

Лекция 5.

Сегодня я хотел рассказать не о настоящих планетах, точнее говоря, не о планетах в обычном понимании нашем земном: о планетах-гигантах, об астероидах, о метеоритах и других телах Солнечной системы, которые несколько не укладываются в привычные геологические понятия, но, в то же время, представление о которых следует иметь.

Самые окраины Солнечной системы, они настолько неизвестны, что мне не хотелось бы о них ничего говорить. Больше того, что в курсе обычной астрономии, сказать о Плутоне я ничего не могу. Что это за тело, как оно устроено – я ничего не знаю.

Я могу несколько познакомить вас с планетами-гигантами: с Юпитером, с Сатурном. Но тоже, собственно, очень кратко. Сейчас, как вы знаете, американцы пустили космический корабль на окраины Солнечной системы. Два их. Один из них как будто бы погиб, перестал давать сигналы, но, может быть, и будет восстановлено... Которые имеют очень интересный маршрут: они должны пройти мимо Сатурна и Юпитера, выйти за их орбиты и потом вернуться с другой стороны Солнца, вернуться через одиннадцать лет. И вот накопленные данные, которые пролетным путем будут получены, они должны рассказать Земле на обратном пути. Вот это очень интересный эксперимент, и результаты его надо ждать всерьез. Пока мы знаем, все-таки, очень мало и, главным образом, астрономические данные.

Юпитер – это самая большая планета Солнечной системы (примерно в 400 раз больше Земли по массе), которая интересна тем, что она, собственно, несет за собой основной момент движения Солнечной системы, планет Солнечной системы. И вот это является постоянным преткновением к объяснению происхождения системы – масса вся сосредоточена в Солнце, а всё движение сосредоточено вот в этих планетах-гигантах. Как увязать одно с другим не очень ясно, астрономы бьются, существует много гипотез, которые связывают это с электромагнитными силами, с электромагнитным приводом, как это говорят; но удовлетворительного объяснения нет. Так что это всё неясно, в общем.

Но, несмотря на громадные размеры Юпитера и очень большое давление в центре, которое достигает 85 млн. атмосфер, так приблизительно считают (запишите, наверно, порядка 100 млн., будет спокойней), средняя плотность Юпитера всего 0,24 по отношению к Земле. Это говорит о том, что Юпитер, по крайней мере, на 70-80% состоит из водорода, в спектре атмосферы открыты также метан, аммиак; и только самая центральная часть, очевидно, содержит какие-то менее летучие соединения. Плотность в центре Юпитера, сейчас считается, что порядка 11 г/см^3 , т.е. это значит довольно большая плотность, близкая к плотности ядра Земли, но при давлении в 100 млн. атмосфер.

Пожалуй, самое интересное то, что в таких планетах-гигантах давление и условия в ядре уже находятся на границе атомной устойчивости. Значит, Юпитер испускает некоторое

количество собственного тепла, он находится где-то на грани между звездой и планетой. Еще немножко, и он бы начал светиться. Кстати, на поверхности Юпитера имеется интересное образование, так называемое «красное пятно», природа которого неясна, но обычно его рассматривают как постоянный конвективный поток из центральных частей планеты или, во всяком случае, атмосферы планеты, который обладает повышенной тепловой отдачей.

Постоянство радиоактивного распада, вы знаете, что даже на Земле иногда оспаривается. Скажем, давление в ядре Земли некоторые считают достаточное для того, чтобы изменить несколько скорость К-захвата, скорость распада радиоактивного калия-40. но это вопрос спорный. Но когда мы переходим от миллионов атмосфер, которые мы имеем на Земле, к сотням миллионов, которые наблюдаем в ядре Юпитера, то это становится уже серьезным соображением, которое надо учитывать.

Юпитер имеет собственное магнитное поле хорошо выраженное (мы впервые столкнулись с магнитным полем планеты после Земли здесь) и четко выраженные радиационные пояса. Значит, вот в этом отношении он похож на Землю больше, чем какие-либо другие тела.

Вокруг Юпитера вращаются 12 спутников ([сейчас известно 63](#)). Они имеют довольно крупные размеры. Ну, скажем, Ганимед имеет диаметр порядка 5 000 км, это наиболее крупный, но очень небольшую плотность, плотность такого же порядка, как плотность Луны, $2,35 \text{ г/см}^3$. Размер его средний где-то между Меркурием и Луной, а плотность очень невелика.

Одновременно я скажу о Сатурне, который имеет 10 спутников уже крупных ([сейчас всего известно 62](#)), из которых наиболее крупные – это Рея и Феба имеют диаметры порядка полутора тысяч километров, 1400 ([в БЭС 1530 км](#)) и 1333 км ([в БЭС – 220 км](#)). Причем у Фебы плотность еще меньше, плотность всего полтора г/см^3 .

Еще особенностью Сатурна является, как вы знаете кольцо, которое состоит из множества весьма мелких тел, которые можно называть спутниками.

О поверхности и о строении спутников Юпитера, также как и Сатурна, можно сказать известно, что некоторые из них имеют атмосферу. Какого состава она неясно. Вопрос с атмосферой тесно связан с тем количеством тепла, которое испускает сам Юпитер, потому что на расстоянии Юпитера количество тепла, получаемое планетой от Солнца, составляет примерно 3-4 сотых от тепла, получаемого Землей, т.е. температуры там очень низкие, и большинство газов должны конденсироваться. Но если имеется некоторый подогрев со стороны Юпитера, тогда это может изменяться.

Очень любопытно, что американский межпланетный корабль, о котором я говорил, показал, что один из спутников Юпитера имеет очень высокую отражательную способность. Эти данные еще не очень надежные, не очень проверенные, они предварительные. Но они предполагают, что это не за счет льдов, которыми могла бы быть покрыта поверхность, льдов сложного состава; а почему-то высказали предположение, что это солевые выцветы. Почему они это так считают, я сейчас не могу вам сказать, это совершенно свежие такие вещи.

