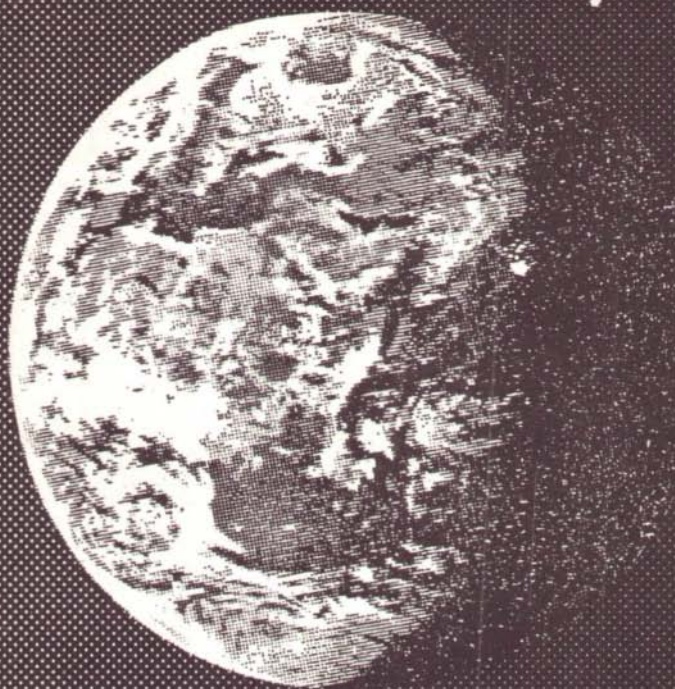




*Следы
космических
воздействий
на Землю*

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
им. 60-летия Союза ССР
КОМИССИЯ ПО МЕТЕОРИТАМ И КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ

СЛЕДЫ КОСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗЕМЛЮ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук
А. Н. Дмитриев



НОВОСИБИРСК
«НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1990

УДК 523+552.64

Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.— 208 с.

ISBN 5—02—029498—5.

В сборнике рассматриваются как отдельные вопросы феноменологии, такие как редкие события в геологии, геологические феномены — близмегабарные давления, мелкие сферулы в алмазных трубках, так и феноменология вообще — наука о редких и аномальных явлениях и ее место среди других наук. Как частные случаи феноменологии рассматриваются различные стороны последствий взрыва Тунгусского метеорита и отдельные вопросы большой проблемы тектитов.

Сборник предназначен для гео- и космохимиков, астрономов, геофизиков и всех, кто интересуется аномальными явлениями.

Редакционная коллегия

академик АМН СССР Н. В. Васильев,
доктор геолого-минералогических наук А. Н. Дмитриев,
кандидат физико-технических наук В. К. Журавлев, Г. М. Иванова

Рецензенты

член-корреспондент АН СССР Н. А. Желтухин
доктор технических наук В. В. Кузнецов

Утверждено к печати

Институтом геологии и геофизики
им. 60-летия Союза ССР СО АН СССР

С $\frac{1804040000-192}{042(02)-90}$ 442—90 II полугодие

© Издательство „Наука“

ISBN 5—02—029498—5

А. Н. Дмитриев

НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОБЫЧНЫХ ЯВЛЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

По мере расширения и роста интенсивности научных исследований, технических экспериментов, промышленных мощностей, а также увеличения информационных потоков в сфере человеческих взаимодействий актуализируется необходимость учитывать и изучать необычные и скоротечные явления. Кроме того, такая необходимость возрастает и по мере резкого увеличения числа сообщений о необычных явлениях. Совокупность данных последних лет делает весьма правдоподобным предположение о расширении географии, разнообразия и воздействий необычных явлений [Гиндилис и др., 1979; М. Дмитриев, 1979; Непериодические быстропротекающие явления..., 1988].

Естественно, что необычные явления прежде всего освещают журналисты. В этом потоке информации [Гаков, 1987; Лойша, 1987; и др.] сведений вымысел, соседствуя с серьезными описаниями фактов, обесценивает проблему и эффективно работает на рост отрицательного имиджа целого ряда вполне научных вопросов. Выявленные «особые точки на планете» изучаются не целостно, а эпизодически, поэтому с позиции подачи материалов журналистами они стали узловыми по производству не только информации, но и дезинформации о необычных явлениях. Эта обстановка усложнена также и тем, что исследователи, как это ни странно, оказались в таких условиях, при которых «научное мнение» формируется и высказывается на основе не исследования явлений, а убедительного или неубедительного изложения фактов, возникающего вне научной среды. Хорошая иллюстрация этого положения — Бермудский треугольник, «зашумленный» массой сомнительных сообщений. На вереницу ложных публикаций обоснованно обрушивается критика ученых * [Мен-

* Заметим, что эта критика с позиций фундаментальных наук весьма своеобразна хотя бы тем, что факты не проверялись, а «громились» на основании «абсолютного» довода: «Этого не может быть». Далее приводились строгие научные доказательства, если не совсем в стороне отвергаемого факта, то вблизи этого.

зел, 1962; Платов, 1986]. Создается впечатление, что искусственное нагромождение псевдофактов и объяснений — это метод борьбы против научного подхода к решению данной проблемы. Следует подчеркнуть, что упомянутая книга Д. Мензела была заказана военным ведомством США [Condon, 1972].

Далее следует учесть и участвовавшие факты появления ряда серьезных научных работ, в которых с тех или иных научных позиций исследуются разрозненные (в пространстве и времени) необычные явления. Причем источником этих явлений может быть сам человек, его психофизиологические воздействия могут возбуждать в определенных местах возмущения геофизических полей.

Для примера можно более внимательно рассмотреть работу М. Персингера и Г. Лафреньера [Persinger, Lafreniere, 1977] и по возможности выявить концептуальную позицию авторов в работе с фактическим материалом по 6060 необычным явлениям: падениям; электромагнитного типа; акустическим; НЛЮ; астрономического характера; метеорологическим; геофизическим и др.

СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЯВЛЕНИЯХ

Изучению подвергаются необычные явления с особой феноменологией и различной частотой встречаемости. По существу совокупность таких явлений представляет собой как бы пограничный барьер между обычными повседневными явлениями и «почти невероятными событиями». На кривых вероятности появления тех или иных событий необычные явления образуют всего лишь хвосты кривых распределения. Они представляют собой «проводники» в неизвестное и всего лишь некоторыми своими сторонами соприкасаются с областями парадигм и концепций современной науки, возникших на базе изучения обычных явлений.

В чем же состоят характеристические особенности необычных явлений? В чем существо их природы и можно ли применять позитивные подходы к их исследованию? Именно в этом направлении предлагается стимулировать постановку проблемы необычных явлений и возведение ее в ранг научной.

Однако трудность исследования этих явлений состоит не только в их редкости и скоротечности, но и в том, что почти всегда они возникают внезапно, без признаков надвигающегося необычного явления. Неясность редких сочетаний условий, способствующих возникновению и развитию необычных явлений, делает весьма проблематичной процедуру предсказания. Подчеркнем, что лишь уровень предсказательности явления обозначает его научную постижимость и практическое достоинство. Кроме скоротечности, необычные явления характеризуются высокой интенсивностью и узкой локализацией своего развертывания в наблюдаемом диапазоне (оптический, акустический, так-

тильный и пр.). Кроме того, разветвленная и разнообразная сеть инструментальных научных наблюдений за разнообразными событиями окружающей природы специализирована в соответствии с существующими научными концепциями и нацелена на часто встречающиеся события. Спектр редких и быстропротекающих явлений не охвачен научной регистрацией, следовательно, и каждое конкретное необычное явление постоянно ускользает от официальных средств обнаружения [А. Дмитриев, 1988; Платов, 1986; Санаров, 1979]. Здесь же возникает опасная своим гипнотизмом псевдоконцепция: «если редко встречается, значит не влияет», но и камень на голову может свалиться всего лишь один раз!

В связи с указанными причинами (существуют сильные, но менее очевидные другие причины, например активная незаинтересованность в исследовании необычных явлений социального характера) единственным «регистрирующим прибором» необычных явлений и по настоящий момент остается сам человек. Серия регистраций этого вида имеет длительную и сложную историю, а результатом регистраций стали десятки и даже сотни тысяч различных сообщений о том, что «видели», «слышали», «рассказывали» и т. п. Приведем краткий перечень примеров необычных явлений из монографии М. Персингера и Г. Лафреньера:

«17 сентября 1901 г. (Шотландия)— лентообразные вспышки па небе перед землетрясением; 7 декабря 1965 г. (Аризона, США)— пылающие пятна на почве после дождя; 1946 год, Нью-Йорк — подпрыгивающее свечение воздуха; март 1962 г. (Зап. Вирджиния, США)— пойманная рождественская радиопередача за прошедший год; гудящие звуки во время известного землетрясения на Аляске 27 марта 1964 г. в штате Техас; январь 1921 г.— черные объекты пересекали солнечный диск; 7 декабря 1900 г.— серия световых вспышек на Марсе; 8 февраля 1969 г. (Мексика)— столкновение метеорита Алленде и шаровой молнии, необычные свечения и гулы. 29 мая 1951 г. (Канзас)— „великий градопад“; 6 марта 1957 г. (Коннектикут)— торнадо в условиях ясного неба; 11 апреля 1965 г.— светлое зарево и разряд молний в торнадо; 10 января 1938 г. (Южная Дакота)— за 15 мин температура упала на сорок семь градусов; 22 января 1943 г. (Южная Дакота)— за две минуты температура поднялась на 45°, позже за 27 мин снизилась на 54°; 3 февраля 1969 г. (Флорида)— „дребезжащие звуки“ из единственного облака; 2 декабря 1904 г. (Теннесси)— внезапная темнота на 15 мин; гравитационная аномалия 100 футов в диаметре — двигались камни, таинственные силы сталкивали автомобили; при касании земли она прорывалась пламенем [Persinger, Lafreniere, p. 153].

Приведенный список явлений, как следует из их содержания, характеризует довольно широкий круг «необычностей». Он захватывает сферу большого, вернее общепланетарного масштаба и даже Солнечной системы в целом. Очевидно и то, что приведенные примеры не дают общей модели, объясняющей природу этих явлений. Более того, объяснение даже отдельного феномена, например метеорологического или геофизического свойства, уже сильно затруднено и не идет дальше правдоподобных гипотез [Дмитриев, Журавлев, 1984; Зигель, 1967; Платов, 1986].

Человечество живет, развивается и угасает не только в энергетических и вещественных потоках, но и, что самое главное в смысле данной проблемы, в потоках информационных. Они — основная питательная среда для чувств и мыслей человека. Именно информация, преобразуясь и укладываясь в создаваемые понятийные структуры, делает внутренний и внешний мир данного человека осмысленным и не противоречащим биологическим, социальным и общеприродным свойствам человечества.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОБСТАНОВКА

Восприятие человеком трехмерного пространства и происходящих в нем событий составляет основу его внешней навигации. Кроме того, процесс осмысления фактов в нашем сознании производится с помощью непрерывного процесса воспоминания. Сопоставление внешнего (факта среды) и внутреннего (память) потоков информации (например, распознавание букв при чтении) дает возможность человеку испытывать и закреплять ощущение «времени». Этот вывод подтверждается серией психологических экспериментов в сурдокамере, которыми регистрируется индивидуальное исчезновение ощущения времени в связи с отсутствием «информационного притока», при котором память пассивизируется. В связи с тем, что в подавляющем числе случаев именно часто встречающиеся события непрерывно воздействуют на наше восприятие своей реальностью, а также, благодаря способности к подражанию и обобщению, заложенной в человеке и человечестве, формируется определенная индивидуальная и коллективная **структура восприятия**. В последующем эта структура стабилизируется, становится фильтром и сортирует внешние события на «реальные» и «нереальные». Именно поэтому упавший на льду человек — «реальность», а мгновенно исчезнувший из поля зрения — «нереальность». Характерно также, что технический прогресс стал возможен только потому, что элементарные акты технического генезиса превзошли возможности конкретного человека воспринимать впечатления и факты естественной среды, происходит замена природных впечатлений техническими. Поэтому часто встречающееся в жизни и деятельности людей техническое событие стало более реальным и убедительным, чем красота какого-нибудь пейзажа. Кроме того, доминантное экономическое обусловливание жизни [Шингаров, 1974; Шипунов, 1980] сформировало «техногенную структуру восприятия», для которой естественное событие становится либо нереальным, либо предметом коллективной атаки для достижения прагматических целей структуры.

Хорошо организованные коллективные структуры и модели восприятия, а также общественные системы интерпретации ложатся в основу миропонимания, подразделенного на научные, религиозные, политические и другие мировоззрения. За время человеческой истории не раз лидировали те или иные модели

базирующих восприятий. В соответствии с этими моделями господствовало то или иное мировоззрение. Уместно считать, что настоящий момент находится под влиянием реальных и кажущихся перспектив научного мировоззрения. Вполне очевидно, что и эта перспектива весьма непостоянна и противоречива во времени. Но нам важно оттенить и осознать функциональное значение этих моделей, ибо именно они контролируют формирование и характер массивов наблюдаемых фактов и представляют собой основополагающие механизмы для воспитания современных способов восприятия популяции. В зависимости от широты, глубины и эгоцентричности поощряемого восприятия строится уровень, темп жизни и миропонимания. Во время господства той или иной модели мира в обращении у человечества пребывают те или иные «модные» события, которым, согласно модели, и придается решающее значение [Петрушенко, 1971; Шипунов, 1980]. Естественно, что редко встречающиеся события или «вредные» для функционирования данной модели тайно или явно отбрасываются как «несущественные».

Допустим, что модель становится «узкой» из-за возрастания числа необычных и неинтерпретируемых событий. Это неизбежно приведет к преобразованию восприятия и введению в сферу популяционного внимания новых фактов. Эти новые факты могут, в свою очередь, лечь в основу либо новой, либо расширенной модели миропонимания. Но и тогда снова могут обнаружиться события, не вошедшие в новый вариант модели, и снова они будут отбрасываться как «несущественные». Так один диапазон восприятия сменяет другой, а модель сменяет модель. Но именно сужение числа наблюдаемых явлений «номенклатурной регистрации» до требования модели делает возможной популяционную навигацию и спасает людей от опасной атаки бесконечного разнообразия явлений внешней среды. Ведь внутренняя закономерность и природа ряда явлений могут превосходить возможности человеческого познания в режиме жизненных возможностей и нужд текущего момента. Именно поэтому задача восприятия сводится к выяснению того, какие из необычных явлений и какую совокупность часто встречающихся событий следует ввести в сферу актуального информационного обращения, чтобы вовремя и эффективно адаптировать существующую модель миропонимания. Причем это преобразование модели по существу двуедино, и оно должно характеризоваться строгим отбором «вполне пригодных» концепций из прошлого и «уже приемлемых» новых концепций, надвигающихся из будущего.

