

КОСМИЧЕСКАЯ ПЫЛЬ НА ЗЕМЛЕ

Земля не представляет собой замкнутую систему, оторванную от просторов космоса. Известно, что мощный приток энергии, идущий от Солнца, определяет течение всех процессов на поверхности Земли. Баланс энергии между Землей и космосом изучается уже давно. В то же время до сих пор существуют лишь смутные представления о ходе обмена веществ. На важность изучения этого процесса неоднократно указывал крупнейший натуралист нашего времени В.И.Вернадский¹.

Как полагает сейчас большинство ученых, образование планет происходило 5–5,5 млрд. лет тому назад из холодного газо-пылевого облака, от которого к настоящему времени сохранились лишь небольшие остатки в виде межпланетного вещества. Между тем, если принять, что всего лишь 1% вещества присоединился к Земле после ее формирования, то средний годовой прирост выразится в 10^{10} т в год².

На самом деле прирост планеты шел по затухающей кривой, и современное приращение массы Земли несравненно меньше средней величины. Однако следует помнить, что характер затухания этой кривой нам совершенно неизвестен.

Формирующаяся Земля в свою очередь теряет часть вещества, отлетающего из поля тяготения планеты. Это, прежде всего, легкие газы — водород и гелий, потеря которых идет непрерывно; на этой стороне процесса мы останавливаться не будем.

Привнос космического вещества на нашу планету идет за счет частиц самых разных размеров — от протонов и ядер элементов, входящих в космические лучи, до гигантских кратерообразующих метеоритов, а также комет, сталкивающихся с Землей. Можно думать, что за время существования планеты значительно менялось не только количество выпадающих частиц, но и их состав.

¹ См. В.И.Вернадский. Об изучении космической пыли (1932). Избр. соч., т. V, стр. 390. Изд-во АН СССР, 1960.

² А.А.Сауков принимает среднюю величину прироста 10^{11} т в год. См. сб. «Взаимодействие наук при изучении Земли», Изд-во АН СССР, 1963.

О межпланетном веществе судят по среднему составу метеоритов — единственных тел внеземного происхождения, которые хорошо изучены в лабораториях путем непосредственного анализа³. Однако в какой степени известные нам метеориты действительно отвечают среднему составу межпланетного вещества и протопланетного облака? Дело в том, что поверхности Земли достигает в виде массивных кусков лишь очень небольшая часть падающего вещества. Это вещество отличается прочной структурой, химической инертностью, а также обладает небольшой скоростью движения относительно Земли, т. е. оно относится к телам астероидального происхождения⁴. Тела, не обладающие этими свойствами, полностью распылятся, не достигнув поверхности Земли. Считается, что в руки исследователей попадает не более 0,5% от всего числа упавших метеоритов⁵ — тел, уже тщательно разделенных по своим свойствам при пролете через атмосферу. Практически свыше 99,99% поступившего только в твердой форме вещества остается вне прямого исследования, и о составе его мы судим по косвенным данным на основании изучаемых нами образцов, составляющих менее 0,005% всего космического вещества, падающего на Землю преимущественно в виде мелкой пыли. Поэтому возникает задача изучения среднего состава этой пыли и определения общего ее количества, выпадающего на Землю.

³ См. *А.П.Виноградов*. Химическая эволюция Земли. Первое чтение им. В.И.Вернадского. Изд-во АН СССР, 1959.

⁴ *В.Г. Фесенков*. О происхождении метеоритов. «Метеоритика», 1948, вып. IV, стр. 38.

⁵ См. *Е.Л.Кринов*. Вестники Вселенной. Географгиз, 1963.