Значит, планеты-гиганты имеют какое-то подобие, ну, со звездами, окруженными планетами. Они сами по себе являются такой звездной системой. Причем в расстояниях спутников, которые вращаются вокруг центрального тела, наблюдается та же определенная закономерность, которая известна для расстояний между Солнцем и планетами.

В составе Сатурна, очевидно, значительно больше таких элементов как азот, углерод по сравнению с Юпитером. Т.е. там метаново-аммиачные соединения более развиты. Существует целый ряд таких спекулятивных построений, которые говорят о возможности метаново-аммиачной жизни, где жидкий аммиак мог бы являться таким же универсальным растворителем, каким является вода на Земле. Но это совершенные спекуляции.

Наверно, я сразу скажу вам несколько слов, таких, методологических, о гипотезах. Что у астрономов и у космогонистов вообще серьезное переувлечение гипотезами идет. Фактов так мало известно, что становится жить скучно и хочется их объяснять, а объяснять можно по-разному, особенно, когда это касается происхождения всех систем. Определенное следствие родит определенную причину – прямое действие, и, в то же время, одно и то же следствие может возникнуть в результате самых разных причин. И вот по мере того, как мы углубляемся в глубину времен и отходим от фактического знания, тут свобода действий получается довольно большая. Значит, одновременно существует, всегда существует, целый ряд космогонических гипотез, целый ряд гипотез, объясняющих строение того или другого тела, которым особенно верить нельзя.

И тут, может быть, стоит вам сказать о такой вещи, связанной с метеоритами... Тоже любопытная вещь, что в ряде получается, что даже прогресс науки в одной отрасли тормозит развитие других отраслей науки. Так получилось с метеоритами. Когда-то, как вы знаете, всё было просто, ясно: была небесная твердь, которая либо железная была, либо каменная, от этой небесной тверди отрывались отдельные куски, падали на Землю в виде ли священных камней, в виде ли объектов музейного хранения, и они хранились везде. А потом Вселенная оказалась пустой – тверди не оказалось, и Французская Академия весьма уверенно заявила о том, что с неба никаких камней падать не может. Пространство раздвинулось, звезды отъехали, и было это совершенно официально объявлено. После этого большое количество

метеоритов, которые хранились в музеях, к сожалению, было выкинуто просто. И понадобились довольно героические усилия, которые начались с изучения нашего Палласова железа– железокосмического метеорита, который в Сибири выпал; Хладни его изучал, который показал, что такое образование не может образоваться на Земле. Так вот, понадобились героические усилия для того, чтобы опровергнуть коллективное мнение Французской академии наук; показать, что все-таки камни могут падать с неба. Значит, слишком большая уверенность в таких теоретических построениях, она может повредить в ряде случаев, это учтите.

Я вам показывал в прошлый раз фотографии спутников Марса, говорил о том, что ближе всего они подходят к астероидам. Астероиды занимают место, которое теоретически могла бы занимать планета между орбитой Марса и Юпитера за Марсом, которая представляет целый пояс таких отдельных тел. Число их довольно велико, но неизвестно. Но, если использовать закон, который, вообще говоря, типичен для законов дробления, для законов распределения небесных тел, то окажется, что самым большим астероидом является Церера, которая имеет диаметр около 700 км ([в энциклопедическом словаре 2009 года – 974,6 км](#)). И, если рассчитать число таких астероидов до километра размером, то их получится сотни миллионов, 10^8 приблизительно считается. Но при очень небольшой массе. Суммарная масса вот этих астероидов равна всего 0,1 земной массы.

Наиболее крупные астероиды – это Церера, как я вам говорил 700км, Паллада – 490 ([БЭС – 583 км](#)), Веста – 370 ([БЭС – 555 км](#)), Юнона – 180 ([БЭС – 290*245 км](#)), ну, остальные уже резко спадают.

На некоторых из астероидов астрономы замечали следы атмосферы. Причем будто бы, вот такие явления атмосферного порядка были замечены даже и после того, как была изобретена фотография, на фотографиях. Является ли это настоящей атмосферой, какой-то более-менее постоянной, или является результатом, скажем, удара метеорита о поверхность астероида и частным явлением взрывного порядка, это остается непонятным. Также как, в общем, непонятна природа временных явлений на Луне. Там большое количество таких временных явлений отмечено, в последнем списке их больше шестисот, но, в общем-то, нет ни одного вполне достоверного явления и нет надежного объяснения того, что произошло. То ли это выброс газа, то ли это удар метеорита, то ли это обвал, то ли что-то... ну вот какое-то изменение произошло, которое замечено. Может быть, к такому же роду явлений относятся те явления, которые связаны с атмосферой на астероидах.

Очень характерно то, что разные астероиды имеют разное альbedo, т.е. светлоту – это значит различный химический состав, и колебания этого химического состава довольно серьезны. Вот дальше я буду говорить, что метеориты относятся к наиболее примитивным

телам Солнечной системы, наименее дифференцированным, но всё равно там дифференциация очень велика. Так вот, как не рассматривать астероиды – они имеют уже серьезный дифференцированный состав, судя по цвету.

На происхождение этого кольца существует две группы гипотез. Одна рассматривает систему, как результат взрыва какой-то планеты, которая существовала. Другая говорит о том, что это процесс наоборот несобравшейся планеты, типа кольца Сатурна. Что это тела, которые не сумели собраться в планету. Возможно, что истиной является середина, т.е. реально наблюдаемые астероиды являются осколками, но осколками не одной планеты, скажем Фаетона, а, по крайней мере, 5-6 исходных родоначальных тел, размеры которых вряд ли превышали Луну. Это прослеживается по химическому составу метеоритов, которые рассматриваются как выходцы из пояса астероидов и которые нельзя свести все-таки в одну геохимическую группу. Значит вот это такая наиболее вероятная система.