Особенность текущего момента такова, что количество сообщений и появление измерительных данных о необычных явлениях создают обстановку, неприемлемую для господствующей системы концепций мировоззрения. Ведь необычные события, представляющие собой новые феномены в окружающей интенсивно развивающейся среде, и есть тот растущий резерв ин-

формации, который ожидает своего момента для попадания в информационный поток популяции как основы новой модели миропонимания. Но эта новая перспектива совершенно неизбежно потребует реорганизации всей системы наших основных представлений, нацеленных на будущее, но базирующихся на старых структурах коллективного восприятия.

Человек как «познающий прибор» вырабатывает свои мировоззренческие модели под влиянием социальных, биологических и природных обстановок. Концептуальность в социально отлаженных схемах информопотоков строго руководит ментальным режимом и поведением человека, а также постоянно следит за способностью воспроизводить самое себя. Только ребенок в первые годы своей жизни концептуально свободен и его восприятие некорректно по отношению к нашим представлениям, но именно это восприятие не отбрасывает необычность «как нечто несущественное». В этом отношении высказывание Христа о том, что «... будьте как дети», имеет глубочайший смысл.

Рассмотрим обусловленность восприятия времени человеком как вопрос временного интервала, или ячейки времени по Л. Бриллюэну [Бриллюэн, 1960]. Прежде всего отметим малую разрешимость нашего восприятия времени. Так, если два события происходят в интервале менее 10 мс, то эти события воспринимаются как одно; если же события происходят, например, с недельным интервалом, то они могут восприниматься как несвязанные [Непериодические быстропротекающие явления..., 1988; Хэссет, 1981].

Таким образом, чтобы наблюдаемые события регистрировались в причинно связанных соотношениях и динамических режимах, они должны попасть в узкий диапазон нашего восприятия времени, основанного на анализе информации по множеству прецедентов. Еще более узкое место в человеческом восприятии — факт дистанционного взаимодействия, поскольку для людей взаимодействие двух объектов должно быть, во-первых, очевидным, во-вторых — однозначным в отображении на наш прошлый опыт. Поэтому обнаружить связь между «падающими камнями» и крупным землетрясением некоторое время спустя нам будет мешать концептуальная тенденция, т. е. осуществится автоматическое отбрасывание сообщения о «падающих камнях» на основе отсутствия прецедента. Наша способность и привычка использовать особенности пространства в отношении развертывания в них событий обоснованы концепцией близости на местности. Поэтому если события происходят в аспекте функциональных связей, а не их сближенности в плоскости нашего локализирующего восприятия, то пространственная взаимосвязь будет или просто не замечена, или концептуально «отредактирована». Например, землетрясение в одном месте, а внезапные наводнения или «эпидемии» саморазбивающихся окон в других местах — для нас события несвязанные.

В соответствии же с предположением о функциональной взаимосвязи отдаленных участков Земли, а также и их переплетений во времени необычные события могут и должны быть увязаны совокупностью неотредактируемого фактологического материала. Эти районы развития далеко отстоящих событий будут перегружены необычными (по природе и интенсивности) явлениями, и по мере общепланетарной информационной съемки необычных событий они должны отчетливо вырисовываться. И действительно, вслед за уровнем плотного множества обыденных явлений должен существовать, как на это указывают необычные явления, следующий уровень реальных фактов. Эти факты находятся как бы в другой плоскости, и они, при соответствующем «пространственно-временном» преобразовании, прорываются в плоскости нашего мира: понятных и закономерных явлений обыденности. Однако без общего анализа и без предположения об **организационной сущности планеты** [Дмитриев, 1989] большое количество явлений необычного свойства останется вне пределов исследовательского внимания, поскольку нет концептуальной связи нашего понимания с необычными факторами. Например, объект «...огромный, до пяти метров в диаметре,» круг продолжал расти. В памяти осталась такая деталь: шар был светло-красный, а сердцевина — величиной с футбольный мяч, темнее». Этот неясного происхождения объект охарактеризован в соответствии с нашими обычными представлениями и назван был шаровой молнией*.

Характерно, что различным уровням нашего научного мышления и восприятия соответствуют специфические уровни фактов, питающих наши рассуждения на данном этапе научной активности в среде окружения. Эта «концептуальная квантованность» приводит ученых к производству и закреплению единиц мировоззрения, из которых на уровне обобщения создаются те или иные фундаментальные картины мира.

Построение же следующего нового уровня, приближающего нас к различным тонким явлениям в природе, становится информационно результативным только в том случае, если на этом уровне возникают **условия для регистрации и изучения набора необычных явлений**. На наш взгляд, новой концептуальной моделью, в которой может осуществиться процесс целевой переориентации исследования планеты, является модель **организменной целостности Земли** [Дмитриев, Журавлев, 1984; Шипунов, 1980]. Для своего развития эта модель неизбежно потребует учета новой фактологии и новых постановок задач, поскольку возникает новый набор целей, ориентирующих исследовательские усилия. Именно эта модель поставит внутренние (неэкономические) цели перед геологической отраслью знания в первую очередь. Причем новые концепции,

* Правда, 8 ноября 1981 г.

задачи и цели, в свою очередь, потребуют от исследователей новых средств и методов работы. Так, концепция потоков воздушных масс возникла и развилась из анализа данных тысяч метеостанций. Следовательно, новые концепции как для своего возникновения, так и для развития требуют особой информационной среды. В этой среде неизбежно и быстро должны возникать (при налаженном восприятии) как системы регистрации новых факторов состояния планеты, так и отдельных феноменов на ней [Дмитриев, 1979; The Encyclopedia..., 1980].

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

В период становления новой информационной обстановки особой точкой становления становится выбор *модели анализа* совокупности новых фактов. При этом выборе следует обращать внимание на упорядочение и виды взаимодействия (или взаимосвязей) в совокупности зарегистрированных новых фактов [Дмитриев, 1979; Хокинс, 1977]. Пространственно-временная синергия необычных явлений не обязательно должна лежать на поверхности, она может быть погружена в сложную последовательность событий, разгадка которых может наступить только на уровне высокой информационной обеспеченности. Именно поэтому этап учета и регистрации новых «незакономерных» фактов — основополагающий для создания перспектив и реализации нового концептуального климата.

Кроме того, единичный индивидуальный факт какого-либо события может не иметь постоянного количества и качества поощряющих факторов. Чтобы избежать путаницы в связи с размножением какого-либо отдельного факта, следует осуществлять стратегию массовой регистрации *всех явлений*, не укладывающихся в концептуальные и мировоззренческие нормы. Общая схема, построенная на множестве проявлений необычных событий, может оказаться уместной для создания первичных рабочих предположений. Такие предположения могут способствовать организации нового уровня приближения к природе новых явлений в последовательном процессе познания окружающего нас мира. Касаясь более конкретных вопросов создания и применения методов, можно руководствоваться самыми общими положениями:

следует строго осознавать обусловленные и ограниченные особенности существующих и создаваемых моделей;

во избежание избыточной новизны наблюдение и распознавание новых фактов должны иметь хорошую опору в уже имеющемся знании и в существующей структуре концепций и восприятий, которые обуславливают восприятие, информационную съемку и регистрацию данных по новым формам;

с другой стороны, следует иметь в виду, что наложение готовой структуры восприятия и анализа уже имеющихся данных

на новый массив данных неизбежно *по-своему* структурирует новые явления и может остановить объективный исследовательский процесс.

В случае массового первоначального невольного «измерения» необычных явлений, когда измерительным «прибором» выступает сам человек, на первых этапах работы с информацией следует иметь в виду, что некоторые необычные явления демонстрируют лишь человеческую способность воспринимать нечто как необычное. Кроме того, нередко материалы о необычных явлениях подвергаются «информационному загрязнению» при их регистрации (например, психологическая предрасположенность наблюдателя к таким состояниям, как страх, способность к воображению, мечтательности, удивлению и пр.). Далее, уместно такое предположение, что если человек — это единственный измеритель необычных явлений, то мобилизованная по поверхности Земли информация должна строго подчиняться показателю плотности населения. Предполагая также, что преимущественных координат на планете для возникновения необычных событий нет, мы получим прямую зависимость числа событий от числа наблюдателей. Наблюдение зависимости числа событий от плотности населения укажет на наличие и функционирование других существенных переменных, помимо населения [Стихийные бедствия..., 1978; Mac-Donald, 1971].

Трудно регистрируемые и непредсказуемые проявления редких необычных событий, несмотря на их малый вес в сравнении с потоком ординарных явлений с высокой частотой встречаемости, всегда и *всюду оказывают психологическое воздействие на «прибор»*, т. е. на наблюдающего человека. Этот факт, несмотря на его очевидность, мало учитывается в серьезных исследованиях. Причем он в первую очередь *возмущает и как-то корректирует* эмоциональную сферу человека: необычной силы ураган, ливни, град, пылевые бури, температурные скачки, световые явления, акустические эффекты (грохоты, шумы, скрежеты и т. п.). Все это в первую очередь атакует блоки восприятия, будоражит инстинктивные механизмы и ревизует концепцию «Я». Следует подчеркнуть, что даже весьма небольшие возмущения в окружающей среде расшатывают привычные нормы восприятия, деформируют эмоциональный стереотип и выбивают привычные опоры для практики и развития самонадеянной беспечности человека в среде обычных событий. Снова подчеркнем важную особенность свойств технического прогресса, внесшего громадные возмущения в окружающую естественную природную среду, которая до техногенных массовых впечатлений формировала привычные нормы эмоционального восприятия. Техногенная сумма воздействий адресуется именно эмоциональным стереотипам популяции и приводит этот стереотип в состояние крайней разбалансировки тем, что изолирует наблюдателя от впечатлений естественного происхождения [Непериодические быстропротекающие явления..., 1988; Сестров, 1975].

Отбрасывание редко встречающихся аномальных явлений наилучшим образом иллюстрирует вековая работа метеослужбы. Несмотря на решающее значение грозных явлений экстремального характера, до самых последних лет метеослужба и ее научный контингент не ставили перед собой задачу исследования и прогнозирования аномальных явлений как особо важной проблемы. Более того, концепция предсказания «любой» погоды на непрерывной шкале времени и по настоящий момент вуалирует проблему исследования аномалий кратковременного характера (да и не только кратковременного). Однако, учитывая современный критерий ценности деятельности человечества — экономику, можно говорить о громадном масштабе экономических затрат «по ликвидации» последствий стихийных скоротечных процессов [Стихийные бедствия..., 1978]. Ссылка на то, что «так было всегда», лишь подтверждает положение о том, что невнимание к этой категории процессов со стороны исследователей, во-первых, хроническое, во-вторых, концептуально закреплено. С нашей точки зрения, предсказание именно аномальных разрушительных (материально или психологически) явлений должно характеризовать службу реального прогноза.

Только в последнее время, в связи с учащением общепланетарных аномалий и расширения их географии, организуются научные и государственные службы слежения за признаками, предшествующими аномалиям. Но познавательная новизна этих задач прогноза попадает в условия старых представлений, средств и методов исследования. Старые методы, интерпретирующие новые феномены, малоэффективны и часто приводят к обычному конфузу, к которому у людей уже вырабатывается привычка. Пример работы этой системы прогноза — все тот же ежедневный и краткосрочный прогноз погоды. Кроме того, снижение предсказательности — это прямое и однозначное указание на возрастание потенциала неопределенности (энтропии) в системе, для которой производится предсказание [Бриллюэн, 1960; Непериодические быстропротекающие явления... 1988; Санаров, 1979]. Следовательно, более важен в популяционном отношении вопрос не об улучшении предсказания (что концептуально более привычно), а о возрастании энтропии в биосфере.

Нельзя не указать и на чисто познавательные причины, стимулирующие необходимость серьезных исследований скоротечных аномальных явлений. Ведь наблюдения за исключениями дают понимание новых принципов. Наконец, не следует сбрасывать со счетов и историческое значение необычных явлений. Хроника изобилует примерами вмешательства необычных и скоротечных процессов в канву исторических событий (метеорит убивает лидера повстанцев; внезапный шторм парализует военную акцию эскадры и пр.). Каково влияние этой категории событий в целом на историю человечества в прошлом, будущем, настоящем? Способны ли эти события соперничать с мощностью

современных систем человеческого жизнеобеспечения? Вереница этих вопросов становится не только длиннее, но и, что более важно, напряженнее.

СОЦИАЛЬНОСТЬ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СХЕМ

Действительно, необычные события «стучатся в науку» очень интенсивно. Но что же уже давно мешает науке заняться разрешением этих реально существующих загадок? Видимо, одна из помех состоит в том, что научное поведение — это, по существу, разновидность социального поведения. Привычные способы обнаруживать и понимать объекты научного исследования в рамках только устоявшихся концепций делают научное поведение групповым. Групповая психология ученых образует специфичный климат научной среды, и поэтому единичное наблюдение одного наблюдателя легко нейтрализуется коллективным мнением, что «этого быть не могло», «это выдумка» и т. д. Даже групповое (но единичное) наблюдение феномена не влияет на социальное поведение ученых, основанное на восприятии и трактовках часто встречающихся событий. Кроме того, многие виды необычностей по существу представляют собой на существующем концептуальном уровне неразрешимую проблему. Чаще же общее мнение приходит к выводу: «заниматься этим не имеет смысла». Причем под «смыслом» чаще всего, согласно социальной доминанте, понимается то, в чем усматривается выгода при овладении данным явлением или знанием. Да и кому хочется заниматься проблемой, во-первых, порождающей беспокойство, во-вторых, имеющей, как правило, отрицательный научный престиж. Если же по каким-либо мотивам проблему все же начинают рассматривать, то чаще всего оказывается, что ее неразрешимость порождает в людях стереотипные отрицательные реакции и тогда либо явление все же отбрасывается, либо его просто «имеют в виду», т. е. принимают без всяких вопросов как элементарную данность [Петрушенко, 1971; Хэссет, 1981].

И все же новой феноменологии не избежать, по причине как ее объективного существования, так и того, что малейший шаг на пути разрешения природы этих загадок даст колоссальный толчок в приращении человеческого знания и возможностей настоящего, нацеленного в будущее (например, эффект лозы, парапсихология, новые по природе источники энергии, новые планетарные процессы, НЛО и пр.). Далее, следует отчетливо понять и принять тот факт, что маловероятные события, как правило, оказывают сильное психологическое влияние на человека. Именно поэтому научная организация позитивного климата в сфере свидетельств о необычных явлениях может быть отправной ступенью в новые области окружающего нас мира.

Характерная черта регистрации необычных событий, как это показали М. Персингер и Г. Лафреньер, — это то, что общая

карта распространения необычных явлений согласуется с основными центрами сосредоточения населения Соединенных Штатов. Это вполне естественно хотя бы по той причине, что число необычных кратковременных явлений отражает количество «наблюдательных приборов» (людей) в данной местности. Кроме того, нет логических запретов на то, что определенные виды необычных явлений могут даже стимулировать совокупной человеческой деятельностью. Для США обнаружены также и места (Средний Запад), где количество необычных явлений не зависит от плотности населения (существуют сильные отклонения от распределения). Именно эти отклонения свидетельствуют о геолого-геофизической специализации некоторых участков планеты. Здесь уместно предположить, что необычные явления имеют неравновероятное распределение во времени и в пространстве. Эта неравномерная плотность встречаемости обуславливает высокую вероятность регистрации феноменов малым числом наблюдателей в местах сгущения необычных явлений. Тогда чем больше число наблюдателей, тем выше число сообщений о событиях в этих местах. Но следует также иметь в виду, что с увеличением числа наблюдателей растет и число ошибочных показаний. Приняв, что ошибочные показания могут составить 1 %, получим, что 1 млн наблюдателей даст 10 тыс. ошибочных показаний.