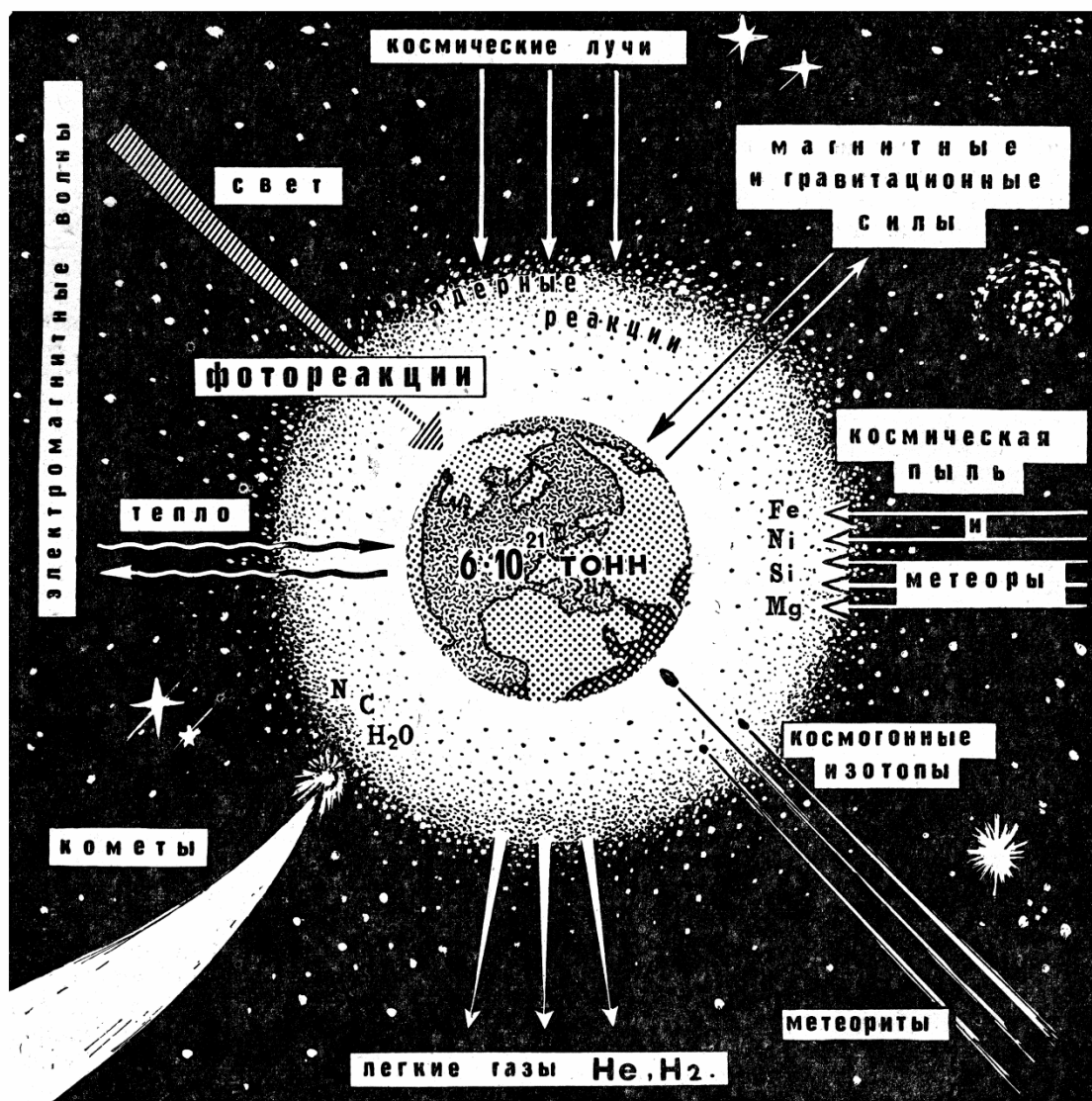


Схема взаимодействия Земли с космосом

МЕТОДИЧЕСКИЕ ТРУДНОСТИ

Решение этой задачи упирается в необходимость привлечения к ней согласованных работ ученых самых различных специальностей. Внепланетная пыль, попадая в пылевую атмосферу Земли, в общем близкую ей по составу, становится ее ничтожной частью и пока не может быть надежно идентифицирована и выделена. Частицы резко разных размеров не могут изучаться одними и теми же методами, а требуют сопоставления результатов, полученных при разных условиях, между которыми не так просто найти надежные коэффициенты корреляции. Полный химический анализ ничтожно малых частичек вещества стал практически осуществим лишь совсем недавно.

Каждый исследователь изучает какие-то сравнительно узкие фракции внеземной пыли (преимущественно ее магнитную часть, лежащую в определенных пределах размеров), и

полученные результаты приходится широко экстраполировать на неизученную до сих пор часть космического вещества.

Астрономические методы основаны либо на изучении рассеяния света пылевыми частицами, либо на наблюдении метеоров. Полученные при этом оценки количества вещества сильно зависят от принятого распределения частиц по массам и скоростям движения. Так, по оценкам Б.Ю.Левина⁶, метеор 2-й звездной величины порождается телом с начальной массой 0,22 г, влетающим в атмосферу со скоростью 55 км/сек.