Следующей категорией тел Солнечной системы являются кометы. Кометы, по-видимому, связаны рядом переходов с астероидами. Они отличаются, прежде всего, тем, что они богаты газами. Если астероиды практически все-таки не имеют атмосферы, имеют минимальное количество каких-то определенных газов, хотя, может быть, и не такое маленькое, в общем-то; то кометы характерны своей мощной оболочкой, ледяной вдалеке, которая превращается в газовую при приближении кометы к Солнцу. Общее число комет сейчас рассматривается по-разному. Но оценивается порядка сотен миллиардов, скажем, штук. Но с очень небольшой массой. Масса их такого же порядка, как масса астероидов, т.е. около 10% массы Земли всего-навсего.

Каждое кометное тело имеет плотное ядро или относительно плотное, скажем так, которое имеет диаметр всего в несколько километров. Значит, по весу это сотни миллионов или миллиарды тонн всего-навсего. В космическом масштабе это ничтожная величина. Это ядро при приближении к Солнцу одевает сравнительно плотная оболочка, газовая или газопылевая, которая уже имеет диаметр порядка десятков или сотен тысяч километров, при плотности газа порядка 10^{-6} - 10^{-5} , в таком роде. И всё это дело заканчивается хвостом, который простирается на миллионы километров. Хвост представляет собой видимое «ничто», как образно говорят.

Состав ядра четко разделяется на летучие и нелетучие составные части. При приближении к Солнцу **сначала** начинают светиться летучие части, которые состоят из соединений углерода и азота, с водородом, конечно. А при приближении к Солнцу начинают уже светиться тугоплавкие элементы. Значит вблизи Солнца в составе кометной головы, которая состоит из ядра и комы, известно, по-моему, 15 элементов.

Там Na (натрий), K (калий), Ca (кальций), V (ванадий), Cr (хром), Mn (марганец), Fe

(железо), Co (кобальт), Ni (никель) и Cu(медь). Странно, вероятней, это связано просто с особенностями спектрального определения, что не отмечены такие элементы, как Si (кремний), Mg (магний), скажем. В хвосте и коме, преобладают H (водород), He (гелий) с вопросом, C (углерод), N (азот), O (кислород). Существование гелия несколько сомнительно, и, во всяком случае, очень интересно, если он действительно есть. Потому что, если он есть, то он, значит, находится в каком-то связанном состоянии там и из которого он освобождается в газообразное состояние.

Наиболее интересно это молекулярное строение головы кометы. Там отмечены такие молекулы, как C_2 , C_3 - радикалы, CH, NH, CH_2 , OH, CO_2 , NH_2 , CO, N_2 , H_2O . По-видимому, могут существовать довольно сложные соединения, вот такого органического плана. Если мы посмотрим на соединения, которые встречаются, скажем, в углистых хондритах в метеоритах, то там могут возникать довольно сложные органические соединения. К сожалению, до сих пор... (да, циан, конечно – видимо кто-то подсказал, что надо дополнить список выше) до сих пор, как следует, эти соединения не были исследованы. Один из проектов изучения комет заключается в том, чтобы пустить ракету, которая «прострелила» бы кому кометы и получила бы прямое определение состава сравнительно сложных вещей. Это было бы крайне интересно, конечно. Но это при условии молекулярного определения.

В ядрах комет отмечены синильная кислота HCN, аммиак NH_3 , CH_4 , C_2H_2 , и есть все основания думать, что соединения могут быть весьма сложные.

Хвост кометы, он резко отличается по составу от головы, потому что он содержит, главным образом, уже продукты фотодиссоциации веществ, которые находятся в головной части, и поэтому преобладают там такие соединения, как CO, например, сравнительно малоинтересные. Строение хвоста показывает, что в его составе тоже встречаются как газообразные тела, так и твердые частички. В зависимости от соотношения тех и других или в зависимости от крупности твердых составляющих форма хвоста бывает разная, в зависимости от преобладания светового давления или других эффектов и притяжения к Солнцу при приближении к Солнцу. Вот разность между силами притяжения и силами отталкивания может достигать до 20 раз по отношению к разным телам.

Остатками комет являются метеоры, метеорные дожди. Спектры метеоров изучались многократно, но, надо сказать, изучены плохо. В общем, они содержат те же тугоплавкие элементы, которые содержатся в кометах, но не найден там ванадий (V) и медь (Cu). В спектрах метеоров не было замечено. Почему – не очень понятно. Метеорные потоки, которые связаны с разными кометами (они определяются не по названию комет, обычно, а по названию созвездий), они имеют разные составы. С чем это связано: действительно с

разным составом вещества или просто с разной скоростью вхождения в атмосферу и, поэтому с разной степенью ионизации, это не очень понятно.

Встреча небесного тела – метеорита, метеора с Землей может находиться в определенных пределах скорости. Эти пределы скорости от 11,2 км/с, если тело падает на Землю из бесконечности **только** под влиянием силы тяжести, и доходить до 72 км/с, если тело движется навстречу Земле, и сюда же складывается скорость Земли и скорость движущегося тела. Собственная скорость Земли вокруг Солнца – это 30 км/с, предел параболической скорости – это 42 км/с; вот максимальная скорость, с которой может быть встреча тела, происходящего из Солнечной системы, с Землей – это 72 км/с. От 11 км/с до 72 км/с в это всё укладывается.

