится. Нужна все-таки очень аккуратная формализация. Нужно создать язык, сделать из него исчисление. Замечательно, что если мы будем рассматривать один аспект проблемы, получится язык для нелинейных уравнений. А если другой, так сказать, «социальный» аспект – это будет квантовая физика.

А.Г. У этого нового языка есть название?

А.В. Вторичное дифференциальное исчисление. А та небольшая часть физики, где он только-только начал использоваться, сейчас называется кохомологической физикой. Но пока еще только очень ограниченное число людей это знает и над этим работает.

В оставшееся время я хотел бы попросить показать 14-й слайд. Я вам хочу задать вопрос: вы хорошо видите эти два текста?

А.Г. Вижу.

А.В. Представьте, что вы археолог, и раскапываете какую-то цивилизацию. Раскопали две плиты и видите письма. Эти письма принадлежат одной и той же цивилизации, но одна из них более архаична, другая – менее. По-вашему, какой из этих двух текстов более архаичен? Правый или левый?

А.Г. Правый.

А.В. Вы мне доставили большое удовольствие. Потому что правый текст написан на языке гильбертовых пространств, а левый – это язык вторичного дифференциального исчисления. Интересно, какое мнение будет у зрителей? Правда, я немножко поспешил, объявив ответ.

А.Г. Ну, у них было время, пока я решал, какая из этих частей мне кажется более архаичной. А вот наше время уже закончилось, к сожалению. Спасибо. Если я и не понял до конца, что вы хотели сказать, то, по крайней мере, почувствовал.

А.В. Это была моя цель. Спасибо.

Синхротронное излучение

30.09.03

(хр. 00:52:53)

Участники:

Михайлин Виталий Васильевич – доктор физико-математических наук

Халилов Владислав Рустемович – доктор физико-математических наук

Александр Гордон: ...во-первых, мне очень понравилось определение «светящийся электрон». А во-вторых, сама история открытия увлекательна. Расскажите, если можно, с самого начала.

Виталий Михайлин: Начинается все с работы Д.Д. Иваненко и И.Я. Померанчука 1944 года. В книге Д. Гамова «Моя мировая линия» приведены воспоминания Д. Иваненко о научной жизни того времени и о том, как они с И. Померанчуком пришли к идее синхротронного излучения. Хотя так оно тогда не называлось. Как раз в это время в Америке построили первые синхротроны. А на научном семинаре, который проходил в Мо-

сковском университете, обсуждалась проблема ограничения энергии в бетатроне – доходили до какого-то предела и не могли дальше ускорить. И Иваненко, и Померанчук на одном из семинаров (так он пишет в воспоминаниях) пришли к выводу, что это ограничение возникает за счет того, что происходят очень большие потери на излучение. И в первой работе они показали, что эти потери пропорциональны энергии в четвертой степени. Причем, многие известные физики возражали и говорили, что это излучение должно было бы гаситься. Но Иваненко и Померанчук решились и опубликовали свои результаты в «Физрэв» и в наших «Докладах Академии наук». Статья эта называлась «О максимальной энергии, достижимой в бетатроне», и в ней они показали, что потери пропорциональны энергии ускоренного электрона, а вот где это излучение, в какой спектральной области, они не написали.

А дальше получилось очень интересно. Американцы тут же отреагировали и стали искать это излучение. Блюит стал искать его в микроволновой области. Потом будет ясно, что это был неверный путь. Он косвенно показал, что эти потери есть, орбита схлопывалась в бетатроне, но прямого излучения он не видел. А прямое излучение увидели в 1947 году, на одном из первых синхротронов фирмы «Дженерал электрик». Синхротрон от бетатрона отличается тем, что бетатрон – индукционная машина, магнитное поле и несущее и

ускоряющее – как в трансформаторе. А в синхротроне поворотные магниты расположены по кольцу, где электроны поворачивают, там они и стоят. И вот инженер Флloyd Хабер проводил профилактику. Камера стеклянная, внутри она покрыта аквадагом, чтобы заряд стекал. В одном месте этот аквадаг счистили (это сделал Флloyd Хабер, молодой инженер, к сожалению, дальше я не нашел его следов в литературе), и он видит это яркое излучение.

А.Г. В оптическом диапазоне?

В.М. В оптическом диапазоне. Машина маленькая, мы ее потом покажем. Причем, это было яркое голубоватое свечение. Я много раз наблюдал это излучение, на разных машинах, оно производит фантастическое впечатление. Ну, а дальше он пригласил своих коллег, он был в группе Поллака. Это было 24 апреля 1947 года. Мне легко запомнить, мне как раз 12 лет исполнилось.