Относительную роль частиц разного характера в приросте космического вещества на Земле И.С.Астапович⁷ рисует следующим образом.

Общее количество метеорной материи, осаждающееся на Землю за сутки: 1) метеоры — десятки килограммов; 2) метеориты — около 1 т; 3) кратерообразующие метеориты — менее 1 т; 4) телескопические метеоры — несколько тонн; 5) микрометеориты (пыль) — десятки тонн.

Всего около 10^{-16} г/сек·см² или более 16000 т в год.

В этой оценке неясно, в какую группу отнесены частицы распыляющихся метеоритов. Интересно отметить, что изучение торможения метеоритов часто дает низкую плотность вещества метеора, достигающую 0,1 г/см³. Это заставляет предположить существование так называемых пушистых частиц, которые, вероятно, представляют собой либо рыхлые агрегаты микроскопических частиц, либо губчатую массу, напоминающую вулканический пепел. О составе метеоров можно судить по спектрам их свечения, но при этом нужно учитывать, что в спектрах наблюдаются лишь линии наиболее возбуждающихся элементов.

Сейчас намечается, что, по-видимому, распределение внепланетного вещества по размерам частиц происходит так, что суммарные массы частиц каждого размера равны между собой. Это подтверждается прямым изучением внеземной пыли и если будет надежно установлено, то существенно облегчит все расчеты.

КОСМИЧЕСКИЕ ЧАСТИЦЫ В ЛАБОРАТОРИИ

Достаточно чистый тонкораспыленный космический материал, свободный от пыли земного происхождения, можно было собрать на больших высотах в стратосфере — из нижних слоев с помощью самолетов, а из более высоких посредством ракет.

⁶ См. Б.Ю.Левин. Физическая теория метеоров и метеорного вещества в солнечной системе. Изд-во АН СССР, 1956.

⁷ См. И.С.Астапович. Метеорные явления в атмосфере Земли, 1958.

Сбор пыли самолетами показал, что на высоте около 15 км в каждом кубометре воздуха находится примерно 30 частиц размером более 6 м. Свыше 90% приходится на долю прозрачных и полупрозрачных частиц, имеющих, по-видимому, земное происхождение, и только 1% представлен черными шариками, которые могут иметь внеземную природу (данные 1958–1959 гг.).

Интересны попытки сбора внеземной пыли при помощи высотных ракет. В 1961 г. в США была запущена специально оборудованная ракета с громким названием «Летающая западня». Для регистрации ударов и улавливания частиц в конусе ракеты находилось устройство, состоящее из 8 лепесткообразных секций, автоматически разворачивающихся наподобие цветка на высоте 88 км. Устройство оставалось открытым в течение 4 мин., пока ракета не достигла проектной высоты в 168 км и не опустилась до высоты в 116 км, после чего оно автоматически закрылось.

Всего было собрано 133 внеземных частицы. Большинство из них имело размеры от 0,1 до 1,0 м и только 11 частиц было больше одного микрона.

Материал представлен пылинками трех типов: довольно плотные шарики с шероховатой поверхностью, размером в десятые доли микрона, редко достигают одного микрона; неправильные субмикроскопические пылинки; крайне неправильные «пушистые» частицы.

Из общего количества собранного материала 72% приходится на долю неправильных пылинок, 16% — на шарики и 12% — на «пушистые» частицы.

В процессе исследования внеземного вещества при помощи искусственных спутников Земли подсчитывается число ударов частиц, фиксируемое соответствующими датчиками, пьезоэлектрическими, абразивными, микрофонными и прочими, позволяющими определить не только число ударений, но и массу частиц⁸.

Полученные данные показали, что плотность внеземного вещества вокруг Земли не постоянна. Она изменяется во времени и пространстве, и число ударов резко колеблется. Так, например, частота ударов, зарегистрированная третьим советским спутником 15 мая 1958 г., лежала в пределах от 4 до 11 на 1 м²/сек, а затем быстро уменьшилась больше чем в 1000 раз. Это продолжалось в течение многих суток. Предполагается, что 15 мая спутник встретился с метеорным потоком.