Если тело идет со скоростью больше, чем 72 км/с, это значит, что оно пришло из-за пределов Солнечной системы. Были несколько таких определений, которые говорили как будто бы о том, что некоторые кометы и некоторые даже метеоры имеют большую скорость. Но дальнейшая проверка не подтвердила этого. По-видимому, это ошибочно. Значит, вот тел, попадающих в нашу Солнечную систему из других звездных систем пока неизвестно, хотя в принципе, это вполне вероятно, вполне возможно, но достоверно нет.

В то же время, некоторые кометы, по-видимому, покидают Солнечную систему. Они приобретают скорость больше, чем гелиоцентрическая скорость, больше 42 км/с под влиянием движения к Солнцу, и тогда они уходят за пределы Солнечной системы. Значит, как будто бы, если есть движение вещества за пределы, то должно быть и вероятно поступление вещества из других звездных систем. Но этого нет.

Так вот, говоря о спектрах, можно сравнить Дракониды – это поток, который встречается с Землей со скоростью 23 км/с и который не имеет четко выраженных линий элементов, сплошной спектр, мало выраженный; и Персеиды, которые встречаются со скоростью 60 км/с, и уже там четко выраженные линии известны кальция, магния и кремния, тех элементов, которые в кометах не имеют.

На происхождение комет нет определенного, четкого всё-таки, такого однозначного взгляда. Большинство считает, что имеется, так называемое, депо комет где-то у пределов Солнечной системы, где конденсируются газы, собираются мельчайшие пылинки и, под влиянием ряда возмущений, вот эти тела время от времени приближаются к Солнцу, приближаются к Земле. Но против этого есть довольно серьезные возражения. Эти возражения связаны с тем. Во-первых, что по ряду подсчетов на границах Солнечной системы будто бы газа должны не конденсироваться, а выдуваться за пределы Солнечной системы. И второе, это то, что кометы, которые мы видим, имеют явно небольшой возраст (это, в общем-то, периодические кометы – долгопериодические или короткопериодические,

но периодические, раз они эллиптические орбиты имеют), они теряют довольно много вещества при проходе через Солнце. Ну, скажем, комета Биелы, она буквально за несколько циклов рассеялась. Астрономически это молодые тела, они не могут держаться долго. И запас комет на окраинах Солнечной системы должен бы очень большим быть, для того чтобы они непрерывно рассеивались и, в то же время, сохраняли своё существование. Тут имеются противоречия. В противовес вот такой точке зрения, высказывается точка зрения о том, что кометы могут образовываться в результате соударений тел астероидального типа, в результате соударений происходит дегазация, и этот газ далеко не улетает, а обратная конденсация на продуктах ударений, одна точка зрения. И вторая, которая мало кем защищается, но у нас упорно защищает её профессор Всехсвятский в Киеве, который рассматривает кометы как результаты выбросов вулканического типа или в результате соударений с поверхностью планет. Сначала он говорил о поверхности Юпитера, сейчас он перешел на спутники Юпитера. Вот такая точка зрения существует. Насколько она надежная, боюсь вам сказать. Основное, что поддерживает такие взгляды, это то, что возраст комет не должен быть астрономически очень большим.

Следующая категория тел, с которыми приходится иметь дело, это наиболее хорошо изученная и, собственно, до недавнего времени единственная категория небесных тел, которая изучалась в лабораториях – это метеориты. Как я вам говорил, их долго не признавали или, точнее говоря, сначала признавали за небесные тела, потом стали не признавать. Само название, так же как метеор, «метеорит» показывает на земное происхождение. Если вы возьмете книжки даже конца всего прошлого века, конца XIX века, да даже и XX века, (вот скажем, Вернадский слово «метеор» употребляет по отношению к метеорологическим явлениям, которые наблюдаются в атмосфере Земли; метеор – это дождь, снег, радуга, северное сияние) и вот метеоры и метеориты попали в эту же категорию явлений, связанных с атмосферой Земли. Это такое унаследованное название.

Метеориты всегда всеми геохимиками рассматриваются как наиболее примитивное вещество Солнечной системы. Но, несмотря на такую примитивность, скажем, по изотопному составу или по богатству элементов, «засоренность» самыми разнообразными элементами, метеориты показывают уже высокую степень дифференциации. Надо хорошо себе представлять, что метеориты **не могут** рассматриваться, как протовещество Солнечной системы, как протовещество планет в целом. Это вещество, прошедшее серьезную дифференциацию.

Прежде всего, большое разделение метеоритов на такие группы, как железные, железо-каменные и каменные. Т.е. содержание кислорода может колебаться почти от нуля в железных метеоритах и до 50%, 49% в каменных метеоритах. То же самое относится и к

кремнию, магнию и другим элементам. Значит, вот эта дифференциация железных метеоритов **очень** четкая, очень наглядная. Но, кроме того, идет и более тонкая дифференциация уже в пределах, скажем, каменных метеоритов. Резко выделяются две группы: группа хондритов и ахондритов.

Ахондриты – это породы, очень похожие на земные породы базальтовой группы. Это кристаллические породы, явно прошедшие стадию расплава и кристаллизации из этого расплава. Существует ряд построений, которые связывают ахондриты с выбросами с Луны или с каких-то более крупных тел, т.е. они, возможно, что являются результатами уже планетарной дифференциации.

И группа хондритов, которые отличаются наличием хондр, как показывает название, высокой пористостью, малой плотностью. Большинство хондритов свободно раздавливаются если не рукой, то при самом слабом ударе молотком они рассыпаются. Свойства, которые показывают, что хондриты не могли образоваться в пределах какого-то крупного родоначального тела. Как произошли хондры, которые являются расстеклованными, раскристаллизованными каплями расплава, не очень ясно.

Тут две точки зрения имеется. Первая говорит о том, что процесс конденсации протопланетного облака идет, по крайней мере, в две стадии. Сначала произошла конденсация. Потом под влиянием мощной вспышки сверхновой или какого-то другого процесса произошло расплавление сконденсировавшегося вещества с образованием капелек в свободном полете, стеклянных капелек. И потом эти капли уже соединились с веществом другой генерации в единое целое, вторая агломерация произошла.