Далее, если рассматривать человеческую популяцию в качестве сети регистрирующих приборов, то надо учесть следующие особенности наблюдателей:

имеются наблюдатели, которые не воспринимают правильно даже нормальные явления. Они составляют совокупность отклонившихся от регистрационных способностей — коллектив «невротиков», или «неподготовленных наблюдателей». Эти «приборы» будут поставлять неправильную информацию;

возможны особенно «тонкие приборы», которые регистрируют явления за порогом чувствительности массового наблюдателя. Такие наблюдатели образуют совокупность «особо чувствительных приборов» — коллектив «сенситивов».

Исходя из этих особенностей, можно считать, что для академического рассмотрения поступит информация о необычных явлениях от наблюдателей с различной глубиной чувствительности. И совокупная информация по существу может отражать лишь степень освещения события за порогом нормального восприятия массового наблюдателя.

Здесь и возникает вопрос о необходимости массового осуществления чисто научных инструментальных наблюдений (геофизические, медико-биологические, астрономические и другие приборы). Эта проблема подлежит скорейшему разрешению, поскольку посредством объективного исследования феноменов можно произвести не только приращение знания о феноменах среды, но, что не менее важно, осуществить эффективный процесс *концептуального переоснащения человеческой популяции*. Однако

поиск ключевой переменной для прогноза необычных явлений лежит в области мирового картирования необычных явлений всей совокупностью единиц человеческой популяции. Из имеющейся на сегодня правдоподобной информации важно отметить, что: выявлена значительная корреляция наблюдений необычных явлений с населенностью;

существуют необычные события, не связанные с населенностью, которые локализуются в некоторых районах планеты.

По мере накопления фактологического материала возникает необходимость в создании средств, которые приближают исследователей к пониманию явлений необычного характера. При этом следует иметь в виду, что факт самого зарождения и развития средств понимания происходит в динамической информационной среде. Семантические предложения ложатся в основу концепции исследуемого явления и его механизма. Так, если наблюдатель видит светящийся квадрат и называет его «летающей тарелкой», то через этот термин в формирующее сознание явления тут же вводятся предположения о возможном значении и природе явления. Особенно показателен случай семантического срезания проблемы, связанный с феноменом 1908 г. в районе Подкаменной Тунгуски. Термин «метеорит» применительно к Тунгусскому событию на семь десятков лет определил научный интерес и исследовательские процедуры. Этот термин возник в полном соответствии с господствующей парадигмой о следующем разнообразии космических объектов, достигающих пределов Земли и ее поверхности: метеоры, метеориты, болиды, космическая пыль, кометы. Именно то, что в космическое «население» не включены такие возможные образования, как плазменные сгустки, газовые зарядовые тела, магнитные бутылки и др., привело к концепции «метеорита». И только раскрепощение от господствующей парадигмы позволило по-новому осмысливать громадный информационный материал по феномену, в котором взрыв и вывал леса явились всего лишь эпизодом в процессе вторжения в пределы Земли по существу нового космического объекта с далеко не простыми электромагнитными характеристиками и траекторной конфигурацией.

Далее, если кто-нибудь в необычных явлениях усматривает нечто «нефизическое», «не от мира сего», то средства исследования для такого предположения берутся вне физического и дискретного базиса, а, например, в мифологии [Санаров, 1979], эзотерических данных, религиозных доктринах и сведениях [Непериодические быстротекающие явления..., 1988; Хокинс, 1977].

ВОЗМОЖНЫЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ НЕОБЫЧНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Рационально можно рассматривать такие идеализированные схемы интерпретаций необычных событий.

1. Если все события классифицировать только по пространственно-временным координатам (принимаются во внимание лишь

их скорости и места происхождения), то все наблюдаемые события можно подразделить на «законные» и «незаконные». В этом случае необычность событий будет содержаться только в наличии (для обычных явлений) или отсутствии (для необычных) прогностических схем. Следовательно, геологические события типа «извержение вулкана» по отношению к «дождю камней» за тысячи километров от извержения есть всего лишь частотная картина. Тысячи извержений выступают обычным фактом по отношению к десяткам необычных сведений о «падении камней с неба». Если события вулканизма по существу ординарны в своих частотах встречаемости, то ничего необычного не должно быть и в «дожде камней», а есть только отсутствие схемы и работы прогноза. Такая гомогенизация обычных и необычных явлений может оказаться весьма приемлемой и правдивой *для целого ряда вполне закономерных, но скоротечных и редких явлений*, все еще не охваченных научным вниманием — общемировой съемкой редких событий.

2. Различного происхождения трактовки необычных явлений настаивают на том, что существует широкий спектр причин и многомерных уровней для возникновения и существования самых разнообразных явлений. Возможности их объяснений опираются на солидную устную «трактовку необычного», но всего лишь для того, чтобы выловить и отбросить некоторые явления как «нереальные». Разнообразные перспективы по существу производят сепарацию явлений на обычные и необычные, реальные и нереальные. Эта классификация явлений вполне приемлема для научной оценки в сферах существующих парадигм познания.

Но как комплексные, так и однородные объяснения ограничены и представляют собой продукт существующей концепции построения научного знания. Впрочем, это замечание не запрещает группирование единичных событий, и для отдельных групп может существовать один устойчиво функционирующий механизм. Может быть и так, что какая-то доля феноменов характеризуется единичным механизмом, который срабатывает только однажды, без какого-либо повторения.

Феноменологическое богатство окружающей нас планетной и космической среды весьма велико. Поэтому и та, и другая трактовки природы необычных явлений могут оказаться приемлемыми, но далеко не исчерпывающими. Поэтому, становясь на позицию концептуального обновления восприятия передовых разделов знания, следует предусмотреть и трактовки, не вытекающие из предыдущих опыта и теории. Например, приняв в качестве допустимой концепцию о неединственности высокоразвитых форм жизни в Солнечной системе, следует допустить и соответствующие формы их активности. Эта актуальность, по предположению, обеспечивает темп эволюционной деятельности «иноцивилизации» и может проявиться в наших пространственно-временных координатах как «необычность». В этом отношении с помощью

новой концепции решается и вопрос «связи с другими цивилизациями». Эта связь, возможно, всегда существовала как постоянный канал перетока информации, впечатлений и энергии через всю совокупность необычных явлений. Но существующие антропоцентрические концепции навязывают «свой способ общения» с иноцивилизациями и не включают в рассмотрение то, что возможный диалог уже ведется на уровне, выходящем за обычную концептуальную оснащенность человека. Да, трудно строить логические возражения против того, что в сотнях тысяч зарегистрированных необычных событий окружающей среды не зашифрована «беседа» человека с космически развитой культурой. Попытка провести этот диалог *техническими средствами может оказаться наиболее неудачной из всех возможных*, поскольку она вынуждает иноцивилизацию перейти на технический язык, в котором, как полагает наша популяция, Земля весьма сильна.

В целом проблема построения схем приемлемых интерпретаций необычных явлений оказывается наименее разработанной и «взрывной». Патетическое отождествление с системой существующих концепций приводит к временному психологическому уюту. Но вопрос резко обостряется по мере возрастания функционирования канала необычностей [Непериодические быстропротекающие явления..., 1988; The Encyclopedia..., 1980].

КОНЦЕПЦИЯ «ГЕОПСИХИЗМА»

На базе высказанных фактов, предположений и требований, необходимых для формирования информационных условий возникновения новых концепций, рассмотрим содержание одной из необычных концепций, предложенное М. Персингером и Г. Лафреньером [Persinger, Lafrenicre, 1977; The Encyclopedia..., 1980]. Прежде чем охарактеризовать геопсихическую концепцию, укажем, что вопросы обобщенных человеческих воздействий на геофизические поля и, с другой стороны, воздействия электромагнитных полей на популяцию заинтересовали науку совсем недавно. Длительные слабые воздействия естественных и искусственных электромагнитных полей на живые формы лишь недавно стали предметом пристального исследования. Причины этого длительного невнимания лежат все в той же устоявшейся концептуальной системе, которая ориентирует науку на исследования сильных связей и воздействий (легко регистрируемых), вещественных преобразований и многочисленных лежащих на поверхности фактов. Но в последнее время электропроцессы и поведенческая структура отдельного человека и популяции в целом обрели новые трактовки, например: «...между электрическими явлениями в деятельности нервной системы и особенностями источника раздражения существуют определенные однозначные соответствия» [Сестров, 1975, с. 33].

Принимая во внимание более широкую и обновленную обстановку для возникновения концептуальных систем, предположение об электромагнитном диалоге между популяционными напряжениями и геофизическими полями не кажется запретным. Действительно, если учесть далеко не нулевую вероятность того, что некоторое критическое число биологических единиц (например, индивидов) может формировать своеобразную «матрицу восприятия» электромагнитных воздействий, то эта совокупность биологических индивидов обретет способность энергетически возбуждаться за счет интенсивных вариаций геофизических полей. Неприемлемость данного предположения прежде всего проистекает опять-таки из чужеродности этой концепции господствующим в наших умах представлениям.

Но принятие этой концепции к рассмотрению оказывается плодотворным в плане не только введения необычных явлений в научный контекст, но и объяснения далеко не редких фактов, например солнечной дистанционной активности биосферы [Гумилев, 1979; Паркер, 1979; Шипунов, 1980].

Обсуждение концепции геопсихизма ведется на гипотетическом уровне, хотя посылки и доводы к ней мобилизуются в широком диапазоне конкретных представлений о гео- и геомагнетизме и общепланетарных электропотенциалах [Иванов, 1979; Паркер, 1979].

Имеются хорошие модели возникновения электромагнитных «матриц восприятия» для множества однородных проводов в переменном магнитном поле. Несмотря на индивидуальный вклад каждого проводника в порождение поля, сумма этих вкладов и составит матрицу с присущими ей свойствами.

Предполагается, что если вместо проводов взять к рассмотрению большое число людей (миллионы), сосредоточенных с городской плотностью на небольшом участке, то приложенное к городским скоплениям людей (к мозгу каждого индивидуума) изменяющееся геомагнитное поле может вызвать эффект взаимодействия — «геопсихизм». Характерно, что возбуждающее «геопсихизм» поле природное, большого масштаба. Это накладывает определенные требования на вид геофизического поля, т. е. поле должно влиять на все человеческие единицы, пребывающие в соответствующих состояниях на момент воздействия. Такое совпадение интенсивности поля и числа настроенных приемников (людей) будет, во-первых, не частым, во-вторых — наверное преждевременным и вторичным по своей природе.

Интенсивность геопсихического эффекта будет функцией от взаимодействия возбуждающих полей и характеристик биологических единиц, «настроенных одинаково». Следовательно, эффект «геопсихизма» будет зависеть не столько от интеллектуального уровня горожан (который, по существу, может быть весьма разнородным), сколько от однообразия настроенности. Надо отметить, что чем выше однородность эмоциональной настройки жителей (например, просмотр телепередач), тем более

однообразным становится индивидуальный эффект: вплоть до возникновения «геопсихизма» как первичного эффекта, т. е. когда напряженность обобщенного потенциала людей дорастает до низких значений вариаций геофизических полей. В этом плане следует ожидать, что миллионы думающих об одном и том же людей произведут кратковременный геопсихический импульс, если синхронно этому развивается энергетическое возбуждение геофизических полей.

Обстановка конца XX в. попадает в сферу обобщенных стимулов образования и гарантирует разнообразие индивидуального мышления, что, согласно концепции, не способствует возникновению геопсихического эффекта. В то же время человеческая история изобилует примерами такого «когерентного или синергетического» мышления [Гумилев, 1979; Persinger, Lafreniere, 1977]. Например, религиозная основа мышления Средневековья повергла Западную Европу в однородность эмоциональных переживаний. Эта однородность популяции на большом участке планеты породила не только эпидемии «наблюдений» ведьм, духов и иных созданий «нижнего мира», но и не менее однозвучное средство приведения масс в «социальную норму» — инквизицию.

В настоящее время, по мнению авторов освещаемой концепции, максимальный шанс испытать данную гипотезу имеют Соединенные Штаты. США (да и его ближайшие сателлиты) вступают в век эмоциональной и жестокой интеллектуальной специализации. Отмечается, что восприятие населением целого континента одной и той же радио- или телепередачи в одно и то же время может послужить лучшим уравнивателем психологических реакций человеческих сообществ. Беспрецедентный уровень однородности настройки населения приводит к работе факторов такого порядка:

стимуляция возникновения однородности интеллектуальной активности масс увеличивает вероятность проявлений «геопсихизма» (единицы, не попавшие в нужную полосу состояния сознания, могут сильно угнетаться геопсихическим «единодушием»);

любые электромагнитные поля окружающей среды геофизического или гелиофизического профиля могут совпадать с частотами психологического настроения масс.

Могут возникнуть и быстротекающие (до взрывных) геопсихические процессы путем мощной, синхронизированной человеком магнитной волны внутри узкой частотной полосы электроактивности мозга, например 10 Гц. Этот взрыв может подготавливаться самой обстановкой в мире, когда угроза войны, голода, экологических потрясений может вызвать шоковое состояние у массы людей. Кроме того, в современном сообществе высокоразвитых стран поощряются массовые «медитации» без соблюдения тонких правил безопасности резкого повышения психического потенциала у людей.

Как ни реальна вероятность «мыслительного геопсихизма», вероятность «эмоционального геопсихизма» гораздо выше. При чем основой «эмоциональной гомогенизации» человеческих масс

является страх. Характерно, что именно на эту область эмоций направлены массовые усилия «передовой культуры» и «нового гуманизма». Число реальных и выдуманных поводов для страха увеличивается, причем это «страхопроизводство» тщательно изучается и поощряется.

Центром «стягивания» психоэнергий на основе страха служит то, что «неважно, чего бояться, лишь бы бояться» (войны, холода, циклона, землетрясений, опоздания, волосатого чудовища, банкротства и т. п.). Общее количество энергии людей, мобилизованной страхом, чудовищно велико, это известно экспериментаторам психопсихиатрического профиля. Шоковые количества страха могут вызываться единичным и сильным воздействием эмоционального свойства, например боязнь войны. Именно эти всплески одновременного ощущения могут дать интенсивный «геопсихический эффект».

Некоторые поборники человеческого благоденствия, чтобы изъять человечество из рабства войны, талантливо ставят фильмы ужасов, вводя в психею популяции «здоровый процесс конкуренции страхов». Не надо забывать, что именно эмоциональные реакции — это наиболее сильные и мощные психобиологические проявления. Именно этот факт следует учитывать при исследовании новых показаний людей, наблюдающих то или иное явление необычного свойства.