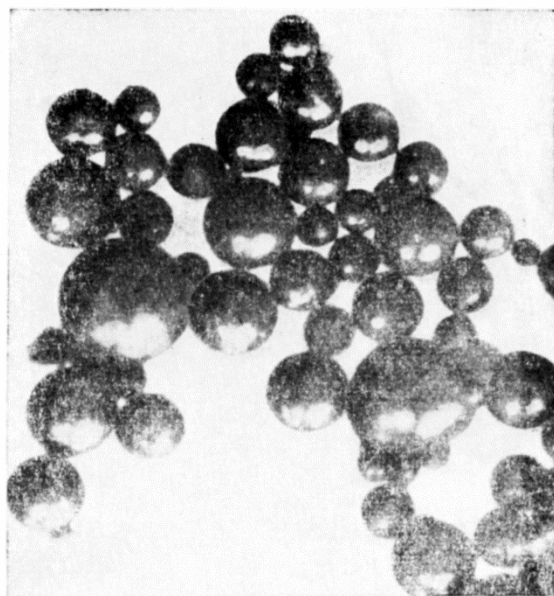
Приведенные данные говорят о том, что наши знания о характере и распределении внеземной материи в пространстве вокруг Земли и на ее поверхности весьма ограничены.

⁸ Пока фактически определяется живая сила удара и переход к массе связан с неопределенностью скорости частиц.

ГЕНЕЗИС МЕТЕОРИТНЫХ ШАРИКОВ

С известной долей уверенности можно считать, что на высоте свыше 50—60 км частицы земного происхождения практически отсутствуют. Здесь, как и в более высоких слоях атмосферы, внеземная пыль в основном состоит из микрометеоритов, т. е. микроскопически малых частиц, которые вследствие ничтожных размеров настолько быстро выделяют энергию, что не в состоянии достигнуть точки плавления слагающего их вещества. Потеряв космическую скорость, они начинают медленно опускаться на Землю, постепенно смешиваясь с пылью земного происхождения. На поверхности Земли они для нас пока неуловимы.

Более крупные и редкие частицы — метеоры, «сгорая» в верхних слоях атмосферы, образуют, в зависимости от их состава, магнитные или силикатные космические шарики, которые, постепенно оседая, более или менее равномерно распределяются на поверхности Земли, образуя соответствующий «космический фон».



Метеорная пыль, извлеченная из района падения Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя (Увеличено в 116 раз)

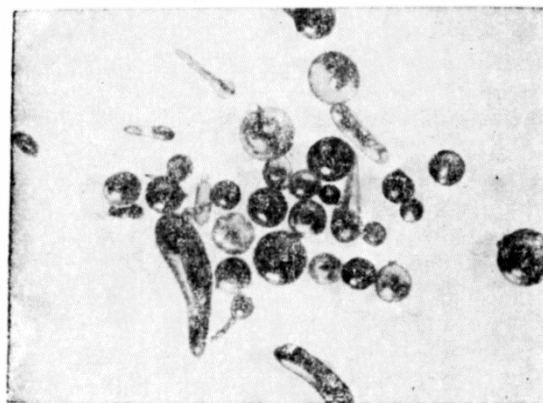
Подсчеты показывают, что метеор весом в 12 мг может образовать сотни шариков размером в 25–30 м. Небольшие метеоры, обладающие недостаточной энергией для того, чтобы полностью разрушиться, особенно если они обладают малой геоцентрической скоростью, могут образовать соответствующую каплю — шарик с ядром, характеризующим собственное вещество метеора.

Еще более крупные и очень редкие массы внеземной материи — метеориты — достигают земной поверхности в виде единичных кусков или скоплений разной формы и

размеров. Полет их сопровождается выпадением на поверхность Земли тонкораспыленного материала, преимущественно сферической формы, образовавшегося за счет сноса мельчайших капелек расплавленного вещества с поверхности падающего метеорита. Внешне они сходны с распыленным материалом, приносимым метеорами, но в распределении их наблюдается закономерность, обусловленная массой и траекторией метеорита⁹.

Этот способ образования шариков был детально исследован Е.Л.Криновым на примере Сихотэ-Алинского метеорита¹⁰.

Таким образом, большинство исследователей, производя изучение космической пыли, подразумевает изучение только шарообразных частиц. Среди них значительно лучше исследованы магнитные шарики, которые легче выделить и состав которых заметно отличается от состава земной индустриальной пыли. Шарики силикатного состава пока изучены очень плохо и космичность их не всегда доказывается. Частицы менее 1–10 мкм обычно не исследуются.