Другая группа гипотез говорит о том, что возможно разделение и в процессе кристаллизации, в едином процессе кристаллизации. Не в крупных телах, а в телах порядка по размеру Луны или меньше, возможно такое каплеобразное разделение стекловаты. По-видимому, это менее вероятно, но, тем не менее, вот такие гипотезы развиваются и проходят.

В пределах хондритов существует тоже большое разнообразие метеоритов по составу. Не надо думать, что это единое целое. Именно хондриты рассматриваются, что как вещество, наиболее близкое к протовеществу, из которого произошли планеты.

Относительно метеоритов идут разногласия, что считать ближе к первичному веществу: обыкновенные хондриты, скажем энстатитовые, или углистые хондриты. Большинство сейчас склоняется к тому, что ближе всего к первичному веществу относятся углистые хондриты. Разница между этими двумя, крайними группами хондритов довольно велика по составу. В качестве примера можно сказать так: что углистые хондриты содержат до 20% воды в своем составе, а энстатитовые хондриты, очевидно, не содержат воды совсем или, во всяком случае, содержат не более полупроцента. В то же время по отношению к железу

углистые хондриты меньше 2% железа содержат, а энстатитовые – порядка 20-22%. Вот так велика степень дифференцированности тех тел, которые мы принимаем за основу для происхождения Земли. При этом, если мы вспомним, что первичные тела могут быть довольно большого размера, порядка тысяч километров они диаметром могут быть, и они могли участвовать в процессе аккреции, если мы рассматриваем процесс образования Земли, как аккреционный процесс, то первичная неоднородность Земли может быть велика в зависимости от того, какой из астероидов куда упал и что он, собственно, складывает.

Если мы говорим о среднем составе метеоритов, тут возникает ряд сложностей, сложностей двух порядков. Прежде всего, вы знаете, что метеориты различают на «падения» и «находки». «Падение» - это тот метеорит, который поднят горяченьким, тепленьким – видно было, когда он упал и как упал, при каких условиях. «Находки» – это метеориты, которые по своим свойствам или камня, или железа относятся к метеоритному веществу, но неизвестно когда и как они упали на Землю. Соотношение между «находками» и «падениями» резко различные. В числе «находок» резко преобладают железные метеориты, ну, естественно, потому что среди земных пород кусок железа всегда обратит на себя внимание. А среди «падений» резко преобладают каменные метеориты, и на железные всего порядка 6% относится. Интересно, что совершенно неизвестно древних метеоритов. Я думаю, что здесь единственное объяснение этому то, что мы их не умеем узнавать, каменные метеориты основного состава, они сравнительно неустойчивы в условиях биосферы, железные тоже неустойчивы, и они быстро разрушаются. Мы их не умеем узнавать и не обращаем внимание. Думаю, что среди аммонитовых конкреций, которые встречаются в необычных для конкреций условиях, на самом деле будет довольно большое количество конкреций метеоритного происхождения.

Очень сложна проблема выделения железных метеоритов потому, что в процессе окисления никель, который характеризует железные метеориты, гораздо более подвижен, чем железо. Значит, железо остается на месте, а никель выщелачивается и уносится куда-то в сторону. В результате получается даже на свежих, ну не свежих, а на окисленных метеоритах, оболочка, которая лишена никеля или сильно обеднена, а если говорить о конкрециях, то конкреция может быть практически лишена никеля и только какая-то зона вокруг него должна быть изыскана.

Второй сложностью является вопрос о представительности падений. Неоднократно высказывались взгляды, что через атмосферу проходят наиболее устойчивые в химическом и физическом плане тела, поэтому происходит сепарация и наше представление об истинном составе, среднем составе метеоритов, оно довольно искажено. Это вполне реальная вещь. При прохождении через атмосферу метеорит среднего размера, размером в несколько

килограммов, он теряет 80-90% своего вещества за счет абляции, значит, мы имеем в руках маленький кусочек. Если метеорит рыхлый или метеорит состоит из неустойчивых каких-то соединений, то мы можем его вообще не получить совершенно.

Очень интересным вопросом является вопрос органических соединений в метеоритах. Лет сейчас уже, наверно, пятнадцать или десять тому назад тут прошла большая волна, связанная с поиском следов жизни в метеоритах. Исследования шли по двум направлениям. С одной стороны, изучались химические соединения метеоритов, которые показали, что там встречаются весьма сложные органические соединения, но химия их отлична от биогенных вещей, это какие-то протобиогенные соединения, сильнохлорированные. И, с другой стороны, она шла просто по признаку морфологическому. Скажем, в метеоритах ... (не разобрала слово, возможно «аргель») были найдены, во-первых, просто микроорганизмы, а, во-вторых, какие-то фальсифицированные формы, которые напоминают микроорганизмы. Это увлечение пошло настолько далеко, что вот формы, напоминающие органическое вещество, стали находить даже в железных метеоритах. Но это совершенно явная ошибка. И сейчас все-таки практически, насколько я знаю, все исследователи пришли к тому, что никаких следов биогенных процессов в метеоритах нет. Во всяком случае, достоверных не найдено. То, что известно, это, по крайней мере, находится под очень большим сомнением, а может быть и надо исключать вообще.