Вообще Иваненко и Померанчук называли этот эффект – «светящийся электрон», а тут его на синхротроне увидели. Если бы это излучение увидели на бетатроне, может быть, оно бы называлось «бетатронным», а так стали называть «синхротронным». А дальше, поскольку эффект колоссальный, речь пошла о Нобелевской премии. Бесспорными были два человека – Иваненко и Померанчук, нужен был третий. Спор пошел между Поллаком и Блюитом, забыли про Хабе-

ра, этого мальчика, который мог бы быть третьим. Пока обсуждали, Померанчук умер, а посмертно Нобелевские премии не дают. Потом мы вернемся и посмотрим, как Флойд Хабер наблюдает это излучение. А сейчас взглянем на эту карту. Во всем мире сейчас около 80 центров синхротронного излучения. Это очень дорогие установки. Курчатовский источник синхротронного излучения стоил около 70 миллионов долларов, а 100 миллионов долларов дают на всю Академию наук, то есть это сложные, дорогие установки. И вот взгляните, на Россию. В Москве – пять источников СИ. Первый – на 250 МэВ Векслеровский в Институте ядерных исследований, он сейчас законсервирован, но его можно включить в любую минуту. В ФИАНе две машины: одна работает с 1954 года, другая в Троицке под Москвой. И Курчатовский источник синхротронного излучения – из двух накопителей: малая машина работает уже 20 лет. Вторая машина на 2.5 ГэВ работает уже с 1999 года, и этот источник посещал президент.

В Новосибирске существует Сибирский международный центр синхротронного излучения с двумя накопителями, которые построили еще при Г.И. Будкере. На территории бывшего Союза есть еще одно пятнышко, это накопитель в Харькове на 100 МэВ. В Армении работал синхротрон АРУС. А вообще, взгляните на карту, в Европе, в США, только в Японии почти 20 источников, в Бразилии, в Сингапуре...

А.Г. Индия, Китай.

В.М. В Канаде к концу года запустят Канадский источник СИ. В общем, около 80 центров, в некоторых несколько машин.

Выставка «Экспо-2000» в Гамбурге проходила под девизом «Синхротронное излучение – свет будущего», в немецком варианте, а в английском – «Свет будущего тысячелетия». Но это свет не в бытовом смысле, а свет для исследования. Дело в том, что сейчас почти все эффекты, которые связаны с взаимодействием излучения с веществом, исследуются с синхротронным излучением.

А.Г. Прежде чем вы продолжите, я хотел бы, чтобы вы дали определение синхротронному излучению. Что это?

Владислав Халилов: Ради Бога. В наиболее простом определении, это излучение релятивистского (то есть движущегося со скоростью близкой к скорости света) заряда (в данном случае электрона, поскольку в синхротроне ускоряются электроны), который движется по криволинейной (круговой) траектории, и, следовательно, имеет центростремительное ускорение. Ну, в общем, с точки зрения...

А.Г. Но движется при этом в магнитном поле?

В.Х. Да, в магнитном поле. Его называют также магнитно-тормозным излучением, еще циклотронным можно назвать это излучение. Циклотронное излуче-

ние отличается от синхротронного излучения тем, что в циклотроне излучают нерелятивистские (медленно движущиеся) частицы. Синхротронное излучение – это, по существу, циклотронное излучение плюс эффект Допплера, то есть смещение длины волны, излучаемой движущимся источником в короткую область.

Несколько слов по поводу терминов, которые были употреблены, наверное, не все это знают. Бетатрон – это ускоритель, синхротрон – это тоже ускоритель. Накопитель – это накопительное кольцо, это как бы жаргон. Дело в том, что в бетатроне и синхротроне частицы ускоряются, и их цикл прохождения по траектории – очень короткий, короткое время ускорения и всё, они выбывают как источники излучения. Накопитель, это кольцо, в котором пучок электронов сохраняется в течение длительного времени на равновесной орбите – до 24 часов, до суток и даже больше. Этот пучок поддерживается на равновесной орбите благодаря тому, что там специально устроены некие короткие промежутки с переменным электрическим полем. Виталий Васильевич уже говорил, что синхротронное излучение вначале считалось вредным, потому что при излучении электрон теряет энергию. А есть тесная связь между радиусом равновесной орбиты электрона и его энергией. Когда электрон излучает, он теряет ...

А.Г. Теряет энергию.

В.Х. Да, теряет энергию.

А.Г. И теряет свою орбиту.