Теперь вернемся к электромагнитным результатам технического прогресса. Не секрет, что промышленное загрязнение электромагнитной среды урбанических зон превзошло все ожидания. Этот уровень превосходит мощность магнитных возмущений даже с высокими буревыми индексами. Именно поэтому начиная с 1945 г. идет ослабление корреляций заболеваемости с режимом геомагнитных бурь для всех урбанических зон. Уже к середине 60-х годов в мегаполисах корреляция исчезла и сохранилась только в отдаленных от крупных городов районах. Этот факт говорит о том, что человечество стало подразделяться по промышленному электромагнетизму (горожане находятся в совершенно иных электромагнитных условиях, нежели сельские жители, и различие между ними уже весьма значительно, хотя бы по уровню и характеру заболеваемости). Именно поэтому концепция «геопсихизма» — далеко не полная, а возможный психологический срыв может иметь отнюдь не геомагнитное, а промышленное происхождение. Интенсификация общесистемного электромагнетизма (в Солнечной системе), непрекращающаяся активность Солнца и Космоса по-прежнему сильно влияют на людей вне урбанических зон. Но ведь человечество и биосфера в целом развились в непрерывном диалоге с естественным режимом геомагнитных бурь, а «производственный геомагнетизм» выступает как новообразование, которое уводит популяцию в сторону от сцепленности с электромагнитной обстановкой Солнечной системы [Дмитриев, Журавлев, 1984; Паркер, 1979; Шипунов, 1980]. В совокупном представлении и в классе новых концепций сам по себе «технический прогресс» — необычное

явление номер один как по качеству, так и по общепланетарной мощности. Накопленная человечеством некачественность эмоционального и ментального состава может подпасть под руководство и коррекцию процессов техногенеза, тогда может сработать модель Персингера и Лафреньера, только при этом модель следует переименовать из «геопсихической» в «технопсихическую». Именно техногенный электромагнетизм задает обстановку, когда промышленный и бытовой электромагнитный шум влияет на сознание каждого в каждую единицу времени сна и бодрствования, а ведь каждая мысль, каждое действие или ощущение начинается с какого-то электрохимического процесса в мозге [Шингаров, 1974].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы в краткой форме изложили причины, которые вынуждают целый ряд исследователей новых явлений искать опору для своей работы в создании атмосферы для рождения новой концептуальной обобщающей схемы. В привычную для наших работ последовательность событий вторгается новая феноменология. Вырос круг взаимодействия с неизвестными событиями, и для того, чтобы этот круг свести до исследовательского полигона, ученые учитывают необычные реальности не только новыми способами и средствами наблюдения, но и включают их в новые концептуальные построения. Однако эти концептуальные возможности не только расширяют возможность научного охвата новых явлений природы, но и потребуют новых преобразований в области общей интеллектуальной навигации популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бриллюэн Л. Наука и теория информации.— М.: Физматгиз, 1960.— 392 с.
- Воробьев А. А., Завадовская В. К., Сальников В. Н. Изменение электропроводности и радиоизлучения горных пород и минералов при физико-химических процессах в них // Докл. АН СССР.— 1973.— Т. 208, № 1.— С. 82—85.
- Гаков Вл. Темна вода во облацех...— М.: Политиздат, 1987.— 127 с.
- Гиндилис Л. М., Меньков Д. А., Петровская И. Г. Наблюдение аномальных атмосферных явлений в СССР. Статистический анализ.— М.: ИГи АН СССР, 1979.— 74 с.
- Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли.— Л., 1979.— Вып. 1: Звено между природой средой и обществом.— 252 с.— Деп. в ВИНТИ 03.10.79, № 1001—79.
- Дмитриев А. Н. Включение необычных явлений в концептуальные перспективы // Непериодические быстропотекающие явления в окружающей среде: Тезисы докладов.— Томск: ТПИ, 1988.— Ч. 1.— С. 99—101.
- Дмитриев А. Н. Техногенный вызов Земле // Вестник высшей школы.— 1989.— № 7.— С. 10—13.
- Дмитриев А. Н., Журавлев В. К. Тунгусский феномен 1908 года — вид солнечно-земных взаимосвязей.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1984.— 143 с.
- Дмитриев М. Тайна Петрозаводского феномена // Наука и техника.— 1979.— № 8.— С. 34—39.

- Зигель Ф. Ю.** Летающие тарелки — миф или реальность? // Байкал. — 1967. — № 4. — С. 104—107.
- Иванов К. Г.** Медленная ударная волна на фланге межпланетного потока от далекой мощной вспышки // Докл. АН СССР. — 1979. — Т. XIX, № 1. — С. 152—154.
- Лойша В.** Бысть знамение на небеси... — Томск: Кн. изд-во, 1987. — 141 с.
- Мензел Д.** О летающих тарелках. — М.: ИЛ, 1962. — 342 с.
- Непериодические** быстропотекающие явления в окружающей среде: Тезисы докладов. — Томск: ТПИ, 1988. — Ч. I. — 123 с.; — Ч. II. — 144 с.; Ч. III. — 230 с.
- Паркер Е. И.** Загадки солнечной активности // Проблемы солнечной активности. — М.: Мир, 1979. — С. 8—23.
- Петрушенко Л. А.** Самодвижение материи в свете кибернетики. — М.: Наука, 1971. — 97 с.
- Платов Ю. В.** Аномальные явления: сенсации и действительность // Земля и Вселенная. — 1986. — № 4. — С. 73—80.
- Санаров В. И.** НЛО и энонавты в свете фольклористики // Советская этнография. — 1979. — № 2. — С. 145—148.
- Сестров М. И.** Информационные процессы в биологических системах. — Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. — С. 27—40.
- Стихийные бедствия:** изучения и методы борьбы. — М.: Прогресс, 1978. — С. 369—437.
- Хокис Дж.** Кроме Стоунхенджа. — М.: Мир, 1977. — 268 с.
- Хэссет Дж.** Введение в психофизиологию. — М.: Мир, 1981. — 20 с.
- Шингаров Г. X.** Теории отражения и условный рефлекс. — М.: Наука, 1974. — 23 с.
- Шипунов Ф. Я.** Организованность биосферы. — М.: Наука, 1980. — 290 с.
- Condon E. U.** Scientific study of unidentified flying objects // (Рецензия в «Новые книги за рубежом». — 1972. — А № 1. — 47 с).
- Mac-Donald J. E.** Meteorological Factors in unidentified Radar Returns // РЖ «Радиотехника», 1971. — Реф. 7, ч. 12. — С. 10—20.
- Persinger M. A., Lafreniere G. F.** Space-Time Transients and Unusual Events. — Chicago: Nelson-Hall, 1977. — 260 p.
- The Encyclopedia of UFO's** // Ed. by D. Ronald Story. — N. Y.: Dolphin Books, 1980. — 440 p.

Ю. А. Колясников

СЛУЧАЙНЫ ЛИ **«РЕДКИЕ СОБЫТИЯ В ГЕОЛОГИИ»** **В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ** **КОСМИЧЕСКОГО ВУЛКАНИЗМА**

«Редкие события в геологии» стали очередным после тектоники плит модным увлечением исследователей планеты. Можно сказать, что пальма первенства переходит от альтернативы фиксизм — мобилизм (которые могут оказаться взаимно дополняющими в будущей общей теории Земли [Алексеева, 1987]), к выяснению причин глобальных изменений в органическом мире, касающихся фундаментальных событий стратиграфии. Хотя следует

отметить, что и здесь уже имеются попытки объединить метеоритную и вулканическую гипотезы так называемым триггерным или наведенным в результате метеоритного удара магматизмом [Бронштэн, 1987]. Появились солидные монографии, циклы работ, убедительно доказывающие на фактическом материале правоту идей того или другого направления. Тем более ценно еще в разгаре спора попытаться разобраться в сложившейся ситуации, в исходных позициях той или иной концепции, оценить их объективность и непротиворечивость.

В ходе дискуссии о причинах вымирания организмов, имеющей давнюю историю [Давиташвили, 1969], исследователи из не менее чем 10 научных областей (!) время от времени пытаются найти и обосновать некую универсальную причину резких изменений в органическом мире. В работе Л. Ш. Давиташвили их приводится несколько десятков, и все они в отдельности, как превосходно показал автор, не в состоянии дать сколько-нибудь удовлетворяющее решение проблемы. В объективности же самих революционных скачков в эволюции органического мира в настоящее время вряд ли кто сомневается, разговоры идут лишь об абсолютизации синхронности вымираний, длительности «скачков» эволюции и т. д. Подробно проблема рассмотрена в обобщающих работах С. Г. Неручева [1982], В. А. Красиловой [1987] и других исследователей [Редкие события..., 1986].

Господствующие на сегодня метеоритная и вулканическая гипотезы вобрали в себя большинство тех частных, второстепенных, разных по рангу и достоверности причин, которые выдвигались в качестве основных, став таким образом обобщающими концепциями. В связи с этим полезно рассмотреть, насколько эти две концепции на сегодня противостоят друг другу, не происходит ли действительно и с ними история, подобная истории с фиксизмом и мобилизмом в рамках концепции пульсирующе-расширяющейся Земли [Колясников, 1985]? Необходимо также отметить, что дискуссия развернулась уже не вокруг непосредственных причин вымирания организмов — импактных событий или вулканических извержений, а вокруг признаков того или другого события во взрывных кольцевых (круговых, по В. Л. Масайтису) структурах. Последний аспект прекрасно отражен в публикациях В. Л. Масайтиса [1987] и В. А. Милашева и др. [1987]. Конкретно же обе стороны множат свои доказательства в пользу или метеоритной, экзогенной, сугубо внешней, или вулканической, эндогенной природы несомненно взрывного события. Самое интересное и даже пикантное обстоятельство в этом споре то, что продукты взрывных круговых структур очень схожи с таковыми, образующимися в камерах подземных ядерных взрывов. И этот факт признается единодушно сторонниками обеих гипотез [Взрывные кольцевые структуры..., 1985; Масайтис, 1987].

Итак, сравним исходные позиции метеоритной и вулканической концепций. В метеоритной гипотезе главную ударную силу двигателя прогресса органического мира взяло на себя подлинно «ред-

кое событие в геологии»: импакт астероида, имевшего скорость 11—74 км/с и внушительный размер (до 10—15 км в поперечнике), с образованием астроблемы и, как следствие, метеоритной зимой. Здесь сразу следует оговориться, что разговор идет не столько о случайных падениях метеоритов и астероидов, сколько о причинах резких изменений в органическом мире и самих этих изменениях, но потом, при рассуждениях, между ними ставится знак равенства. Поскольку только на фанерозой «попадает» не менее 20 таких хроностратиграфических рубежей между эрами, периодами, отделами, надъярусами, то отношение и к этим границам как к «редким событиям в геологии» вызывает по меньшей мере недоумение.

В целом же ситуация сейчас с этой концепцией такова, что на всех значительных рубежах сторонники этой гипотезы вынуждены «лить» на Землю метеоритные дожди или «ударять» по ней астероидами, дабы на нашей косной планете все крутилось и вертелось. Даже магматизму необходим, оказывается, такой же небесный толчок, отчего он становится триггерным. Наконец, и некоторые месторождения могли бы не состояться без внешнего толчка (например, Седбери).

Интенсивная метеоритная бомбардировка предполагается в ранней истории планет земной группы и т. д. В 1980 г. геохимики во главе с астрофизиком Л. Альваресом, обнаружив в пограничных мел-палеогеновых слоях повышение концентрации иридия и других якобы космогенных элементов, приписали им метеоритное происхождение, поначалу казавшееся вполне обоснованным. Затем, по мере обнаружения иридиевых аномалий на других рубежах, их также начинали толковать как продукты «редких событий в геологии». Сейчас уже нашли периодичность, причем не самих хроностратиграфических рубежей (23—35 млн лет — средняя длительность формирования отделов или надъярусов), а именно редких случайных событий как главной причины периодичности направленных изменений в органическом мире [Raup, 1985]. И вот уже стратиграфические рубежи предстают взору геолога как следствия той, космической периодичности! Достаточно лишь усилить на этих рубежах кометно-метеоритные дожди или, в случаях границ эр, периодов, ударять в Землю крупными, до 10—15 км в поперечнике, астероидами. Вычислена даже вероятность этих катастрофических событий, кстати, не очень малая (за 1 млн лет на Землю могут упасть три километровых астероида, а 10-километровый — раз в 40—60 млн лет) [Бронштэн, 1987; Raup, 1985]. Еще меньше вероятность в ближайшей окрестности Солнечной системы вспышки сверхновой звезды, которая тоже привлекалась в качестве экзотического «редкого события» [Псковский, 1985] и, по И. С. Шкловскому, могла привести на рубеже мел — палеоген к массовому вымиранию динозавров. Как видим, вероятность падений крупного астероида достаточно мала, так что такое событие и редкое, и востину случайное, поскольку вероятность, какая бы она ни была, отнюдь не означает периодичности...

Методологическая несостоятельность этой гипотезы очевидна, поскольку для саморазвития Земли она требует внешней, к тому же чисто механической причины. Она не видна лишь самим сторонникам этой гипотезы. Полную фактическую ее несостоятельность показал и продолжает раскрывать в цикле своих работ профессор ВНИГРИ С. Г. Неручев [1982]. Основа его концепции — фундаментально обоснованное положение о том, что рубежи истории органического мира маркированы не просто иридиевыми аномалиями (они, кстати, не так уж повсеместны и строго синхронизированы на разных рубежах!), а глобальными геохимическими аномалиями, в том числе радиоактивными, объективное существование которых объяснить падением метеоритов, пусть самых экзотических, просто невозможно. И далее в развитии идей С. Г. Неручева следует неизбежный и логически строгий переход от глобальных геохимических аномалий к вулканической всеземной их причине. Следует также отметить, что большая состоятельность концепции вытекает из того еще обстоятельства, что она вобрала в себя большинство рассматривавшихся в работе Л. Ш. Давиташвили гипотез (астрофизических, климатических, газовых, вулканических, тектонических и др.).

Буквально в последнее десятилетие вулканологи при режимных наблюдениях за Большим Толбачикским трещинным извержением, вулканами Килауэа, Мерапи и другими установили, что вместе с обычными силикатными продуктами (пеплы, шлаки, лавы) и водой в составе летучих фтористых соединений выносятся практически вся рудная часть таблицы Менделеева, в том числе благородные металлы (золото и платиноиды, включая злополучный иридий!) и радиоактивные элементы в количествах, на порядки превышающих кларки базальтов [Неручев, 1982]. Это открытие сразу поставило все на свои места, попутно и вторично «открыв» глаза геологам на истинную причину многих явлений, поскольку даже среднее по интенсивности извержение вулкана стоит на втором месте после ядерного взрыва по серьезности воздействия на биосферу.