В связи с этим, наверно интересно сказать вообще о вероятности жизни. Если говорить о вероятности жизни в Солнечной системе, я уже вам говорил, что может быть возможна примитивная жизнь какая-то микроорганизмов на Марсе в настоящее время. Вряд ли всерьез можно принимать такие построения, как жизнь воздушного планктона, в плотной атмосфере Венеры. Очевидно, это совершенно не так, полная фантастика. Значит, по сути говоря, надо говорить о других звездных системах. Но тут уж очень большой простор получается для любых фантазий. Реально мы не знаем, существуют ли планетные системы вокруг других звезд. Во всяком случае, планетные системы такого типа, как Солнечная система. Имеются следы того, что около некоторых звезд имеются очень крупные тела планетного типа, типа Юпитера, которые возмущают движение звезды. Но всё остальное является пока что домыслом. И дальше начинаются чисто математические фокусы с умножением на бесконечность: какую бы малую величину вероятности вы не задали существования жизни, при умножении на бесконечное число миров вы получаете то, что вам хочется заранее. По сути говоря, со времен Джордано Бруно мы не сдвинулись тут с места нисколько. Т.е. нет никаких оснований говорить о том, что Земля – единственная, и больше того, из общефилософских соображений, казалось бы, надо признавать множественность обитаемых

миров. Но, в то же время, нет никаких научных данных для того, чтобы это утверждать. Вот так вопрос состоит с этим.

Но возвращаемся к метеоритам. В метеоритах надо различать два возраста или три, даже может быть, возраста. Первый – это возраст вещества, которое сформировало метеорит. Наиболее надежные данные показывают, что возраст этого вещества близок к возрасту Солнечной системы, близок к возрасту Земли, это 4,5-5 млрд. лет. Второй возраст – это возраст дробления, образования тела данных размеров после каких-то процессов соударений, взрывов, чего-то... Он определяется, обычно, уже миллионами или десятками миллионов лет всего. И третий возраст – это возраст – земной возраст. В тех случаях, когда имеется «находка», можно определить время существования, время падения этого метеорита на Землю. При падении метеорита, которое может проходить в интервале скоростей от 11 до 70 км/с, помимо абляции, которая тем больше, чем меньше тело, мы часто наблюдаем явление взрывообразного разрушения. Эти явления – либо взрыва и распада на мельчайшие части в воздухе, в результате чего выпадает или метеоритный дождь, как это было в Сихотэ-Алине, или вообще вещество рассеивается настолько, что мы ничего не находим; либо это взрыв при ударе о поверхность Земли, в результате чего возникает кратер метеоритный. Значит, метеоритные кратеры, среди которых иногда выделяют категорию астроблем. Мне этот термин не нравится, потому что он, собственно, ничем не отличается от метеоритного кратера обычного, или если давать ему характеристику, то надо, наверно, говорить так, что астроблемой является крупный метеоритный кратер, в результате которого возникли явления, напоминающие явления вулканизма или плавления. Иногда это нечетко проводится, и просто астроблемами называются все практически мало-мальски крупные кратеры. Так вот, их на Земле довольно много. Вы, наверно, помните все такие известные названия, как Попигайский кратер, Аризонский кратер, целую систему канадских кратеров, Ризский кратер в Западной Европе, хорошо изученный Каалиярви ([в БСЭ - Каали](#)) в Эстонии и т.д., и т.д., которые объединены достоверностью. Кроме того, имеется много кольцевых структур, которые не известно с чем связаны. Сейчас наблюдается явное, совершенно явное, переувлечение этими самыми кольцевыми структурами и связью их с метеоритными кратерами. Тут основная проблема заключается в проблеме унаследования. Вот если мы примем какое-то время, в течении которого может жить кратер, то зная плотность метеоритного потока, распределение метеоритов по массам, мы можем заранее предсказать, сколько кратеров должно быть на заданной территории или возникнуть на заданной территории в заданное время. Это довольно простая задача. Но тут мы приходим к тому, что крупных кратеров не должно быть слишком много, падения достаточно редки. А вот в современном переувлечении, если мы возьмем сейчас некоторые геологические карты

Казахстана, то к разряду метеоритных кратеров относится колоссальное количество структур. Это может только быть при одном условии – при условии унаследования структуры, в течение, по крайней мере, 3-3,5 млрд. лет до палеозоя или мезозоя, которые выходят на современную поверхность. Вот если мы примем, что структура размером, скажем, в сотню километров или меньше, может существовать, не залечиваясь, в течение 3-4 млрд. лет, тогда это становится вероятно. Тогда вероятно уже связывание таких вещей, как нуклеарные тектонические структуры древнейшие, с метеоритными падениями. А если это не признавать, тогда надо сразу снять значительное количество этих структур, снять их связь с падением метеоритов.

Значит, кратерообразующие падения,... ну я говорил, и вы видели на Луне их, на Марсе, не буду о них говорить, вы, наверно, слушали доклад Фельдмана, многие из вас, или смотрели образцы.

Я скажу несколько о возможности крупных взрывов в воздухе. Вот примером такого взрыва является Тунгусское знаменитое падение. Вероятней всего, что причиной такого взрыва послужил не настоящий метеорит, а рыхлое тело, которое легче всего сблизать с кометами. Но, тем не менее, при ударе о плотную атмосферу на высоте порядка 6 км приблизительно, возник мощный взрыв, в результате которого **был** повален лес на площади около 2 000 кв.км. Но, в то же время, на поверхности Земли никаких разрушений не было. Там возник пожар, который показывает, что плотность энергии, при этом приходящей на Землю, была сравнительно невелика. Т.е. это множественное возгорание с очень небольшой плотностью энергии, порядка 10-15 кал/см² всего, только-только достаточная, для чтобы загорелась сухая трава, сухое гнильё какое-нибудь и всё. Никаких следов больших плотностей энергии, которые могли бы быть связаны с необычными источниками взрыва, скажем с ядерным взрывом или с чем-то подобным с аннигиляцией вещества, антиматерии, как иногда высказываются, там нет. Значит, это довольно обычное разрушение, но крупного рыхлого тела при ударе об атмосферу.