В.Х. Да, и значит, радиус орбиты движения электрона изменяется. И ясно, так как область движения электрона не может быть слишком большой (она ограничена, скажем, стенками ускорителя или накопителя), то вследствие излучения энергия и радиус орбиты изменяются, и он выбывает из режима ускорения, падая на стенку. А вот для накопительного кольца придумали, каким образом избежать этого. В 4-х коротких прямолинейных промежутках, расположенных по орбите, ставят резонаторы с высокочастотным (переменным во времени) электрическим полем, частота которого подобрана ровно так, чтобы потери энергии электрона на излучение за один оборот были бы скомпенсированы за счёт ускорения электрона электрическим полем при прохождении этих промежутков. И за счёт этого механизма средняя энергия, а потому и радиус равновесной орбиты электрона, практически не изменяются в течение длительного времени, и пучок электронов сохраняется в кольце очень долго.

Это, может быть, хорошо и для синхротронного излучения, потому что пучок электронов можно использовать многократно в качестве источника излучения. В ускорителе пучок использовали один раз и всё. А в накопительном кольце – в течение длительного времени. И сейчас, я так понимаю, в основном накопительные кольца и используются в качестве источников излуче-

ния.

В.М. Я начинал на синхротроне, но сейчас существуют накопители, на которых эти пучки могут держаться не часы уже, а десятки часов, дни, недели. И машина уже строится специально как источник излучения, там и сечение пучка подбирается и добиваются малого угла расхождения, все это определяет яркость источника. Но там есть хитрости, которые связаны просто с оптикой. Вот у нас сейчас на экране отрывок из статьи Блюита в «Курьере ЦЕРНа» к 50-летию открытия синхротонного излучения. Он пишет, что 24 апреля 1947 года четыре физика (Поллок, Лэнгмюр, Эльдер и Гуревич) увидели это излучение. Про Флойда Хабера забыли, в статье его даже не упоминают. Вот смотрите. На фото слева Флойд Хабер, он еще совсем молодой, и четыре больших физика.

А.Г. Несправедливость какая. Он собрал больших физиков, чтобы показать то, что он видел. В результате его в истории не осталось.

В.Х. Он был молодой, у него хорошее зрение.

В.М. Но это действительно большие физики. А это стеклянная камера синхротрона...

А.Г. Диаметр в метр всего...

В.М. В журнале «Курьер ЦЕРНа» рядом с этой фотографией помещена фотография современного накопителя энергии в Гренобле, где диаметр – порядка сотен метров. Мы его покажем позже. А это само излуче-

ние, так его видно.

Теперь поговорим про само излучение, про его свойства. Как устроен ускоритель: это четыре квадранта, в самом простом случае, может быть и больше. Квадранты раздвинуты, это прямолинейные промежутки, где устанавливаются резонаторы для того, чтобы подталкивать электроны. Их может быть не только четыре, но это уже детали.

А.Г. Принципиальная схема ясна.

В.М. Да, принципиальная схема начинается с четырех. Инжектор, линейный ускоритель... Еще на слайде виден красненький сгусток. Идеальный сгусток электронов в 3 сантиметра, и тогда время излучения этого сгустка всего 100 пикосекунд, такое короткое время. Накопитель по схеме мало будет отличаться, схема будет похожая.

А вот дальше мы перейдем к теории без формул. Ускоряемый заряд, если он не релятивистский, будет излучать диполь Герца. А если скорости приближаются к скорости света, а они весьма приближаются – скорость электрона с энергией 6 ГэВ будет такая: шесть девяток после нуля. Для экспериментатора это вообще почти скорость света, но, как мы знаем, по теории относительности здесь не может быть скорости света.

А здесь показано два случая. Первый случай, скорость и ускорение совпадают, и по формуле Джексона излучение диполя вытягивается в направлении уско-

рения. Но этот случай малоинтересен. А вот в другом случае, когда электрон движется по круговой орбите, очень интересный, трансформируется этот диполь Герца, трансформируется совсем по-другому. Нижняя половинка его вытягивается в нижнюю диаграмму направленности, а вторая половинка натягивается на неё. То есть мы видим боковые стороны источника, вот такой эффект потрясающий. Но вообще в искусстве это известно как «обратная перспектива» (в иконах, например).

А вот тут уже трехмерное изображение диаграммы направленности, так выглядит мгновенное излучение электрона. Угол расхождения...

В.Х. Обратно пропорционален энергии электрона. Поэтому чем больше энергия, тем меньше угол, в котором сосредоточено излучение, тем лучше угловая направленность, тем уже световой пучок.

В.М. А дальше по орбите как грязь с колеса, со всех точек, где электрон поворачивает, будет идти синхротронное излучение. И поэтому можно на этом источнике сделать десятки выводов, и одного источника может хватить на всех физиков страны. Чего на самом деле пока у нас не сделано.

В.Х. Но сколько туда нужно закачать энергии, чтобы получить столько излучения.