Вулканическая гипотеза объяснения резких изменений в органическом мире вполне обходится без участия внеземных по происхождению, механических по воздействию, случайных по вероятности «редких событий». Она крепка прежде всего методологически, так как прекрасно вписывается в концепцию саморазвития такого сложного астрофизического объекта, как Земля. Этот подход тем не менее отнюдь не означает, что наша планета развивается изолированно от окружающего ее Космоса. Ее эндогенная активность отражает опосредованные связи планеты, скорее всего через пульсации активности ее ядра [Кузнецов, 1984], с различными полями Космоса, но менее всего — прямым взаимодействием с его веществом, тем более через удары метеоритов и астероидов!

Сейчас уже достаточно широко известно, что всеземными импульсами базальтового вулканизма, вызывающими резкие гло-

бальные изменения биосферы, отмечено большинство рубежей геологической истории Земли, начиная с таинственной границы 3,8—3,7 млрд лет назад и кончая мел-палеогеновой «катастрофой», когда за 10 млн лет сменилось более 80 % видов органического мира [Красилов, 1987].

Рубеж 3,8—3,7 млрд лет назад — время формирования зелено-сланцевых поясов, начинавшихся с массовых излияний экзотических коматитов — знаменит прежде всего утверждением на Земле самой Жизни. Возможно, что сильные эндотермические импульсы расширения Земли и излияния высоконагретых коматитов (более 1600 °C) приводили к резкому охлаждению мантии и впервые (?) в истории ранней горячей планеты — к генерации базальтовых магм (около 1200 °C), с чем неизбежно было связано и перворождение ювенильной воды в процессе подъема и излияний базальтовых лав [Колясников, 1985]. Несомненно, что переохлаждение литосферы и окружающей ее атмосферы, сопровождавшее вспышку коматит-базальтового вулканизма, рано или поздно должно было привести к конденсации паров воды и образованию уже не исчезающих в дальнейшем водных бассейнов. Кстати, именно с этого рубежа на поверхности Земли появились первые достоверные морские осадочные отложения. Гидросфера, в свою очередь, — наиболее эффективный фактор стабилизации температур поверхности планеты, обязательный для существования даже термофильных прокариот.

Следует отметить, что и импакт, и катастрофический вулканический взрыв типа Тамборы или Кракатау, способные произвести глобальный эффект, сопоставимы как по энергии, так и по последствиям, т. е. обладают явной конвергенцией [Взрывные кольцевые структуры..., 1985]. Но первая модель оказывается менее обоснованной из-за фактической мгновенности, подлинной случайности «редких событий» и их эффекта, тогда как вулканизм есть отражение эндогенной активности и растянут на этих рубежах на несколько миллионов лет, в течение которых извергались многие сотни и тысячи вулканов. Именно на этих рубежах в течение нескольких миллионов лет гранитоидный магматизм (включая финальный игнимбритовый вулканизм) сменялся базальтовым, формировались контрастные серии, типичные для позднего мезозоя и кайнозоя, менялся климат планеты, регрессии сменялись трансгрессиями, резко возрастала скорость спрединга и т. д. Глобальность подобных изменений можно связать только с пульсациями и сменами эндогенного режима от максимального сжатия к расширению, сопровождавшимися инверсиями магнитного поля Земли. Последние несомненно отражали загадочные пока изменения в пульсе ее ядра [Колясников, 1985; Кузнецов, 1984], который, в свою очередь, связан с галактическими ритмами [Неручев, 1982].

Попробуем далее показать, что существует возможность объединения этих противоборствующих концепций на основе знаменитого принципа дополнительности Бора.

Концепция космического вулканизма как величественного планетарного явления, осуществляющего очевидную связь планет и Космоса путем выброса продуктов извержений за пределы действия силы тяжести планеты, в общих чертах была разработана профессором С. К. Всехсвятским в 30-х годах для объяснения происхождения комет и метеоритного вещества. Тогда ее посчитали чересчур фантастичной, и лишь в 1979 г. она была блестяще подтверждена переданными с АМС «Вояджер» изображениями восьми одновременно извергающихся вулканов на спутнике Юпитера Ио. Но еще в 1939 г. над этой же, казалось бы, отвлеченной темой раздумывал выдающийся петрограф В. Н. Лодочников, который полагал, что некоторые метеориты могут иметь земное вулканическое происхождение [Лодочников, 1939]. К такому же выводу приходили и А. Н. Заварицкий и В. Г. Фесенков [Всехсвятский, 1969].

В настоящее время эта проблема становится «горячей», особенно после обнаружения марсианских и лунных метеоритов и разброса возраста, вплоть до кайнозойского, ряда космических посланцев, найденных во льдах Антарктиды [Шуколюков, 1987]. Поскольку С. К. Всехсвятский считал и кометы производными экстремального планетного вулканизма, то к данной проблеме имеют отношение и Тунгусский феномен [Бронштэн, Терентьева, 1987], и даже загадочные тектиты [Изох, Ле Дык Ан, 1983].

Концепции космического вулканизма планет земной группы, и в первую очередь Земли, коснулись авторы монографии «Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ» [1985]. В ней достаточно убедительно показано, что такое грандиозное явление, как выброс части вещества литосферы при катастрофических вулканических взрывах за пределы сферы действия сил тяготения Земли, вполне реален. По общей энергии взрывных извержений вулканов Тамбора и Кракатау оценена вероятность подобных выбросов: энергии оказалось достаточно для достижения некоторыми обломками скорости свыше 8 км/с [Взрывные кольцевые структуры..., 1985; Лодочников, 1939]. Но гораздо проще это было бы осуществить на планете с меньшей силой тяжести, что показано в работе [Изох, Ле Дык Ан, 1983]. Э. П. Изох предполагает происхождение тектитов при вулканических взрывах на одной из малых планет Солнечной системы типа Ио с явно меньшей, чем у Земли, силой тяжести и дальнейшую транспортировку их на Землю кометой. Хотя большинство исследователей, исходя из схождения элементного и изотопного состава тектитов и осадочных пород, пока убеждено в земном их происхождении [Шуколюков, Явнель, 1986].

С другой стороны, в последние годы вокруг Земли и Луны обнаружены пылевые облака [Бронштэн, Терентьева, 1987], что позволило ряду исследователей, в развитие концепции С. К. Всехсвятского, предположить существование вокруг них временами и планетарных колец [Патрунов, 1987]. Образование и исчезнове-

ние последних связывается с вариациями силы тяжести таким образом, что при уменьшении ее, имевшем место скорее всего при импульсивном расширении Земли [Кузнецов, 1984], резко возростала интенсивность вулканизма. При большем снижении силы тяжести извержения многих вулканов приобретали катастрофический характер, когда значительная часть их продуктов выбрасывалась в околоземное пространство, превращаясь в естественные спутники Земли и образуя в совокупности ее планетарное кольцо ¹. С выбросом всего вулканизовавшего вещества в высокие слои атмосферы и может быть связана загадочная особенность так называемого криптовулканизма ² [Взрывные кольцевые структуры..., 1985], когда при катастрофических взрывных процессах с признаками шокового близмегабарного метаморфизма обычные вулканические продукты в районе извержения отсутствуют [Масайтис, 1987; Милашев, 1987]. Затем сила тяжести медленно стабилизировалась и происходило «опадание» планетарных колец с превращением бывшего земного вещества в якобы метеоритное ³ [Неручев, 1982].

Возможно, что такие глобальные события охватывали одновременно несколько планет, и происходил своеобразный обмен веществом между ними, предполагаемый сейчас для некоторых антарктических метеоритов типа ШНШ [Шуколюков, 1987]. Загадочная механическая сохранность некоторых крайне хрупких тектитов [Изох, Ле Дык Ан, 1983], которые по этой гипотезе есть порождение начальной, наиболее эруптивной фазы космического вулканизма планеты, можно объяснять, при наличии прочих условий, тем, что в момент разбрызгивания струи тектитного расплава и падения капель обратно на Землю она обладала меньшей силой тяжести. Вслед за тектитами на поверхность выбрасывалось мгновенно вспененное «наводороженное» вещество близповерхностных гранитных магматических очагов (игнимбриты больших объемов [Проблемы палеовулканизма, 1963]).

В подобной же ситуации в архее могли заметно облегчаться излияния тяжелых коматиитовых потоков [Komatiites, 1982]. Громадные по объемам извержения трапповой формации на континентах по времени приурочены к тем же знаменитым рубежам геологической истории планеты [Макаренко, 1983; Проблемы палеовулканизма, 1963].

В связи с отмеченной аналогией заслуживают внимания близкие оценки аномально низкой вязкости этих, казалось бы, очень

¹ Кстати, такое «земное» происхождение Луны было предложено Дж. Дарвином еще в прошлом веке; сама идея, достаточно экстравагантная, время от времени возрождалась, а сейчас модифицируется.

² Термин единодушно признан неудачным, так как не отражает сути явления; более подходящим представляется термин «супервулканизм», куда можно включить кимберлитовый, лампроитовый, щелочно-базальтоидный.

³ Может быть, потому в большинстве астроблем явных следов метеоритного вещества не обнаруживается?!

различных по составу и состоянию силикатных расплавов, приближающейся к таковой воды (менее 10 Пз). Проще всего переход в подобное аномальное текучее состояние объяснить внезапным резким насыщением магм водородом (гидрогенизация или протонная активация), поскольку только водород способен разорвать мостиковую связь Si—O, а также большинство ионных связей Me—O [Колясников, 1985]. При отношении водорода к атомам силикатного вещества 1 : 1 и более вязкость расплава действительно будет приближаться к водной, так как основной структурной единицей в таком расплаве будет электронейтральный кремнегидроксильный тетраэдр $\text{Si}(\text{OH})_4^0$.

В предлагаемой гипотезе самый неясный и дискуссионный момент — предположение о довольно значительных вариациях силы тяжести. Еще совсем недавно такая возможность казалась фантастической, тем более что в ряде работ отстаивается тезис об увеличении со временем массы Земли, следовательно, и силы тяжести на ее поверхности [Блинов, 1979], хотя более обосновано и многими принимается ее уменьшение во времени [Кузнецов, 1984; Проблемы расширения..., 1984].

В рамках модели пульсирующе-расширяющейся Земли [Проблемы расширения..., 1984] и наблюдений за неперiodическими вариациями силы тяжести планеты значимые пульсации ее в геологическом времени кажутся неизбежными. Так, по данным Э. Н. Лишневского [Проблемы расширения..., 1984], на расширяющейся Земле сила тяжести должна уменьшиться более чем на порядок.

Очевидно, что и в каждой фазе расширения пульсирующей Земли сила тяжести на ее поверхности должна несколько уменьшаться. При резких изменениях ротационного режима планеты, сопровождающих переходы от сжатия к расширению [Красилов, 1987; Проблемы палеовулканизма, 1963], уменьшение силы тяжести могло быть уже значительным, в несколько раз. Так, для планеты Астерон Б. А. Воронцов-Вельяминов [1987] предполагал, что 4 млрд лет назад сила тяжести на ней снизилась до критической (практически до нуля?!). Начавшийся катастрофический космический вулканизм как следствие увеличения объема и резкой дегазации ее внутренних оболочек перерос в необратимое «распухание» планеты с полным разрушением литосферы, давшей пояс астероидов, и мантии с ядром (?), превратившихся в огромное множество комет. По мере потери летучих ядра комет трансформировались в метеоритное вещество [Бронштэн, 1987; Чурюмов, 1980]. Промежуточным этапом могло быть образование окольцованных планет-гигантов, окруженных многочисленными вулканически активными спутниками.

В такой интерпретации к уже известным причинам резких изменений органического мира планеты на главных хроностратиграфических рубежах прибавится еще одна и, пожалуй, основополагающая для всех остальных: крупноамплитудная вариация силы тяжести на поверхности планеты. Пока можно лишь предпо-

лагать, что первопричиной достаточно резкого уменьшения силы тяжести может быть своеобразный «заклин» твердого внутреннего ядра в мантии с временным исчезновением жидкой внешней оболочки ядра. Далее следовал быстрый переход части ядерного вещества во внешние оболочки и их расширение с одновременным разогревом [Колясников, 1985; Кузнецов, 1984]. Резкое усиление диффузионно-струйной миграции общепризнанного тепломассоносителя — водорода или протонного газа — из ядра в мантию и приводило к абсолютному уменьшению гравитирующей массы ядра Земли [Колясников, 1985]. Дегазация водорода и его горение с рождением воды как доказательство такой миграции неоднократно наблюдались в конкретных «горячих точках»: вулканах [Колясников, 1985; Кузнецов, 1984].

Глобальное следствие подобной серьезной внутренней перестройки — резкое изменение ротационного режима планеты, а именно, внезапное замедление скорости общего вращения, увеличившей объем Земли с неизбежным уменьшением ускорения силы тяжести на ее поверхности⁴. Снижение на поверхности планеты силы тяжести провоцирует, наряду с возрастанием эндогенной активности, взрывной супервулканизм, в том числе игнимбритовый. Он, в свою очередь, перерастает в панбазальтовый феномен с последующим медленным затуханием вулканической деятельности, восстановлением гравитационного равновесия, стабилизацией магнитного поля Земли и поля силы тяжести.

Этот достаточно новый, неожиданный и еще недавно казавшийся фантастическим аспект «редких событий в геологии» — взрывной космический вулканизм в условиях уменьшавшейся на время силы тяжести — в настоящее время переходит в разряд рабочей гипотезы. В частности, с этих позиций объясняется эпизодически проявлявшийся в биосфере гигантизм целых сообществ живых организмов (венд, мезозой [Неручев, 1982; и др.]). По-видимому, подобный подход может помочь в разрешении многочисленных противоречий изотопной геохимии метеоритного и земного вулканического вещества, поскольку, кроме всего прочего, сила тяжести и в целом тяготение управляют таким фундаментальным параметром, как период полураспада нестабильных элементов (имеются в виду слабоэнергетические К-захват и β -распад [Колясников, 1985]).

Таким образом, в жизни планетной системы действительно может быть реальным этап интенсивной метеоритной бомбардировки, но связанный не с гипотетической аккрецией протопланетного вещества из некоего газово-пылевого облака на ранней стадии эволюции системы, а уже с развитием самих планет, возможно даже, с финалом жизни одной из них. В такой интерпретации обсуждавшиеся выше метеоритная и вулканическая гипотезы сливаются воедино, образуя динамичную, тесно связанную и взаимо-

⁴ Возможно, на этой экстремальной стадии находится сейчас Венера.