Частицы индустриальной пыли, извлеченные из труб мартеновской печи

ЗЕМНОЕ ИЛИ КОСМИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО?

Космическая природа метеоритов окончательно была признана учеными только в начале XIX века. Вскоре после этого начались работы по выявлению более тонкого внеземного материала. Вначале они ограничивались изучением осадка, остающегося после

⁹ В новых исследованиях частицы первого типа называются «микрометеоритными» (Ф.Уиппл) или «комической пылью» (Е.Л.Кринов), второго типа — «метеорной» и третьего — «метеоритной» пылью. Мы пока следуем В.И.Вернадскому и говорим о космической внеземной пыли в широком понимании.

¹⁰ См. Е.Л.Кринов. К вопросу о распылении метеорных тел. Сб. «Исследования ионосферы и метеоров». V раздел программы МГГ (Ионосфера и метеоры), №2, Изд-во АН СССР, 1960.

выпаривания воды от дождя, града или снега. В нем иногда встречались пылевидные частицы, богатые железом, в большей части в виде окислов. В некоторых случаях они содержали примесь никеля, который обычно отсутствовал. Космическое происхождение этих частиц оставалось под сомнением.

Впервые материал безусловно космического происхождения был собран и описан Дж. Мерреем. В 1876 г., работая в экспедиции на корабле «Челленджер», он в пробах «красной глины» — глубоководного осадка, взятого со дна Тихого океана, обнаружил присутствие округлых магнитных частиц, названных им «космическими шариками».

Состав «красной глины» крайне своеобразен — она на 55% состоит из кремнезема, на 16% из глинозема и на 9% из окиси железа и содержит около 0,04% окислов кобальта и никеля. Найденные на глубине 30–40 см в отложениях зубы рыб третичного возраста говорят о крайне медленном накоплении осадков — около 4 см за миллион лет.

Общая площадь океанического дна, покрытого «красной глиной», превышает 80 млн. км². Отложения ее приурочены к участкам глубиной свыше 3,5 км, расположенным на очень больших расстояниях от прибрежных районов, куда не в состоянии проникнуть выносы осадков реками и течениями.

Происхождение «красной глины» долгое время оставалось загадочным. Многие считали, что она полностью образовалась за счет выпадающей космической пыли. Однако в настоящее время установлено, что она в значительной части состоит из мельчайших частиц, сохранившихся после растворения морской водой панцирей диатомей и радиолярий.

Мерреем были найдены шарики двух типов — магнетитовые и силикатные. Первые, магнитные, имеют черный цвет и блестящую поверхность. Диаметр их в среднем равен 60–90 м¹¹, редко достигая 0,2 мм. Более крупные из них содержат сероватые ковкие ядра, состоящие из никелистого железа. Мелкие шарики ядер не имеют и полностью окислены.

Силикатные шарики содержат железо, магний и кремний. Они желтовато-серого цвета и менее совершенны по форме. Диаметр их не превосходит 0,1 мм, в среднем равнясь 0,05 мм. Встречаются они значительно реже магнетитовых. Меррей указывает, что в одной кварте красной глины (2,14 л) попадалось 20–30 черных магнетитовых шариков и только 5–6 силикатных.

Изучение магнитных шариков под микроскопом привело Меррея к заключению, что они являются затвердевшими частицами расплавленного материала, снесенного с поверхности падающих метеоритов.

¹¹ Указания на средние размеры всегда вызывают сомнение, так как зависят от методов обработки пробы.

Позднее ряд экспедиций продолжал начатые «Челленджером» исследования. Особенно много материала собрала экспедиция «Альбатроса», работавшая в 1947–1948 гг.

Исследования показали, что количество шариков в пробах сильно колеблется не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлениях. Так, например, в одной из колонок в килограмме сухого материала, взятого около поверхности, содержалось 3300 шариков, на глубине 70 см их число уменьшилось до 500, затем на горизонте между 80 и 90 см достигло 5000, ниже 110 см упало до 140 и, после ряда колебаний, на глубине 280 см достигло максимума в 1300 шариков. К сожалению, постоянство скорости осадкообразования не исследовалось.

Наиболее полные сводки работ по изучению космической пыли содержатся в статье Дж.Д.Бадхью¹² и аннотированном списке литературы, составленном Д.Хоффлейт¹³.