А здесь показан спектр излучения для одного, двух, трех, четырех, пяти, шести ГэВ. При шести ГэВ мак-

симум излучения при десятых ангстрема, это область рентгеновского спектра. В ЦЕРНе работал до последнего времени коллайдер 170 ГэВ, максимум был в области гамма-излучения, но никто не использовал это синхротронное излучение. Сейчас его разобрали и строят коллайдер на 14 ТэВ для того, чтобы искать там Хигсовский бозон.

На левом графике угловое распределение синхротронного излучения для разных длин волн. Более жесткое излучение более остро направлено. Получается так, если вы смотрите на него: в центре рентген, потом ультрафиолет, синий и на краях – красный.

Это позволяет отделить в эксперименте жесткую часть излучения от мягкой. И на самом деле такие угловые и спектральные характеристики делают источник уникальным.

А вот этот график получил наш коллега Олег Куликов, рано погибший – помимо того, что он был очень хорошим физиком, он был и альпинистом. Куликов экспериментально получил такие поляризационные характеристики. Он показал, что в плоскости орбиты почти 98% линейной поляризации. А если мы уходим от плоскости орбиты, появляется другая компонента, с электрическим вектором, перпендикулярным плоскости орбиты. Получается круговая поляризация. То есть по поляризационным характеристикам получается совершенно уникальный источник, потому что материа-

лов, которые здесь можно использовать для поляризации, нет. Природа сама дала источник с такими характеристиками, при которых можно получить линейную поляризацию, круговую, в промежуточных точках — эллиптическую. Кстати, как раз поляризационные характеристики позволили доказать, что из Крабовидной туманности к нам приходит синхротронное излучение.

А.Г. Вы сказали, что природа дала источник, но дала его странным образом — после того как технология была готова, чтобы этот источник разглядеть. А наблюдательные данные подтверждает то, что есть и в природе.

В.Х. Я хочу здесь пару слов сказать. Я не знаю, насколько подготовлена наша аудитория... Один ГэВ — это энергия, которая в две тысячи раз больше, чем энергия покоя электрона, то есть энергия электрона, который движется с очень маленькой скоростью. Я для порядка скажу еще, что энергия покоя электрона приблизительно равна 0.5 МэВ, отсюда получаем 1000 МэВ или 1 ГэВ.

Теперь, что касается природы. Вообще говоря, если посмотреть с точки зрения фундаментальности и уникальности явления, то едва ли можно сказать, что это уникальное явление. Всякий ускоренно движущийся заряженный источник — когда он, как электрон в магнитном поле, движется по круговой орбите — излучает. Для того чтобы было такого типа излучение, с таки-

ми свойствами, важно другое. Движение по круговой орбите, это раз, и релятивистские энергии, это два. И необходимо, чтобы движение заряда было с ускорением, например, с центростремительным ускорением.

Были разные модели. Виталий Васильевич уже сказал о Крабовидной туманности. Действительно, считалось, что это излучение от электронов, которые движутся в галактических магнитных полях, наша Галактика заполнена магнитными полями. Что это синхротронное, а точнее магнитно-тормозное излучение электронов можно было определить по спектру излучения. Кроме того, примерно известны напряженности магнитных полей звезд, галактик и так далее. Поэтому это излучение отождествляется с синхротронным.

Но я ещё хочу сказать о другом эффекте, который обсуждался очень интенсивно лет 30 назад, и с ним тоже были связаны большие надежды, по существу, научный переворот, о гравитационном синхротронном излучении. Было затрачено много средств, особенно в Америке, были уникальные эксперименты по поиску источника гравитационных волн синхротронного типа.

В частности, в одной из моделей предполагалось, что в центре нашей галактики есть огромная, массивная черная дыра, с массой больше массы Солнца примерно десять в восьмой степени раз. И космические частицы, двигаясь вокруг черной дыры по почти светогеодезическим траекториям с колоссальной скоро-

стью, излучали гравитационные волны ровно таким же синхротронным механизмом за счет того, что эти частицы обладали центростремительным ускорением. Вот такое излучение пытались наблюдать на Земле. Были экспериментальные работы, в частности, группы Вебера, которые вроде бы показывали, что такое излучение наблюдалось, но, к сожалению, никакие другие лаборатории не подтвердили эти эксперименты.

И ещё буквально два слова, тоже, наверное, для аудитории, насчет линейной поляризации и циркулярной, круговой поляризации. Электромагнитное поле излучения, как известно, характеризуется взаимно-перпендикулярными электрическим и магнитным векторами. Если электрический вектор колеблется в одной плоскости, то это будет линейная поляризация. Но, этот вектор может и вращаться.

И оказалось, что синхротронное излучение обладает такими уникальными свойствами, что при определенных углах можно наблюдать циркулярную поляризацию или линейную поляризацию. В частности, если оно наблюдается очень близко к плоскости орбиты движения электронов, то там будет линейная поляризация, примерно где-то процентов 80.