обусловленную систему: концепцию космического вулканизма, в которой последний выступает как глобальный фактор, определяющий, наряду с внутренними биотическими причинами [Красилов, 1987], неравномерность эволюции жизни на Земле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеева Л. К. Материалистическая диалектика и проблемы современной геологии // Геологический журн.— 1987.— Т. 47, № 4.— С. 87—97.
- Блинов В. Ф. О проблеме возможного роста Земли // Геофизический сборник АН УССР.— 1979.— Вып. 54.— С. 85—93.
- Бронштэн В. А. Метеоры, метеориты, метеороиды.— М.: Наука, 1987.— 174 с.
- Бронштэн В. А., Терентьева А. К. Конференция по физике и динамике метеоров // Земля и Вселенная.— 1967.— № 4.— С. 41—43.
- Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ/Ваганов В. И., Иванкин П. Ф., Кропоткин П. Н. и др.— М.: Недра, 1985.— 200 с.
- Воронцов-Вельяминов Б. А. Роль гравитации и ядерных сил в создании астероидов и комет // Кометный циркуляр, № 370, 23 июля 1987 г.— Киев: ГАО АН УССР, 1987.— С. 2—4.
- Всехсвятский С. К. Космогония Солнечной системы // Проблемы современной космогонии.— М.: Наука, 1969.— С. 240—312.
- Давитанивили Л. Ш. Причины вымирания организмов.— М.: Наука, 1969.— 440 с.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Тектиты Вьетнама. Гипотеза кометной транспортировки // Метеоритика.— М.: Недра, 1983.— Вып. 42.— С. 158—169.
- Колясников Ю. А. Эволюция вещества литосферы Земли.— Магадан: ДВНЦ АН СССР, 1985.— 31 с.
- Красилов В. А. Периодичность развития органического мира // Палеоптол. журн.— 1987.— № 3.— С. 9—15.
- Кузнецов В. В. Физика Земли и Солнечной системы (модели образования и эволюции).— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1984.— 92 с.
- Лодочников В. Н. Некоторые общие вопросы, связанные с магмой, дающей базальтовые породы // Зап. Всесоюз. минер. о-ва.— 1939.— Сер. II, ч. 68, вып. 2, 3.— С. 3—31.
- Макаренко Г. Ф. Вулканические моря Земли и Луны.— М.: Недра, 1983.— 144 с.
- Масайтис В. Л. Криптовулканизм — истина или иллюзия? // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1987.— № 10.— С. 130—135.
- Миланев В. А., Соколова В. П., Шихорина К. М. Калиевые взрывные брекчии р. Бол. Куонамки — импактиты или криптовулканиды (северо-восток Сибирской платформы)? // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1987.— № 10.— С. 30—37.
- Неручев С. Г. Уран и жизнь в истории Земли.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1982.— 208 с.
- Патрунов Д. К. Планетные кольца Земли как возможный биосферный фактор // Теоретические и прикладные аспекты современной палеонтологии: Тезисы докладов.— Л., 1987.— С. 54—55.
- Проблемы палеовулканизма.— М.: Мир, 1963.— 587 с.
- Проблемы расширения и пульсаций Земли.— М.: Наука, 1984.— 191 с.
- Псковский Ю. Н. Новые и сверхновые звезды.— М.: Наука, 1985.— 208 с.
- Редкие события в геологии // Природа.— 1986.— № 1.— С. 53—66.
- Чурюмов К. П. Кометы и их наблюдение.— М.: Наука, 1980.— 113 с.
- Шуколюков Ю. А. Горизонты современной метеоритики // Природа.— 1987.— № 9.— С. 29—30.
- Шуколюков Ю. А., Явнель А. А. О происхождении тектитов // Метеоритика.— М.: Наука, 1986.— Вып. 45.— С. 156—164.
- Komatiites/Ed. by N. T. Arndt and E. G. Nisbet.— L., 1982.— 526 p.
- Raup D. M. Rise and fall of periodicity // Nature.— 1985.— V. 316, N 6036.— P. 384—385.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН БЛИЗМЕГАБАРНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Проблема поведения вещества при мегабарных давлениях актуальна тем, что в ней непосредственно связан жгучий в планетологии вопрос о составе ядер планет земной группы. Не секрет, что модель с существенно железным ядром, возникающая более двух веков назад, практически изжила себя [Кузнецов, 1984; Ларин, 1980]. Самым крупным ее недостатком следует, видимо, считать то, что она абсолютно не нуждается в доказанном и объективно существовавшем на протяжении всей геологической истории Земли гелиево-водородном «дыхании» планеты. Один этот факт ставит модель под сомнение, но у нее есть и другие нерешенные проблемы [Ларин, 1980], в частности эволюция магнитного поля Земли [Кузнецов, 1984]. В то же время непосредственно изучать вещество ядра Земли человеку не дано. Отношение к нему железных метеоритов не менее отдаленное, чем каменных, связанных с первыми постепенными переходами¹. Пока что человек может более или менее достоверно оценить лишь давление в недрах Земли, поскольку о составе, состоянии и температурах существуют различные, порой взаимоисключающие представления.

Однако еще в начале 70-х годов А. А. Воробьев считал, что ответственно за резкий, почти в 2 раза, скачок плотности на границе мантии и ядра Земли именно давление, достигающее там 1,4 Мбар [Воробьев, 1971]. Подобные величины в эксперименте пока достигаются лишь в импульсном режиме, путем микровзрыва, в очень малых объемах. Наибольшего внимания в этом отношении заслуживают работы по лазерному управляемому термоядерному синтезу (ЛУТС), где доказана принципиальная возможность получения термоядерной энергии, достигнуто давление света в миллионы атмосфер, а водород сжат до плотности 10—30 г/см³ при мощности импульса в первые килоджоули [Афанасьев и др., 1982]. Тогда действительно модель с железным ядром оказывается попросту ненужной, что было очевидным для В. А. Обручева, М. А. Усова и др. [Кропоткин, 1984], хотя гипотеза изначально гидридной Земли, являющаяся своего рода компромиссным решением, родилась уже более 15 лет назад [Ларин, 1980].

Итак, что мы знаем относительно воздействия давления на твердое вещество? Как известно [Попова, Бенделиани, 1974],

¹ Скорее всего и те, и другие представляют собой преобразованное в крайне восстановительных условиях вещество верхней мантии одной из малых планет (возможно, Астерона, по Б. А. Воронцову-Вельяминову [1987]).

при сильном сжатии свойства вещества все менее зависят от состава. Признаки подобной тенденции наблюдаются уже при давлении ~ 100 кбар. Но что может происходить при унификации свойств вещества и с чем это связано? Для ответа на эти вопросы надо обратиться к некоторым уникальным процессам с достижением сверхвысоких давлений (СВД), имеющим место на поверхности Земли и объединенным аналогией продуктов трансформации вещества. Прежде всего к ним относятся взрывные события эндогенного и космического происхождения с образованием кольцевых или круговых структур (метеоритные кратеры, астроблемы, кимберлитовые трубки, маары). Общим для взрывных круговых структур (ВКС) можно считать достижение близмегабарных давлений. Так, по Ю. Шуберу [Shoubert, 1977], давления в импактных структурах составляли от 0,4—0,5 до 4—5 Мбар. Независимо от метеоритной или эндогенной причины взрывного события, продукты ВКС удивительно похожи по составу и зональности на продукты из камер подземных ядерных взрывов (ПЯВ), и это признают сторонники обоих направлений [Взрывные кольцевые структуры..., 1985; Редкие события..., 1986]. В то же время все исследователи также единодушно и категорически отвергают возможность природных ядерных взрывов, которая, кстати, могла бы объединить их. Но основания к такому объединению уже имеются. Взять хотя бы взрыв энергоблока на Чернобыльской АЭС, происшедший в результате «разгона» реактора, возможного и в природных условиях для естественных ядерных реакторов типа феномена Окло [Дмитриев, Журавлев, 1984]. Сравнительная характеристика продуктов перечисленных шоковых процессов, проведенная Ю. Шубером [Schoubert, 1977], показала сходство их самих и расплавов в камерах ПЯВ по ультракислородному составу, восстановленной форме железа и дефициту некоторых испарившихся легкоплавких элементов.

Итак, подчеркиваемая всеми исследователями аналогия ВКС и их продуктов с продуктами камер ПЯВ прямо свидетельствует об унификации расплавов независимо от состава исходной породы и характера взрывного процесса. Главная причина подобного преобразования вещества состоит, скорее всего, в достижении СВД. Признаки воздействия СВД на силикатное вещество следующие: наличие планарных структур в силикатных минералах, редко в пироксенах², присутствие высокобарических фаз кремнезема и ряд других [Взрывные кольцевые структуры..., 1985; Редкие события..., 1986]. Следы шоковых давлений обнаружены в тектитах [Glass et al., 1986], несомненно, представляющих собой продукты ударных расплавов, хотя до сих пор в некоторых аспектах и загадочных [Изох, Ле Дык Ан, 1983; Шуколюков, Явнель, 1986].

² В оливине они, по-видимому, не сохраняются в связи с его неустойчивостью в коровых условиях.

Достижение высоких, в сотни килобар, давлений было возможным и при ударах-разрядах особенно мощных молний в песок или в рыхлый грунт с образованием фульгуритов. Чрезвычайная редкость обнаружения их крупных (более 1 м в длину) экземпляров свидетельствует отчасти о малой вероятности разрядов такой мощности. Интересно, что оценка вероятности возникновения шаровых молний такова же [Барри, 1983]. По-видимому, именно подобные чрезвычайно мощные молнии наблюдаются с искусственных спутников Земли, с расстояния в сотни километров. В обоих случаях мощность разряда превышала среднестатистический, вероятно, на несколько порядков. Пока же отметим, что разряд молнии — это прежде всего гигантской мощности поток электронов (заряд 20—30 Кл при силе тока в десятки и даже сотни тысяч ампер [Стаханов, 1985]!). На границе сред, особенно газ — твердое, он резко тормозится, в силу чего в месте удара молнии в землю практически мгновенно достигается аномально высокая концентрация электронов. Поскольку последние — наиболее подвижная субстанция внутри даже твердого вещества, то и при взрывах с достижением мегабарных давлений также создается аномально высокая концентрация электронов путем сближения атомов вещества с деформацией и частичным нарушением («обрушением») их электронных оболочек.

На примере перечисленных выше уникальных образований можно попытаться выяснить более конкретно, что же происходит с веществом при давлениях, достигаемых в недрах Земли. Ведь там, на границе ядро — мантия, как отмечалось выше, давление переходит за критический предел 1,4 Мбар и имеет место скачкообразное изменение плотности вещества от 5,5 до 10 г/см³ и более. Оно связано, скорее всего, не просто с изменением химического состава, например силикатного на существенно железный, или с изохимическими переходами первого рода, а с упоминавшейся уже и более фундаментальной унификацией состояв в связи с переходом в бароплазменное состояние, на уровень элементарных частиц [Воробьев, 1971; Колясников, 1985], предполагавшийся А. Ф. Капустинским еще в 50-х годах [Капустинский, 1956]. Но это соответствует, по Л. Д. Ландау, фазовому переходу второго рода, когда имеет место еще и переход вещества в состояние квантовой жидкости.

К сожалению, в экспериментах статические давления такого порядка в достаточно большом объеме до сих пор не получены. Тем более важно изучать изменения состава и состояния вещества при близмегабарных давлениях, достигаемых в упомянутых выше уникальных процессах на поверхности планеты. Но и в экспериментах по ударному сжатию проявляются определенные эффекты унификации, требующие особого объяснения. Так, при ударном сжатии оливина и металлического железа при давлении более 1 Мбар имело место изменение химизма, т. е. элементного состава, которое А. К. Лаврухина [Лаврухина и др., 1984] объясняет испарением некоторых элементов, в том числе даже тугоплавких,

хотя эксперимент производился, естественно, в закрытой системе. Последнее же предполагает испарение с бесследным исчезновением, чего в действительности просто не может быть!

С другой стороны, аналогия продуктов ВКС и камер ПЯВ наводит на мысль, что унификация состава, кроме всего прочего, может быть связана с происходящими при близмегабарных давлениях какими-то ядерными реакциями. Известно же, что на вероятность слабоэнергетических трансмутаций типа электронного К-захвата и бета-распада влияют внешние факторы, включая давление [Воробьев, 1971; Чечев, Крамаровский, 1978]. Однако мгновенно достигаемая при рассмотренных шоковых процессах аномально высокая концентрация электронов должна способствовать увеличению вероятности электронного К-захвата, который в сущности — геологический аналог процесса нейтронизации³. В таком случае загадочное изменение химического (элементного) состава проще объяснить радиационным захватом барогенерированных нейтронов. Другими словами, вполне возможно, что сама унификация есть отчасти следствие нейтронно-ядерных реакций [Колясников, 1985], имевших место в участках достижения мегабарных давлений, что также предполагал Ю. Шубер [Shoubert, 1977].

С целью показать реальную возможность прямой барогенерации нейтронов не только в условиях звезд, но и в земных кратко рассмотрим состояние проблемы шаровой молнии: наиболее очевидного и столь же невероятного феномена.

Большинство исследователей считает, что ШМ — плазменное образование (плазмойд, по Р. Вуду и др. [Дмитриев, Журавлев, 1984]), существующее для такого состояния аномально долго [Стаханов, 1985]. Последнее предполагает наличие внутри нее источника энергии, которой она «запаслась» в момент своего образования. Из особенностей ШМ следует, что исходное вещество, непрерывно пополняющее шар плазмы энергией, сосредоточено в его центре и выдает энергию в виде некоего излучения.

Достоверно известны пока лишь средние размеры (20—30 см), энергия (~ 10 кДж) и максимальное время существования (до 15 мин) ШМ. Следовательно, ионизирующее воздушное излучение как следствие распада некоего неустойчивого состояния материи обладает средней длиной пробега его частиц в воздухе 10—15 см. Но такую величину пробега в воздухе имеют лишь электроны бета-распада нейтрона. Это наводит на мысль, что в центре ШМ может располагаться миниатюрная капелька нейтронной материи, при распаде которой под воздействием электронов и формируется шар ионизованного воздуха.

При энергии ШМ в 10 кДж (это сопоставимо с энергией импульса в ЛУТС) и энергии распада нейтрона в 1,3 МэВ количество барогенерированных нейтронов, требуемое для обеспечения су-

³ Разрешен пока лишь для довольно редких массивных звезд [Чечев, Крамаровский, 1978; Шкловский, 1984].

ществования ШМ, составит $5 \cdot 10^{16}$. При концентрации частиц в 10^{25} см^{-3} , что соответствует максимальной достигнутой в экспериментах с ЛУТС плотности плазмы в 30 г/см^3 [Афанасьев и др., 1982], радиус обогащенной нейтронами капельки в центре ШМ составит лишь $\sim 0,017 \text{ мм}$! Эта оценка хорошо согласуется с уникальной и самой загадочной способностью ШМ проходить сквозь отверстия размером в первые сантиметры, узкие щели и даже трещины в оконном стекле (миллиметры!), не теряя при этом своего феноменального «лица». Период полураспада свободного нейтрона составляет ~ 17 мин и тоже близок к верхнему пределу существования ШМ. Неплохо в такой интерпретации объясняются и другие странности этого феномена. Как справедливо подчеркивают А. Н. Дмитриев и В. К. Журавлев [1984], ШМ может оказаться минимodelью Тунгусского феномена, в истории изучения которого почти повторилась судьба ее исследований...