В районе Тунгусского метеорита и на поверхности всей Земли в результате абляции метеоритов, в результате падения метеорных дождей выпадает космическая пыль. Количество этой пыли, которая выпадает на Землю довольно велико. Оно точно не определено, но наиболее вероятной я считаю величину от сотен тысяч до миллионов тонн в год на поверхность Земли. Основная сложность заключается в трудности распознавания этой пыли. Как доказать космическое происхождение вот такой пыли? Дело в том, что отдельная частичка, которая, проходя через атмосферу, плавится даже, (железная частичка, железоникелистовая частичка) она выгорает неравномерно. Она выгорает таким образом, что в окисной пленке, которая покрывает частицу, никель улетает. Остается чистое железо. Вот в

тех случаях, когда шарик космической пыли содержит железное ядро, сохраняющееся (металлическое, не полностью **железное**), там четко это заметно: окисная оболочка почти чисто железная, магнетитовая, точнее говоря, или вюститовая, при сохранении в ядре железо-никелевого состава. Когда частица окислилась нацело, то определить её космичность довольно трудно. И вот в определении космичности и некосмичности частицы тут много идет споров, много неясностей. Это основная сложность изучения такой пыли. Интересно, что, если находки метеоритов относятся реально к четвертичному или верхнетретичному времени самые древние, то изучение космической пыли приводит к тому, что она выпадала в течение всей истории Земли. В частности, мне приходилось изучать содержание космической пыли в пермских солях. И вот там оказалось, что плотность выпадения приблизительно такая же, как сейчас. Значит, приблизительно за 300 млн. лет серьезных изменений в количестве выпадений не произошло, если не считать, что пермский период совпадает какому-то периоду галактического года, аналогичному современности. Но это, во всяком случае, колебания будут небольшие. Среди наиболее мощных отложений космической пыли, очевидно, надо назвать красную океаническую глубоководную глину, которая, если не нацело сложена космическим веществом, то в значительной степени, что показывает и увеличение концентрации никеля в ней, и повышенное отношение гелий-3 к гелию-4^{ому}. Значит, примесь космогенного вещества в красных океанических глинах весьма велика.

Интересной категорией является категория **необычных** метеоритов. Вот, в частности, ледяных метеоритов. Достоверных падений ледяных метеоритов на Землю нет. Но есть явления, которые легче всего было бы связать с выпадением ледяных метеоритов, теоретическое существование которых вполне реально. Лично мне пришлось исследовать такой предполагаемый метеорит, в Домодедове было падение большого куска льда. Около 20 кг кусок льда упал, от которого отказались все воздушные наши работники, работники авиации, и мне пришлось его детально исследовать. Я считаю, что это крайне интересная работа была, потому что нет критерия отнесения к космическому веществу. Довольно быстро там оказалось, что присутствуют аммиачные соединения, сложные органические соединения. Но учитывая то, что они же встречаются в составе комет, это не являлось никоим образом критерием земного происхождения. Возиться пришлось довольно долго, и, в конце концов, вопрос решил микробиологический анализ. Что там оказались земная микрофлора, бактерии, типа кишечных бактерий. Так что, это оказалось просто выбросом из самолета или, может быть, со спутника; откуда-то оттуда. Но вот сам процесс изучения и подхода к этому, он был крайне интересен. Значит, я нисколько не раскаиваюсь в том, что с

этим пришлось иметь дело. Хотя, конечно, мы были огорчены страшным образом, когда это произошло.

Я бы ваше внимание еще обратил на такие легендарные вещи, которые современная наука не признает. О тарелочках я тоже скажу (похоже, ответ на реплику из зала). А вот есть указания летописные, и мне рассказывал очевидец, что будто бы иногда с неба падает кисель. Это вот вещество, типа студня, которое охотно едят собаки. И мне рассказывал очевидец, как он с этим делом возился. Пастух объяснял, что это встречается, в Смоленской области было, будто бы собаки от этого бешутся. Но вот факт тот, что какое-то странное выпадение при ясном небе. Спрашивается, возможно или невозможно, вот такие сложные органические соединения, явно органические соединения, которые попали бы из внеземных вещей? Очевидно, в принципе, возможно. Значит, надо их искать и смотреть. Ну, вот ведь в метеоритах очень сложные органические соединения есть. В кометах тоже очень сложные. Я не говорю, что это биогенные соединения. Я готов с вами согласиться, что биогенные соединения это не могут быть. Но какая степень сложности органики может быть в космических условиях, мы не знаем. Я думаю, что это очень интересная, вообще, проблема.

Следующая категория таких вещей – это тектиты. Тектиты – это стёкла, кислые стёкла, которые по среднему составу очень напоминают средний состав осадочных горных пород. Кремнезёма SiO_2 порядка 70-75%, Al_2O_3 около 12%, К там 2-3%, Mg тоже около 3%, Na порядка 1,5%, вот такой средний состав тектитов. Тектиты распространены полями, довольно четко выраженными полями, имеется несколько таких полей в разных зонах земного шара. И многие из этих тектитов показывают явные следы пролета через атмосферу, баллистическое такое продувание. Много споров шло, являются ли они космогенными или являются результатами падения, скажем, метеоритов или взрыва на поверхности Земли. Основным доводом против земного происхождения являлось, пожалуй, то, что для того, чтобы произвести вот такой мощный выброс тектитов, дать мощное поле тектитов нужен очень мощный кратер, из которого они должны быть выброшены. И вот таких кратеров не находили. Сейчас, как будто бы, связывают, или есть попытки связи, скажем, чешских тектитов с кратером Риз, не очень надежная, но, всё же... может быть, индонезийских тектитов с кратером в Антарктиде. Но вот это не вполне ясные вещи – сам источник происхождения тектитов, если им приписывать земное происхождение.