Многие ученые высказывали сомнение в космическом происхождении этих шариков.

Для установления истинной природы глубоководных шариков некоторая часть их, включая и собранные Мерреем, была в 1957 и 1958 гг. исследована в Стокгольмском минералогическом институте методом рентгенохимического и нейтронного анализов. Исследования показали, что шарики в основном состоят из никелистого железа с примесью кобальта и меди, причем отношение никеля к железу, кобальту и меди близко к средним соотношениям их в железных метеоритах.

Интересно, что даже в пределах одного однородного космического шарика может происходить перераспределение никеля, возникающее в процессе окисления в горячем состоянии, дающее колебание от 20 до 0,5%; если же горячему окислению шарик подвергся лишь с поверхности, то магнетитовая скорлупа его содержит всего 0,1–0,2% Ni при 30,1–53,5% Ni в центральном металлическом ядре¹⁴. Это показывает, с какой осторожностью надо подходить, беря содержание Ni за критерий космогенности изучаемого вещества.

Если вопрос о космическом происхождении магнитных шариков, обнаруженных в отложениях глубин, достаточно ясен, то это не всегда можно сказать о шариках, находимых в атмосферной пыли или собираемых на поверхности Земли.

Современная индустрия, особенно металлургическое производство и сварочные работы, образует большое количество шариков, которые имеют такой же внешний облик и

¹² Дж.Д.Бадхью (*J.D.Buddhue*). Meteoritic dust Univ. New Mexico publ. in meteoritics, 1950, №2, Albuquerque, p. 102.

¹³ Д.Хоффлейт (*D.Hoffleit*). Bibliography on meteoritic dust with brief abstracts «Harv. Obs. Techn. Rep.», №9; «Harv. Repr.», Ser. II, 1952, v. 43.

¹⁴ См. *R.Castaing, K.Fredriksson*. «Geochim. et cosmoch. Acta», 1958, v. 14, №1–2.

размеры, как и настоящие космические частицы. В значительной своей части они состоят из железа или его сплавов с другими металлами. Поскольку в настоящее время широко развито производство легированных сталей с присадкой никеля, то в ряде случаев его присутствие не может служить основанием для отнесения найденных округлых частиц к категории космических. Более или менее определенное доказательство земного происхождения магнитных шариков — это выявление в них повышенных содержаний марганца. Он всегда присутствует в железных рудах и является неотъемлемой частью состава материалов и изделий, выпускаемых черной металлургией.

Сбор внеземной пыли из атмосферы сильно затруднен тем, что в ней преобладает пыль земного происхождения. Особенно это относится к районам развитой металлургической промышленности и крупных строек с большими объемами сварочных работ. Многие исследователи (И.Хоппе, Х.Циммерман и др.) считают, что черные магнитные шарики, часто находимые в атмосферной пыли, собранной вблизи индустриальных центров, все или почти все искусственного происхождения.

Весьма интересные данные приводят П.В.Ходж и Р.Вильдт. Собранная ими в Нью-Хавене атмосферная пыль содержала большое количество шариков разного вида со средними размерами в 25 μ . В будние дни на 1 $см^2$ приходилось около 100 шариков, а в воскресные дни их количество уменьшалось до 2. Это явно указывает на их индустриальное происхождение.

Учеными было произведено исследование пыли в отдаленных малонаселенных местах, где возможность загрязнения отходами производства полностью или почти полностью исключалась. Сборы проводились как непосредственно из атмосферы, так и путем выделения пыли из снега, дождя и града. Опыты эти носили спорадический характер и не давали четких результатов. Так, например, взятые Дж. Бадхью образцы снега с ледника Сюард на Аляске содержали только единичные метеоритные шарики. В пробе, взятой им же с ледника Маласпин, метеоритного материала не оказалось. Ничего не обнаружено также Б.Н.Дивари в снежной пробе, взятой с поверхности ледника Туук-Су в Казахстане.

Х.Петтерссон, просасывая воздух через фильтр, решил, что на вершине Мауналоу в каждых 1000 $м^3$ воздуха содержится 0,6 мг пыли внеземного происхождения.

Большая работа в этом отношении была проведена П.В.Ходжем и Р.Вильдтом. В течение года с июля 1955 по июнь 1956 г. они проводили ежедневный сбор атмосферной пыли. Исследования велись в трех удаленных друг от друга пустынных малонаселенных районах: Смитсоновской астрофизической лаборатории в пустынной местности Мойаве, в Калифорнии, полевом отряде Геофизического института в центральной Аляске и на метеорологической наблюдательной станции на арктическом острове Корнвалис в Канаде.