В.М. По вопросу круговой поляризации в своё время была статья Виталия Иосифовича Гольданского. Он, кстати, был первым председателем комиссии по синхротронному излучению. И он предполагал, что круго-

вая поляризация синхротронного излучения могла вызвать асимметричный синтез. А основа жизни – это асимметричный синтез, белки и сахара – это хиральные структуры. Я помню, он очень спешил её опубликовать и опубликовал в журнале «Коммунист», у меня этот журнал есть. Эта идея до сих пор бродит по миру. Я недавно рецензировал статью, в которой, как один из вариантов асимметричного синтеза, предполагается воздействие синхротронного излучения.

А.Г. Но для этого оно должно присутствовать в природе в гораздо большем масштабе...

В.М. Ну, конечно, здесь интенсивность очень небольшая. На Земле такого излучения не было во время зарождения жизни.

А.Г. Но это, кстати, довод в пользу теории панспермии: если где-то могла создаться ситуация, при которой было такое излучение, давшее асимметричный синтез...

В.М. Да, да. На самом деле, идея очень разумная, конечно, не глупая идея.

А.Г. Теперь мы подходим уже вплотную к ответу на вопрос, что от этого нашему колхозу и почему такое количество ученых занимается этим. Ведь это не только, как я понимаю, теория, это имеет и прикладное значение.

В.М. У всех подобных источников есть прикладное значение и даже промышленное.

На следующем рисунке приведена линейная поляризация для разных энергий, и круговая поляризация, которая достигает ста процентов. Например, чтобы исследовать дихроизм, очень легко переключить левую круговую поляризацию на правую. Но это подстрочное замечание.

Прежде чем мы двинемся дальше, одно замечание о развитии рентгеновских источников. Рентгеновское излучение было открыто в 1895 году. До 1963 года яркость этих источников практически не увеличивалась. Она стала увеличиваться, когда изобрели рентгеновские трубки с вращающимся анодом. А дальше – источники синхротронного излучения, вот какой рост. Синхротронный – в первом поколении. Дальше специализированные источники, это второе поколение. И третье поколение, о котором, если времени хватит, мы два слова скажем. За пол века увеличение яркости почти на 15 порядков. В настоящее время в Дубне строится машина третьего поколения. Там достигаются уже фантастические яркости. На следующем слайде – один из новейших источников синхротронного излучения в США. Здесь, помимо круговых орбит, в прямолинейные промежутки встроены устройства, которые специально искажают магнитное поле – ондуляторы. Справа внизу – излучение линейного ондулятора. Тут специально вносится искажение в магнитное поле с маленьким радиусом. А маленький радиус приводит к

более жесткому излучению при той же энергии. Поэтому ондулятор был первым встроенным устройством. А если использовать длинный ондулятор, 1200 элементов периодичности, то там происходит эффект самоусиления, фактически фазировка на очень большом расстоянии, и получается когерентное рентгеновское излучение. Под строительство этого источника американцы получили деньги из программы СОИ. Потому что у этого длинного ондулятора получаются мгновенные мощности в гигаватты. То есть это сравнимо с мощностью всех электростанций страны.

А.Г. Такая рентгеновская пушка.

В.М. Да, рентгеновская пушка. Они испытывали ее, но это военное приложение, слава Богу, не понадобилось.

А вот другое, очень важное приложение. Из ондулятора можно сделать лазер на свободных электронах. Можно также из линейного ускорителя получить электроны, повернуть их в периодическое поле, и получится лазер на свободных электронах.

В.Х. Есть два типа лазеров. Есть лазер на связанных электронах, так сказать, обычный, где рабочим телом являются атомы, молекулы. И лазер на свободных электронах, такой термин тоже сейчас активно употребляется. С моей точки зрения, отличие состоит в следующем. В лазерах на связанных электронах, то есть в обычных лазерах, спектр энергий электронов строго

дискретный.

И в принципе, там достаточно создать инверсную заселенность верхнего уровня энергии, а нижний уровень освободить, и далее пучком света определенной частоты можно сбросить все электроны с верхнего уровня на нижний, получается усиление...

А.Г. Накачка.

В.Х. «Накачать» – это возбудить электроны. В обычном состоянии, состоянии термодинамического равновесия заселены нижние уровни, то есть уровни с меньшей энергией. А чтобы получить усиление, необходимо создать инверсную заселенность, то есть заселить электронами верхний уровень с большей энергией.

Тут уместно ещё сказать, что идея, собственно, принадлежит Эйнштейну. Ещё в 1917 году он высказал эту идею, о возможности вынужденных переходов электронов между состояниями в двухуровневой квантовой системе.