В случае ШМ центральная капелька нейтронной материи настолько мала по размеру и массе, что энергии ее распада хватает лишь на ионизацию и слабый нагрев окружающего воздуха⁴ (исключая некоторые экстремальные ситуации со взрывом ШМ [Стаханов, 1985]). Гипотетичность предложенной модели очевидна, но привлекает удовлетворительное объяснение с ее позиций большинства загадочных свойств ШМ. Ведь не секрет, что ни одна из многочисленных гипотез так и не помогла разгадать природу ШМ, несмотря на оптимизм некоторых авторов [Смирнов, 1987].

Итак, исходя из приведенных выше соображений и аналогий, на примере ШМ приходим к выводу, что при достижении мегабарного давления или некоего критического порога концентрации электронов в веществе практически любого состава и состояния, но предпочтительнее на границе сред или фаз может резко, с участием туннельных эффектов, возрастая вероятность электронного К-захвата или нейтринизации. Это приводит к накоплению нейтронноизбыточных ядер, которые стремятся освободиться от излишних нейтронов, что, в свою очередь, ведет к образованию свободной нейтронно-газовой фазы. При достижении определенной концентрации нейтронного газа возможна конденсация нейтронов в каплю нейтронной квантовой жидкости (центральное ядрышко ШМ). Затем, при снятии давления (в случае ШМ — после окончания разряда линейной молнии), начинается распад нейтронов, который сопровождается резким увеличением объема и нагревом вещества. Принципиально такой механизм взаимодействия бароплазменного ядра Земли с некоторой долей в ней нейтронной фазы и ее внешних оболочек предполагался в нашей модели строения Земли [Колясников, 1985].

⁴ Для соблюдения этого условия она обязательно должна быть еще и холодной, что в ряде работ уже предполагалось [Воробьев, 1971; Колясников, 1985].

Возвращаясь к другим, уже геологическим аналогиям — импактным событиям с достижением в них близмегабарных критических давлений, можно высказать предположение, что общий в них процесс, так же как и в преобразованиях вещества в ядре Земли, — барогенерация нейтронов путем принудительного электронного К-захвата и формирование бароплазмы. Этот аспект, имеющий сугубо земную привязку, ставит под сомнение утверждение астрофизиков о том, что нейтронизация может начаться лишь при плотности вещества в 10^{11} — 10^{14} г/см³. Поскольку такой вывод влечет за собой серьезные последствия, следует лишний раз подчеркнуть, что вероятность К-захвата, этого слабоэнергетического ядерного превращения, изменяется под воздействием внешних факторов. Так, ее увеличение с возрастанием давления для ряда короткоживущих изотопов давно было установлено экспериментально при килобарных давлениях [Чечев, Крамаровский, 1978]. При близмегабарном давлении она может изменяться уже скачком, с участием туннельных эффектов, и иметь таким образом характер спонтанной нейтронизации. И пока подобные давления в стационарном режиме в достаточно большом объеме не достигнуты, гипотеза имеет право на существование.

Участие в геологических процессах такого мощного и универсального энергомассоносителя, как образующаяся из нейтронной фазы водородная плазма (протонный газ В. Н. Ларина, Н. П. Семененко), позволяет объяснить многие пока загадочные геологические явления (аномально низкая вязкость коматиитовых, трапповых и игнимбритовых потоков, уникальная концентрация энергии извержений и др.).

Элементарный расчет энергии распада нейтронов бароплазменного ядра планеты земного типа, находящегося в состоянии нейтронной квантовой жидкости⁵, даже при концентрации нейтронов в нем всего $2 \cdot 10^{25}$ см⁻³ (плотность такого вещества составляет нужные 35 г/см³, по [Кузнецов, 1984]) дает на весь объем ядра современной Земли ($2 \cdot 10^{26}$ см³) энергию денейтронизации, равную $5,2 \cdot 10^{51}$ МэВ. Следовательно, взрыв Астерона [Воронцов-Вельяминов, 1987; Чурюмов, 1980] действительно смотрелся бы из ближайшей звездной системы как вспышка новой (энергия около 10^{52} МэВ), а может быть и Сверхновой (10^{55} МэВ) звезды?! Здесь следует напомнить, что основным источником радиоактивных и вообще тяжелых элементов пока считаются именно Сверхновые, причем с образованием большинства таких ядер в процессе взрыва-вспышки [Псковский, 1985; Фесенков, 1976; Чечев, Крамаровский, 1978; Шкловский, 1984]. И снова неясен и крайне маловероятен способ их доставки с гетерогенным распределением в Солнечной системе, включая обогащение ими лишь верхней части литосферы Земли [Рудник, Соботович, 1984]. Однако при подаче такой радиоактивной порции вещества от чрезвычайно редкой

⁵ Миниатюрная модель нейтронной звезды, но не такой чудовищной плотности, которая пока в ней предполагается.

вспышки Сверхновой в ближайшей окрестности Солнечной системы ими должны были обогатиться все ее тела, включая Луну, чего на самом деле пока не установлено. Если же действительно для начала генерации нейтронов необходима не фантастическая плотность⁶, а лишь достижение близмегабарного внешнего давления (например, 1,4 Мбар на границе мантии и ядра Земли), то тогда возникает необходимость пересмотреть сам сценарий образования и эволюции нашей планетной системы, который в последние годы неоднократно обновлялся [Кузнецов, 1984; Ларин, 1980; Рудник, Соботович, 1984]. Одна из таких попыток была предпринята автором ранее [Колясников, 1985].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г., Гамалий Е. Г. Физические явления в поле лазерного луча // Природа.— 1982.— № 6.— С. 4—16.
- Барри Дж. Шаровая молния и четочная молния.— М.: Мир, 1983.— 287 с.
- Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ/В. И. Ваганов, П. Ф. Иванкин, П. Н. Кропоткин и др.— М.: Недра, 1985.— 200 с.
- Воробьев А. А. Физические условия залегания вещества в земных недрах.— Томск: ТПИ, 1971.— 211 с.
- Воронцов-Вельяминов Ю. А. Роль гравитации и ядерных сил в создании астерондов и комет // Кометный циркуляр, № 370, 23 июля 1987 г.— Киев: ГАО АН УССР, 1987.— С. 2—4.
- Дмитриев А. Н., Журавлев В. К. Тунгусский феномен 1908 года — вид солнечно-земных взаимосвязей.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1984.— 144 с.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Тектиты Вьетнама. Гипотеза кометной транспортировки // Метеоритика.— М.: Наука, 1983.— Вып. 42.— С. 158—169.
- Капустинский А. Ф. К теории Земли // Вопросы геохимии и минералогии.— М.: Изд-во АН СССР, 1956.— С. 56—88.
- Колясников Ю. А. Эволюция вещества литосферы Земли.— Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1985.— 31 с.
- Кропоткин П. Н. Пульсационная геотектоническая гипотеза В. А. Обручева и мобилизм // Проблемы расширения и пульсаций Земли.— М.: Наука, 1984.— С. 24—34.
- Кузнецов В. В. Физика Земли и Солнечной системы (модели образования и эволюции).— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1984.— 92 с.
- Лаврухина А. К., Мильникова З. К., Игнатенко К. И., Стахеева С. А. Исследование превращения вещества при ударных процессах // Метеоритика.— М.: Наука, 1984.— Вып. 43.— С. 83—90.
- Ларин В. Н. Гипотеза изначально гидридной Земли.— М.: Недра, 1980.— 216 с.
- Попова С. В., Бенделиани Н. А. Высокие давления.— М.: Наука, 1974.— 168 с.
- Псковский Ю. П. Новые и сверхновые звезды.— М.: Наука, 1985.— 208 с.
- Редкие события в геологии // Природа.— 1986.— № 1.— С. 53—66.
- Рудник В. А., Соботович Э. В. Ранняя история Земли.— М.: Недра, 1984.— 350 с.
- Смирнов Б. М. Шаровая молния — что это такое? // Природа.— 1987.— № 2.— С. 15—26.
- Стаханов И. П. О физической природе шаровой молнии.— М.: Энергоатомиздат, 1985.— 209 с.

⁶ Она сама достигается давлением — следствием до сих пор непонятой гравитации.

- Фесенков В. Г. Солнце и Солнечная система: Избр. труды.— М.: Наука, 1976.— 506 с.
- Чечев В. П., Крамаровский Я. М. Радиоактивность и эволюция Вселенной.— М.: Наука, 1978.— 208 с.
- Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение.— М.: Наука, 1980.— 113 с.
- Шкловский И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть.— М.: Наука, 1984.— 384 с.
- Шуколюков Ю. А., Явнель А. А. О происхождении тектитов // Метеоритика.— М.: Наука, 1986.— Вып. 45.— С. 156—164.
- Glass B. P., Muenow D. W., Aggrey K. E. Further evidence for the impact origin of tektites // Meteoritics.— 1986.— V. 21, N 4.— P. 369—370.
- Shoubert G. Sur les reactions provoques par la chute de granaes meteoritic (d'apres l'etude des crateres meteoritiques des impactites et des tektites) // Notes Serv. geol.— Maroc: Rabat, 1977.— V. 38, N 268.

Б. С. Зейлик, И. В. Казачевский, Г. А. Шевелев

МЕТЕОРИТНОЕ ВЕЩЕСТВО НА МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВОМ РУБЕЖЕ И В МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРАХ

Бурное развитие космических исследований околоземного пространства и планет позволило установить ряд общих явлений и закономерностей, имевших место на различных стадиях становления и развития Солнечной системы. Одно из таких явлений, общих для всех планет,— аккреция метеорного вещества Землей и планетами в течение всей истории их развития. Изучение этой проблемы стало возможным с появлением новых высокочувствительных методов определения состава вещества, позволивших надежно идентифицировать метеоритную компоненту в земной коре, даже если она находится в сильно рассеянном состоянии. К таким методам относится активационный анализ на иридий, фоновое содержание которого в земной коре находится на уровне $(2-4) \cdot 10^{-2}$ нг/г [Назаров, 1986], в то время как в метеоритном веществе его количество в тысячи раз выше. Таким образом, в основе идентификации космического вещества в настоящее время лежит определение иридия в совокупности с другими характерными для метеоритов элементами: осмием, хромом, никелем, железом.

Интерес к изучению выпадения космического вещества определяется также и тем, что в последние годы во многих районах земного шара были обнаружены так называемые «иридиевые аномалии», т. е. экстремально высокие содержания иридия на границе мелового и палеогенового периодов.

В настоящее время упомянутые аномалии, а также вымирание флоры и фауны на соответствующих им временных рубежах пытаются объяснить с точки зрения «космического катастрофиз-

ма». Такими катастрофами для животного и растительного мира могли быть вспышки Сверхновых вблизи Солнечной системы, прохождение ее через молекулярные и пылевые галактические облака, столкновения Земли с крупными метеоритами и астероидами. Результаты настоящей работы могут служить аргументом в пользу последней гипотезы.

Цель нашего исследования — поиск остатков метеоритного вещества в материале из мел-палеогенового разреза Сумбар (Западный Копет-Дар), а также в метеоритных кратерах Шунак (Северо-Западное Прибалхашье) [Зейлик, Сушков, 1976; Хрянина, Зейлик, 1979, 1980], Северный (Северный Казахстан), Нордлингер Рис (ФРГ) [Геология астроблем, 1980], а также в кольцевой структуре Верхнее Кайракты (Центральный Казахстан) [Зейлик, 1968; Зейлик, Альперович, 1971].

Для анализа элементного состава материала использовались две методики: нейтронно-активационный анализ (НАА) и рентгенофлуоресцентный анализ с полупроводниковым детектором (РФА) [Шевелев и др., 1984]. Разрешающая способность Si(Li)-детектора составляла 270 эВ на FeK_{α} . В пробы были отобраны интервалы по 5—7 см из аномальных слоев Сумбарского разреза (нижний слой — коричневая глина, пр. 2, верхний слой — зеленая глина, пр. 3), а также подобные интервалы из подстилающих известняков маастрихтского яруса (пр. 1) и перекрывающих мергелей датского яруса (пр. 4) [Назаров, 1986]. Образцы из аномальных слоев представляли собой глину, содержащую кристаллическую фракцию. Анализ аномальных образцов проводили как в исходном состоянии, так и после разделения путем фильтрования из спиртового раствора через сито на мелкую и крупную фракции. Вначале определяли относительное содержание элементов методом РФА всех образцов с тем, чтобы на основе полученных результатов выбрать оптимальные условия облучения в атомном реакторе.

Относительные интенсивности линий характеристического излучения (ХРИ), измеренные на установке РФА в аномальных, а также в подстилающем и перекрывающем их слоях, приведены в табл. 1. Здесь же даны результаты анализа мелкой и крупной фракций из нижнего аномального слоя. Для того чтобы избавиться от поверхностных загрязнений, крупная фракция была протравлена азотной кислотой и промыта дистиллированной водой. Из результатов, приведенных в табл. 1, видно, что в коричневой глине (пр. 2), соответствующей границе раздела мел — палеоген, имеет место обогащение по Ti, Cr, Fe, Ni, Rb, Y, Mo. В мелкой фракции интенсивности ХРИ элементов, обычных для метеоритов, в несколько раз больше, чем в неразделенной.

Кроме того, в основной массе материала, извлеченного из коричневой глины и представленного крупной, преимущественно кристаллической, фракцией, этих элементов практически нет, а железа в 120 раз меньше, чем в мелкой фракции, хотя в крупной фракции, не подвергавшейся травлению, они имеются.

Относительные интенсивности ХРИ образцов из разреза Сумбар

Элемент	Проба 1	Аномальные слои		Проба 4	Проба 2	
		Проба 2	Проба 3		Мелкая фракция	Крупная фракция после травления в HNO_3
Si	—	0,03	0,04	—	—	—
P	0,18	0,01	0,07	0,035	0,08	—
Ce	0,07	—	0,02	0,07	0,05	—
S	0,04	0,045	0,02	0,07	0,03	—
K	—	—	—	—	0,07	0,02
Ca	1	1	1	1	1	1
Ti	—	0,080	0,07	0,025	0,17	0,02
V	—	—	—	—	0,05	—
Cr	—	0,025	—	—	0,06	—
Fe	1,36	8,60	3,4	1,25	23,6	0,20
Ni	—	0,018	—	—	0,09	—
Cu	0,11	0,14	0,10	0,12	2,6	0,06
Rb	—	0,041	0,053	—	0,81	0,03
Sr	0,60	0,43	0,33	0,51	3,76	1,73
Y	0,02	0,06	0,035	—	0,21	0,02
Zr	0,15	0,19	0,18	0,11	0,94	—
Nb	—	—	—	—	—	—
Mo	—	0,035	—	—	0,124	—

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 тире — не опр.

Активационный анализ на иридий и другие характерные для метеоритов элементы проводился с использованием атомного реактора ИЯФ АН КазССР по методике, описанной О. И. Артемьевым и соавторами [1978]. Наряду с материалом из аномальных слоев в качестве эталонов подвергались облучению в идентичных условиях также образцы метеоритов Саратов, Сихотэ-Алинь, Чинге. Образцы из аномальных слоев в данном опыте не фракционировались. Абсолютные концентрации некоторых элементов в указанных объектах даны в табл. 2. Видно, что наши результаты определения иридия в метеоритах достаточно хорошо совпадают с литературными, за исключением Сихотэ-Алинского железного метеорита. Это расхождение можно объяснить недостаточной представительностью. Из данных табл. 2 также видно значительное увеличение содержаний иридия, никеля, хрома и железа в аномальных слоях.