Ежедневно, за исключением дождливой или снежной погоды, на открытый воздух выставлялось покрытое медленно сохнущим раствором стекло, которое экспонировалось в течение 24 часов. Затем его прикрывали покровным стеклом и исследовали под бинокулярным микроскопом при пятисоткратном увеличении.

Средняя частота выпадения шариков во всех трех пунктах оказалась одинаковой: 1,1 шарика на 1 см^2 в сутки. Около 75% шариков имели размеры от 3 до 6 μ . Они оказались слишком малы для проведения анализа отдельных экземпляров на железо и никель.

П.В.Ходж и Р.Вильдт считают, что эти шарики внеземного происхождения, так как трудно предположить, что они могут быть индустриальной пылью, равномерно рассеянной на такой обширной территории. Работа эта убедительно показывает, что космические шарики в общем довольно равномерно оседают на поверхности Земли, создавая однообразный фон.

ТУНГУССКОЕ ПАДЕНИЕ

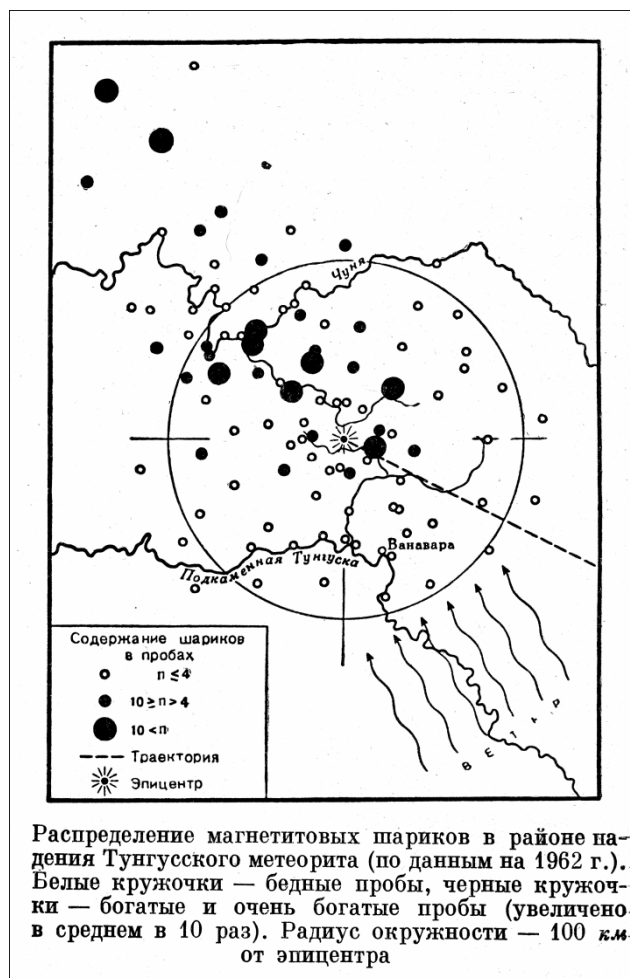
В сборе и исследовании тонкораспыленного космического материала немало сделала экспедиция Комитета по метеоритам Академии наук СССР и Института геохимии им. В.И.Вернадского в районе падения Тунгусского космического тела. В многочисленных почвенных пробах, взятых на разных расстояниях от эпицентра взрыва этого тела, обнаружены магнетитовые шарики с содержанием никеля до 10%, что подтверждает предположение об их космической природе. Кроме магнетитовых шариков, встречаются силикатные. Размер шариков колеблется от 5 до 400 μ . Большая часть их имеет размеры в пределах 80–100 μ . Среди магнетитовых шариков наблюдается многообразие форм и характера поверхности. Наряду с преобладающими сферическими образованиями встречаются и каплеобразные. Одни шарики имеют блестящую гладкую поверхность, у других она матовая, шероховатая и даже тонкопористая. Часто шарики бывают полыми со шлаковидным обликом внутренней части. Иногда встречаются сростки магнетитовых и силикатных шариков, указывающие на одновременность их образования и сложный состав Тунгусского космического тела, с которым связывается генезис этих шариков.