Что касается лазера на свободных электронах, то, с моей точки зрения, это практически те же самые системы, но они имеют квазинепрерывный спектр энергий. Почему свободные? По крайней мере, в одном направлении, если мы рассматриваем трёхмерное пространство, электроны в них движутся свободно, так как вдоль этого направления никакие силы на электроны не действуют. Дискретный спектр энергий зависит от какого-то дискретного квантового числа. Если же речь

идет о движении в ондуляторах или в магнитном поле, то, например, вдоль магнитного поля электрон движется свободно, а спектр энергий электрона квазинепрерывен. И поэтому в лазере на свободных электронах расстояние между уровнями энергии мало. В лазере на связанных электронах оно велико, скажем между первым и вторым уровнем...

А.Г. Отсюда дискретность.

В.Х. Да, а здесь спектр энергий квазинепрерывен. Поэтому в лазере на свободных электронах всегда задействованы три уровня. И если вы даже создадите инверсную заселенность среднего уровня, а нижний станет пустым, то вынужденные переходы электронов возможны как на нижний, так и на верхний уровни. Однако здесь оказывается существенным так называемый эффект отдачи за счет излучения фотона. Когда фотон взаимодействует с электроном, последний переизлучает фотоны. Из-за того что спектр непрерывный, электрон чувствует любую отдачу при взаимодействии, хотя энергия и импульс фотона малы, в то время как при дискретном спектре он не получает отдачи. А здесь он чувствует даже маленькую отдачу. За счет этого задействованы три уровня. Игра идет на том, что уровни слабо неэквидистантны, частоты и вероятности переходов вниз и вверх чуть-чуть отличаются, так что в результате получается усиление падающего пучка фотонов.

Кроме того, можно дать такое определение: в отличие от лазеров на связанных электронах, лазеры на свободных электронах – это, как правило, устройства, в которых используются макроскопические электромагнитные поля. Скажем, электроны в накопителях движутся в макроскопическом магнитном поле.

В ондуляторе то же самое – мы видим макроскопическую траекторию. И кроме того, теорию лазера на свободных электронах можно строить как квантовую теорию (то есть фактически по Эйнштейну), а можно построить классическую теорию, используя чисто классический подход, рассмотрев, скажем, механизмы группировки электронов за счет действия электромагнитной волны и последующего когерентного электромагнитного излучения этих электронов.

Но тут всё же уместно отметить, что впервые идея о лазере на свободных электронах была высказана ещё в 1933 году Капицей Петром Леонидовичем и Дираком. Они рассмотрели теоретическую задачу рассеяния электрона на стоячей световой волне. По существу, это что-то вроде ондулятора. И тогда уже предсказали, что в такой системе возможно усиление этой волны за счет электронного пучка, взаимодействующего со стоячей волной.

У лазера на свободных электронах есть ещё одно преимущество.

Дело в том, что атом создан природой, частоты,

на которых он излучает, фиксированы. Мы не можем залезть в структуру атома и изменить его частоты. А здесь мы можем перестраивать частоты, изменяя энергии электронов, меняя напряженности макроскопических полей (это в наших силах), то есть мы можем получать излучение на разных участках спектра.

Но, правда, есть и большой минус. Пучки электронов, к сожалению, значительно менее плотные, чем в лазерах на связанных электронах, и мощности всё же маловато здесь получается.

А.Г. Но зато это источник когерентного излучения.

В.Х. Да, да.

В.М. Это встроенные устройства для источников третьего поколения. Это то, что в Дубне строится, они начинают не с кольца накопителя, а с линейного ускорителя на выходе, которого стоит лазер на свободных электронах.

А здесь на картинке то, что было в «Курьере ЦЕР-На» рядом с маленьким синхротроном. Это современный европейский источник СИ, общеевропейский. Видите, рядом с ним маленькие автомобильчики? Это уже рентгеновский источник гигантских размеров. На нижнем рисунке показано, как с орбиты выводятся каналы синхротронного излучения. Это рентгеновский эксперимент. Двинемся дальше, чтобы успеть рассказать немножко про применение. Кому сказать, чтобы...

На следующем слайде показано, как выходит из по-

воротного магнита излучение, оно голубенькое, а дальше – биозащита. В рентгеновском источнике нужна, конечно, биозащита. На этом слайде показано, в каких областях применяют синхротронное излучение: в биологии, в литографии, в физике, в медицине...

А.Г. Это излучение, по сути дела, заменяет источники рентгеновского излучения.

В.М. Да, конечно, в молекулярной биологии, для рентгеноструктурных исследований белков размером в один ангстрем. Начиналось-то всё с твердого тела, а сейчас много работ по биологии. И у нас в стране есть группа, в Пущено, которая успешно этим занимается (А.А. Вазина). Применение для микролитографии, для микроэлектроники. Физика, конечно, тоже есть, про неё пока не будем.