Очень интересный кратер метеоритный был не так давно описан (собственно, довольно давно описан, но более внимательно изучен у нас в Казахстане, в Приаралье, Жаманшин). Там совершенно тектитообразные стекла находятся практически *in situ*, в пределах кратера метеоритного. Вот, если дальнейшее изучение подтвердит всё это, мне кажется, что должно подтвердить, то это будет промежуточным звеном между настоящими тектитами, которые

прилетели неизвестно откуда, и метеоритными стеклами разного рода, которые известны на Земле.

Но, наверно, надо несколько слов и о «летающих тарелочках» сказать, так называемых неопознанных летающих предметах. По этому поводу, по-моему, наиболее серьезная книжка, есть и на русском языке, у Мензеля «Летающие тарелочки». Значит, в чем тут дело? Я думаю, что, в основном, вопрос заключается в том, что в одну кучу самые разные явления смешаны. Если я вас спрошу: «есть ли приведения?» Приведения есть, конечно, есть: раз кому-то что-то привиделось, значит, приведения есть. Вопрос другой – что это такое, но они существуют. Так и вот с летающими тарелочками. Конечно, есть неопознанные летающие предметы. В сущности, если за спиной у вас взлетела галка или голубь, вы можете сказать, что это неопознанный летающий предмет, раз неизвестно, что это такое. Но, очевидно, в одну кучу свалены самые разные вещи. Начиная от каких-то физических явлений, может быть, и не изученных, и кончая просто шарлатанством. Очевидно, надо правильный ответ сформулировать так: что неопознанные летающие предметы есть, но нет предметов, опознанных как внеземные и, тем более, искусственные. Вот таких предметов нет. Может быть, они и будут, это я не знаю, но на сегодняшний день нет предметов, опознанных как внеземные, искусственные вещи.

Ну, вот я вам очень коротко рассказал о самых разных вещах, которые окружают Землю, напоминают Землю или выпадают на Землю. Какие общие итоги надо сделать? В результате изучения других планет мы видим, что те геохимические процессы, которые происходят на Земле, они, в общем-то, типичны для других планет. В целом, базальтовая оболочка Земли, является результатом выплавления какого-то исходного вещества. Процесс такого плавления мы видим на Луне, видим на Марсе. Эндогенный процесс идет сходным путем. Мы видим, что атмосферы планет (я не говорю про планеты-гиганты, а про атмосферы земных планет, гидросферы) не являются производными только земной коры, а действительно связаны с выплавлением вещества (да, и не являются первичными, в астрономическом плане первичными атмосферами). Они являются результатами переработки вещества, уже слагающего или сложившего планету. В то же время, возникновение этих оболочек, очевидно, на самом деле гораздо раньше происходит. Первичное, во всяком случае, начальное, лучше сказать, не первичное в астрономическом плане, а в таком геохимическом, планетарном, гораздо раньше, чем это мы представляли себе, исходя из постепенного процесса дегазации планеты, постепенного формирования земной коры, ядра и т.д. Значит, и ядро, и кора образуются где-то или одновременно с ростом планеты, или в самый начальный период. Вероятней всего, что одновременно. В этом плане, сравнительно бессмысленно стоит вопрос, вопрос о первичности магматических

пород и о вторичности осадочных пород. Это процесс одновременного. Если говорить о первичности, так и уж надо говорить о первичности осадочных пород, подразумевая под осадочными породами совершенно своеобразный тип породы – реголит, который образуется в результате процесса аккреции. С этой стороны, скорее магматические породы являются вторичными. Но, очевидно, это не очень правильно, а надо именно говорить об одновременном и параллельном состоянии вот такого плавления и спокойного осадка образований.

Следующее, что надо сказать это то, что Земля всё-таки резко отличается от других планет по некоторым параметрам, и поэтому всё приравнивать нельзя. На Земле **резко** преобладают, по сравнению с известными нам другими планетами, циклические процессы, геохимические циклические процессы. Земля **резко** отличается присутствием мощной гидросферы, которой нет на других планетах. Отличается наличием магнитного поля. Ну, не говоря уже о биосфере, которая возникла очень рано. По крайней мере, 3,5 млрд. лет тому назад была сформированная биосфера. Как быстро она формировалась сказать трудно, но я думаю, что тут глубоко прав Вернадский, который говорил о том, что она должна была геологически мгновенно образоваться. Потому что, если сначала образовались гетеротрофные, более простые организмы, которые для своего питания нуждаются в органическом веществе, то это органическое вещество будет очень быстро исчерпано. А для того, чтобы образовались автотрофные, зеленые растения, способные создавать такое органическое вещество, они уже имеют достаточно сложную структуру. Вот эти два процесса должны происходить одновременно. Зеленые растения должны образоваться за тот короткий период, пока еще не исчерпаны пищевые запасы для гетеротрофных организмов. Геологически это мгновенный процесс. И еще я должен вам подчеркнуть, очевидно, что в целом всё-таки геолог, геохимик должен исходить из принципа актуализма, из изучения современных процессов, не особенно задаваясь тем, как это **могло** бы быть. И, в общем, этот принцип себя до последнего времени оправдывал. И первый процесс, с которым всерьез мы столкнулись, и который недостаточно был изучен или учтен в современных процессах, это процесс мощного кратерообразования, геологическое и геохимическое значение которого достаточно велико.

Среди геохимических процессов, я могу добавить еще, очень важный процесс недоучтенный – это процесс конденсации, процесс испарения труднолетучих вещей: силикатов, металлов. Это то, что не учтено в обычной геохимии и что имеет колоссальное значение, очевидно, и в планетологии, и, я думаю, что и в ранней истории Земли. А эталоны для понимания ранней истории Земли мы видим на других планетах, в частности, вот на Луне, на Марсе, на более примитивных планетах.

Спасибо.