Детальное изучение состава этих частиц представляет особый интерес, так как вероятно, что они представляют собой остатки кометы¹⁵, вещество которых в лабораториях до сих пор не изучалось.

Работами 1961–1962 гг. установлено, что в распределении этих шариков на поверхности наблюдается определенная закономерность. Повышенная концентрация их

¹⁵ См. «Природа», 1962, №8, стр. 24.

приурочена к полосе шириной в 50–60 км, вытянутой в северо-западном направлении от эпицентра взрыва метеорита и прослеженной на расстоянии свыше 250 км. Оба конца этой полосы остаются неоконтуренными. Эта закономерность обусловлена, по-видимому, тем, что тонкораспыленное вещество метеорита, поднятое высоко вверх потоком горячего воздуха, взрывной волной, постепенно оседая, относилось ветром в северо-западном направлении¹⁶. Иногда высказывают сомнение: имеют ли эти шарики отношение к Тунгусскому метеориту? Одни считают, что повышенная концентрация шариков в данном направлении случайна и вызвана местными колебаниями фона внеземной пыли на земной поверхности. По мнению других, в этой части района могло произойти падение другого крупного метеорита, что привело к повышенной концентрации шариков.



Приведенные выше результаты исследований В.Ходжа и Р.Вильдта достаточно убедительно говорят о том, что космическая пыль, в общем, довольно равномерно оседает на земную поверхность. Трудно представить себе обусловленное случайностью закономерное повышение общего фона, линейно прослеживающееся на сотни километров в определенном

¹⁶ См. «Природа», 1962, №8, стр. 31.

направлении. Подобная закономерность может быть связана только с падением крупного космического тела.

Предположение, что в районе Тунгусской катастрофы упал другой метеорит достаточно крупных размеров, вряд ли можно считать в какой-то степени обоснованным. Расчеты Г.Брауна, основанные на математической обработке собранного им обширного материала, показывают, что падение более или менее крупных метеоритов происходит очень редко. Так, например, частота падения на земную поверхность каменного метеорита весом в 1000 *t* колеблется от 1,9 в столетие до 6,2 в тысячелетие, а для железного (такого же веса) от 1,1 до 3,3 в тысячелетие. Поэтому вероятность повторного выпадения в отдельном ограниченном районе крупной метеоритной массы ничтожно мала.

ЧТО МЕШАЕТ ТОЧНОМУ ПОДСЧЕТУ?

Хотя попытки изучения внеземной пыли производятся уже более 100 лет, ее выделение сильно затрудняется вследствие широкого развития в атмосфере пылевидных частиц земного происхождения.

Особенно это относится к последнему времени, когда происходит массовое загрязнение атмосферы индустриальной пылью. Засоренность нижних слоев атмосферы и значительных участков земной поверхности индустриальной пылью во многих случаях не дает возможности с должной степенью уверенности отличать внеземные шарики от искусственных.

Если в отношении магнитных шариков некоторым критерием для отнесения их к категории внеземных является содержание в них никеля, то для силикатных такого критерия нет и в настоящее время они практически неотличимы от индустриальных и земных, которые могут образоваться, например, при вулканических извержениях.

Сложность задачи и недостаточность наших знаний особенно бросается в глаза при сопоставлении расчетных данных о количестве внеземной пыли, ежегодно выпадающей на Землю, приводимых разными исследователями.

1935 год	Вили	от 1500 до 3100 <i>t</i>
1936 год	Ватсон	10000 <i>t</i>
1936 год	Швиннер	45000 <i>t</i>

1937 год	Ватсон	26 т, только метеоры
1939 год	Ватсон	100 т » »
1941 год	Ватсон — Бадхью	56 т » »
1949 год	Бадхью	8 т, только черные шарики
1953 год	Томсен	2 млн. т, шарики
1955 год	Крозье	13 млн. т
1957 год	Петтерсон	5 млн. т
1958 год	Астапович	16000 т
1958 год	Ходж и Вильдт	500000 т, шарики размером более 3 м
1958 год	Петтерсон и Фридриксон	125–2400 т, только шарики
1961 год	Филь и Шмидт	165000 т, шарики размером более 15 м
1962 год	Крозье	150000 т, шарики размером свыше 5 м

Подобные расхождения в оценках говорят о сложности проблемы и необходимости продолжения этих исследований.

*Б.И.Вронский,
К.П.Флоренский
Москва*