А вот очень интересное применение в медицине. Кажалось бы, почему такое сильное рентгеновское излучение в медицине, в диагностике, оказывается менее вредным, менее опасным, чем обычная трубка? С трубками используют весь спектр, а здесь можно использовать монохроматическое. Поэтому в интеграле радиационные нагрузки в сотни раз уменьшаются.

Следующий рисунок из немецкой книги про синхротронное излучение. Авторы пишут, что Ньютон ничего не знал о синхротронном излучении. Но то, что он открыл – дисперсия света – используется практически во всех спектральных приборах, которые устанавлива-

ются в камерах синхротронного излучения. Вообще-то здесь специфика определения есть, очень много преимуществ, потому что параллельный пучок можно сразу ставить дифракционную решетку без входного коллиматора.

Пример на слайде – наша установка в Курчатовском институте для вакуумного ультрафиолета. А вот применение в медицине. Пациент сидит в кресле, которое перемещается по вертикали. Здесь показан пример двухцветной рентгеновской диагностики. Из ондулятора выходит излучение, два рентгеновских монохроматора дают разные длины волн. Одна длина волны – до максимума поглощения контрастора, который ввели. А другая – в максимуме контрастора. А дальше компьютер обрабатывает результаты, и на снимке остаются только сосуды. В Америке эта диагностика уже широко применяется.

А.Г. Но такой диагностический центр должен быть привязан, так или иначе, к синхротрону.

В.М. Да. Но в Японии их больше 20, там нет проблем, скорее труднее трубку поставить. Конечно, важно, что радиационные нагрузки меньше, а разрешение намного лучше.

Можно следующую картинку. Это перечисление других применений синхротронного излучения. Это и инвазивная ангиография, и диагностика остеохондроза. Здесь, показано, как меняется структура костей у

человека. Сначала кость крепкая, а потом она превращается в некую сетку. Причем это анимация, где видно, как это происходит, а снято всё на синхротроне.

Следующую картиночку. Здесь показано, что при исследовании синхротронным излучением твердого тела можно получить электроны с глубоких уровней. Это рентгеновские люминофоры, а дальше сцинтилляторы, то, что нужно для ядерной физики. Получается такой круг: сначала это излучение было для ядерной физики вредным, потом его стали применять. Теперь синхротронное излучение дает полезные результаты для ядерной физики, сцинтилляторы ведь для нее нужны.

А.Г. От вредного до необходимого.

В.М. Следующую картинку можно? Это пример наш. Мы исследовали вольфрамат свинца – это сцинтиллятор, который устанавливается в ЦЕРНе, в новом коллайдере, в двух детекторах. И там была та проблема, что не видели короткую компоненту. На синхротронном излучении был получен спектр возбуждения, было показано, что можно использовать очень короткое свечение экситона, и этот кристалл может работать как очень хороший сцинтиллятор. Синхротронное излучение позволило получить такой результат, а дальше они устанавливаются. На слайде детектор и для масштаба – человек, я не знаю, видно человечка, это точка такая серая?

А.Г. Да, да, видно.

В.М. Высота в семиэтажный дом, таков размер детектора. Видно кольцо сиреневое – это сцинтиллятор.

А.Г. Тут возникает вопрос. Понятно, что в квантовой механике, в исследовании микромира, это может помочь очень сильно. А в наблюдательной астрономии?

В.М. В наблюдательной астрономии тоже. Черепашук не рассказывал, что они наблюдают объекты, которые могут излучать магнитно-тормозное излучение? В своей книге по астрофизике В.Л. Гинзбург много говорит о магнитотормозном излучении.

В.Х. Говорят, что напряженность магнитного поля нейтронной звезды (пульсара) была измерена благодаря регистрации синхротронного излучения электронов, движущихся в магнитном поле пульсара. Более точно, вблизи поверхности пульсара движение электронов вдоль силовых линий магнитного поля релятивистское, а в перпендикулярной силовым линиям плоскости – нерелятивистское. То есть вблизи пульсара, электроны излучают на циклотронной частоте (определяемой напряженностью магнитного поля) плюс релятивистский сдвиг частоты за счет эффекта Доплера. Поэтому по частотам электромагнитного излучения, приходящего от пульсара и регистрируемого на Земле, можно измерить напряженность магнитного поля нейтронной звезды.

А.Г. Теперь я начинаю понимать, почему это называ-

ется «светом будущего». Потому что это проникло во все области, которые интересуют физиков.

В.М. Да, а это археология, это древняя греческая ваза в манчестерском музее. Подозревали, что верхняя и нижняя части – разного происхождения. Провели исследование с помощью синхротронного излучения и показали, что всё-таки эти части одного происхождения.

Археология очень много использует сейчас это излучение. В Англии в позапрошлом году была конференция «Синхротронное излучение в археологии». Это очень точный элементный анализ, который не разрушает объект. Просто светишь синхротронным излучением и смотришь рентгеновский спектр. Совершенно не нужно даже соскребывать что-то, в искусствоведении даже применяется.

А.Г. Да, да, в той же самой иконописи, когда записывались одни сюжеты под другими, можно разглядеть скрытый слой...

В.М. Пример из Германии недавний. Они анализировали гравюру Дюрера, там со временем идет накопление ртути, и исследование показало, что кусочек был дорисован. Я слышал эту историю от директора нового берлинского источника.

И, наконец, красным показано то, что будет в Дубне. Это источник третьего поколения. Если мы источник в Дубне все-таки построим, то отставания у нас не

будет. Мы в России изобрели этот источник, открыли его здесь, очень долго держались впереди, а теоретики наши всегда держатся в передовых, никто их не обгоняет.

В.Х. Еще необходимо рассказать про эффект самополяризации.

В.М. Вот под последнюю картинку, на которой изображена схема нового Дубненского источника синхротронного излучения, можно рассказать про эффект Соколова–Тернова.

В.Х. Тем более что прошло ровно 40 лет, в 1963 году этот эффект был предсказан. Здесь речь, собственно, не о применении синхротронного излучения, а я бы сказал, о фундаментальности его. Очень мало у нас явлений, которые, так или иначе, могут подтвердить правильность теоретических расчетов. Их можно перечислить по пальцам, скажем, квантовая электродинамика, прекрасная наука, можно хорошо считать. Потому что там константа взаимодействия мала, можно считать по теории возмущений. Есть эффект Лэмба, поляризация вакуума, аномальный магнитный момент – всё.

Так вот, оказывается, синхротронное излучение – благодаря Соколову и Тернову, которые в 63-м году открыли эффект самополяризации электронов – дает возможность, если угодно, проверить правильность наших теоретических умозаключений, правильность

наших расчетов по квантовой электродинамике. Оказывается, синхротронное излучение существенно влияет на свойства самого электрона, на состояние электрона.

Как происходит эффект самополяризации? Кроме, значит, импульса и энергии, которые характеризуют состояние электрона, есть ещё такое квантовое число, как спин. Когда электрон движется по равновесной орбите в накопительном кольце, он может излучить фотон и перейти в низшее состояние, как с переворотом спина, так и без переворота спина. Вероятность перехода электрона в низшее состояние без переворота спина для современных накопителей примерно в миллиард раз больше, чем вероятность перехода с переворотом спина.

Благодаря тому, что в дуантах, о которых говорил Виталий Васильевич, есть электрическое поле, которое возвращает электрон ровно на ту же самую орбиту, по которой он двигался до излучения фотона... Представьте себе сгусток (пучок), состоящий из миллиарда электронов. Миллиард минус один электрон, излучив фотоны, перешли в низшее состояние без переворота спина, и только один электрон – с переворотом спина, то есть начальное спиновое состояние этого электрона изменилось. Затем все без исключения электроны вернулись в начальное энергетическое состояние за счет электрического поля накопителя. Очень важ-

но, что электрическое поле компенсирует потери энергии электрона, но не меняет его спиновое состояние. И если такой сгусток электронов держать примерно в течение часа на равновесной орбите накопителя, то все электроны, в конце концов, согласно законам квантовой механики (а это вероятностная наука) должны перейти в такое состояние, в котором их спины будут направлены ровно против магнитного поля. Это уникальное явление.

Во-первых, оно дает возможность подтвердить, что квантовая электродинамика, которая была построена Швингером, Томаногой, Фейнманом – совершенно правильна, она работает идеально, по крайней мере, в низших порядках теории возмущений. И второе, уже с точки зрения применения, этот эффект дает возможность получать поляризованные пучки электронов, что важно уже для дальнейших экспериментов. Этот эффект авторами был назван эффектом самополяризации, его часто также называют эффектом радиационной поляризации. Потому что этот эффект происходит за счет излучения фотонов электронами.

В.М. В мире его называют эффект Соколова-Тернова.

В заключение, на слайде схема Дубненского источника синхротронного излучения – ДЭЛСИ, который сейчас строится. Линейный ускоритель собирается прямо сейчас. Многие узлы привезены из Голландии.

дии. Я надеюсь, что он скоро заработает. Это будет источник третьего поколения. Это – будущее, и разумно, что это будет в Дубне.

А.Г. Будем надеяться, что будет, несмотря на то, что у нас происходит...