Анализ результатов, приведенных в табл. 1 и 2, свидетельствует о том, что как по относительному содержанию, так и по абсолютной концентрации иридий, хром и железо имеют максимум на границе мел — палеоген.

Абсолютные концентрации характерных элементов в метеоритах и аномальных слоях разреза Сумбар, 10^{-9} г/г

Элемент	Проба 1	Аномальные слои		Проба 4	Метеориты		
		Проба 2	Проба 3		Саратов	Чинге	Сихотэ-Алинь
Ir	4	18	2	2	570 (520) (920)	2200 (3600) (3900)	5(29) (22) (20) (28)
Ni	$5 \cdot 10^3$	$150 \cdot 10^3$	$21 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^3$	$19,4 \cdot 10^6$	$274 \cdot 10^6$	$28 \cdot 10^6$
Cr	$29 \cdot 10^3$	$96 \cdot 10^3$	$69 \cdot 10^3$	$28 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^6$	—	$0,6 \cdot 10^3$
Fe	$14 \cdot 10^6$	$29 \cdot 10^6$	$25 \cdot 10^6$	$11 \cdot 10^6$	—	—	—
Ca	$400 \cdot 10^6$	$133 \cdot 10^6$	$180 \cdot 10^6$	$430 \cdot 10^6$	—	—	—

Примечание. В скобках — данные из работы [Вдовыкин, 1974].

Распределение относительных концентраций иридия, никеля, хрома, железа и кальция, определенных методами РФА и НАА, иллюстрирует рис. 1.

Распределение абсолютных концентраций иридия, никеля и хрома, полученные методом НАА, дано на рис. 2. При сравнении

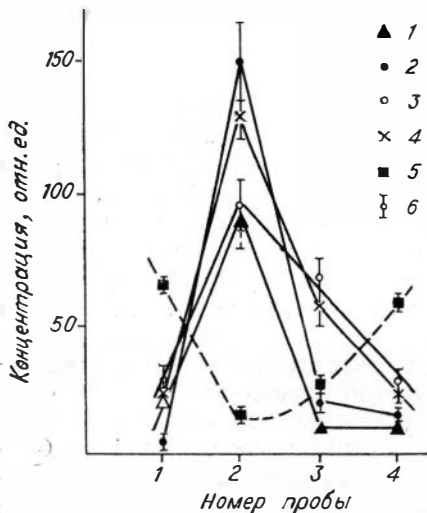


Рис. 1. Относительные концентрации иридия, никеля, хрома, железа, кальция, определенные методами РФА и НАА.

1 — иридий; 2 — никель; 3 — хром; 4 — железо; 5 — кальций; 6 — статистическая ошибка.

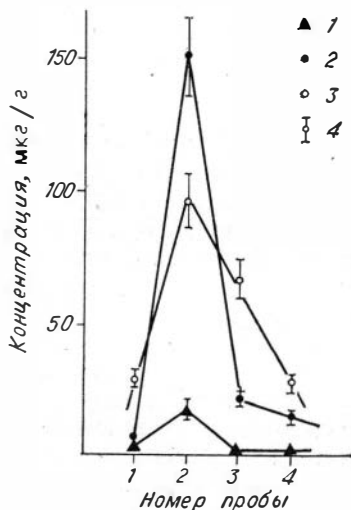


Рис. 2. Абсолютные концентрации иридия, никеля и хрома, определенные методом НАА.

1 — иридий; 2 — никель; 3 — хром; 4 — статистическая ошибка.

рисунков видно, что распределение, полученные двумя методами, идентичны. Все характерные для метеоритного вещества элементы имеют низкое (возможно, фоновое) содержание в более ранний (преданомальный) период, затем резко возрастают на границе мел — палеоген (собственно аномалия) и более плавно распределяются в поздний (постаномальный) период. Исключение — кальций, который имеет минимум в аномальных слоях, очевидно, за счет железа и других более тяжелых элементов.

Приведенное нами распределение элементов в разрезе Сумбар похоже на представленное в работе М. А. Назарова [1986] распределение иридия для того же разреза. Здесь содержание иридия измерялось через каждые 2 см и поэтому плавное уменьшение его в более позднее время четко выражено. Такое распределение может быть вызвано фракционированием и оседанием расплавленного в атмосфере вещества. Это подтверждают данные по РФА (см. табл. 1): в мелкой фракции из нижнего аномального слоя (пр. 2) стали заметны никель, хром, ванадий и титан, а относительное содержание железа и титана заметно выросло. Как видно из данных табл. 1, железо и ряд других элементов находятся в аномальном слое в виде пылеобразной составляющей (мелкая фракция). В крупнокристаллической фракции их нет. Следует заметить, что концентрация иридия в мелкой фракции нижнего аномального слоя в несколько раз выше, причем это увеличение коррелирует с увеличением концентрации железа.

Таблица 3
Относительные содержания Ir, Ni и Cr в разрезе Сумбар, каменных и железных метеоритах, в материале из кольцевых структур, включая метеоритные кратеры

Относительные концентрации	Иридиевая аномалия Сумбар	Метеориты				Аллогенная брекчия из кратера Шунак	Металлические шарики		
		Саратов (каменный)	Чинге (железный)	Сихота-Алинь (железный)	Крымка (каменный)	Индрах (каменный)	из кольцевой структуры Верх. Кайракты	из метеоритного кратера Северный	Звунит из метеоритного кратера Нордлингер Рис (ФРГ)
Ir/Ni	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-6}$ ($1,3 \cdot 10^{-5}$)	$2 \cdot 10^{-7}$ (10^{-6})	$(3,5 \cdot 10^{-5})$	$(3,2 \cdot 10^{-5})$	$< 3 \cdot 10^{-4}$	$< 5 \cdot 10^{-4}$	$< 4 \cdot 10^{-5}$
Ni/Cr	5,7	1,7	—	$5 \cdot 10^4$	3,3	8	$\sim 0,15$	0,023	$\sim 0,5$

Примечание. В скобках — данные из работы [Вдовыкин, 1974].

Таким образом, совокупность приведенных данных, а также тот факт, что мел-палеогеновая аномалия обнаружена практически на всей поверхности Земли, свидетельствуют о том, что Ir, Fe, Cr, Ni, Ti, V и другие элементы, характерные для метеоритного вещества, скорее всего осели в виде пылевой фракции из атмосферы, и основная их масса содержится в слое мощностью менее 10 см.

Относительные концентрации некоторых элементов иридиевой аномалии, каменных и железных метеоритов, а также материала из кольцевых структур, включая метеоритные кратеры, приведены в табл. 3. Величины отношений Ir/Ni и Ni/Cr для вещества иридиевой аномалии достаточно близки к таковой для хондритов. Кроме того, эти отношения для материала из кратеров Шунак, Северный, кольцевой структуры Верхнее Кайракты и классической астроблемы Нордлингер Рис также по порядку величин близки к каменным метеоритам [Вдовыкин, 1974].

На основании изложенного можно сделать вывод, что в составе глин разреза Сумбар на границе мела и палеогена имеется метеоритное вещество, причем по составу это вещество можно отнести к каменным метеоритам. Указанные отношения для материала из кратеров Шунак, Северный, кольцевой структуры Верхнее Кайракты и кратера Нордлингер Рис также по порядку величин подобны аналогичным отношениям для каменных метеоритов. Это прямо свидетельствует в пользу присутствия в названных кольцевых структурах следов метеоритного вещества, характерного для хондритов. Сходство рассматриваемых отношений элементов с таковыми для детально изученного западно-германского кратера Нордлингер Рис [Геология астроблем, 1980] служит дополнительным подтверждением космогенной природы упомянутых кольцевых структур.

ВЫВОДЫ

1. Установлено распределение концентраций ряда элементов поперек пограничного слоя разреза Сумбар, свидетельствующее о метеоритном происхождении аномально высоких содержаний иридия, железа, хрома и никеля.

2. Показано, что метеоритная компонента содержится в аномальном слое в виде пыли на поверхности кристаллической фракции и является, скорее всего, следствием осаждения метеоритного вещества из атмосферы. По составу метеоритное вещество тяготеет к хондритам.

3. Впервые обнаружен иридий в материалах из кратеров Шунак, Северный и из кольцевой структуры Верхнее Кайракты. Соотношения иридия, никеля и хрома в них указывают на возможную метеоритную природу названных структур, а величины этих отношений могут соответствовать хондритовому составу ударников.

Авторы выражают благодарность В. Г. Шевелеву за помощь в измерениях.

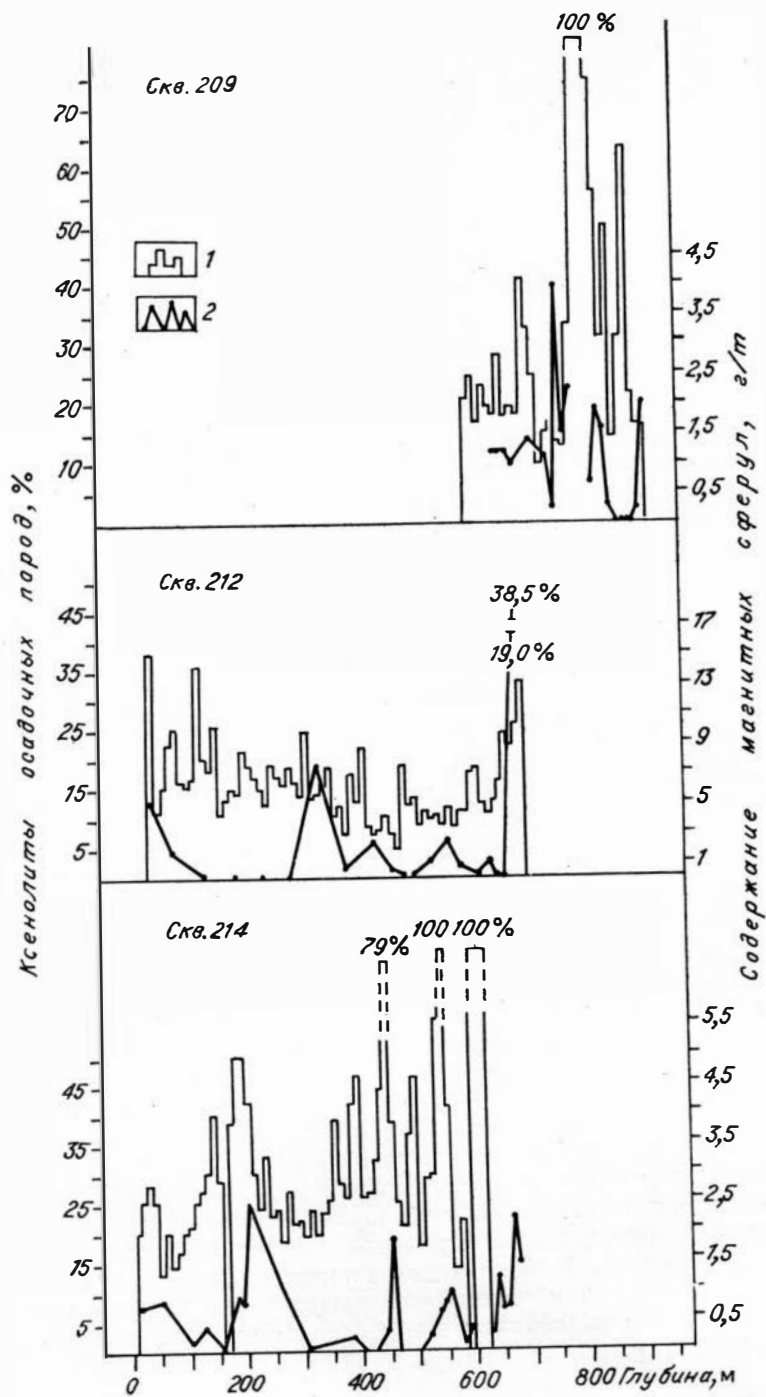
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артемьев О. И., Степанов Г. П., Винницкая Г. П., Ковельская Г. Е. Нейтронно-активационный анализ минерального сырья и продуктов обогащения // Изв. АН КазССР. Сер. физ.-мат.— 1978.— № 2.— С. 84—89.
- Вдовыкин Г. П. Метеориты.— М.: Наука, 1974.— 183 с.
- Геология астроблем // Масайтис В. Л., Данилин А. Н., Машак М. С. и др.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1980.— 231 с.
- Зейлик Б. С. Минералого-геохимические, геофизические и структурно-геологические критерии поисков вольфрамовых и других редкометалльных месторождений в Центральном Казахстане // Тезисы докладов Второго совещания по минералогии, геохимии, генезису и возможностям комплексного использования вольфрамовых месторождений СССР.— Л.: ЛГУ, 1968.— С. 13—15.
- Зейлик Б. С., Альперович Е. В. Критерии поисков комплексных вольфрамовых месторождений в Центральном Казахстане // Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений.— Л.: ЛГУ, 1971.— С. 60—68.
- Зейлик Б. С., Сушков В. А. Тайны уснувших вулканов // Природа.— 1976.— № 5.— С. 40—48.
- Назаров М. А. Геохимические свидетельства катастрофы // Природа.— 1986.— № 1.— С. 53—57.
- Хрянина Л. П., Зейлик Б. С. Геологические особенности метеоритного кратера Шунак (Прибалхашье) // Общая и региональная геология; геол. картирование. Экспресс-информация.— М.: ВИЭМС, 1979.— Вып. 3.— С. 5—15.
- Хрянина Л. П., Зейлик Б. С. Геологическое строение кратера Шунак (Прибалхашье) и признаки метеоритного удара в нем // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1980.— № 3.— С. 124—134.
- Шевелев Г. А., Маматказина А. Х., Печерский В. И. Экспрессный метод идентификации метеоритов // Тезисы докладов XIX Всесоюзной конференции по метеоритике и космохимии.— М.: ГЕОХИ. 1984.— С. 99.

В. К. Маршинцев

ПРИРОДА СФЕРОИДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В КИМБЕРЛИТАХ

Среди минералов магнитной фракции кимберлитов нередко присутствуют шарики правильной формы и сферические образования различной морфологии. Встречаются также и немагнитные силикатные шарики и сферулы. Размер всех этих образований обычно менее 0,5 мм (0,01—0,45 мм), редко достигает 1—3 мм. В нашей коллекции находятся сферулы, обнаруженные в шлихах, взятых из аллювия около десятка трубок. По устному сообщению ряда исследователей, подобные образования наблюдаются достаточно широко. Наиболее детально изучены сфероиды из кимберлитовых пород трубки Удачная-Западная [Татаринцев и др., 1983; Маршинцев, 1986]. Однако отсутствие должного внимания к подобным сферулам объясняется прежде всего тем, что они рассматриваются как объекты индустриального или метеоритного происхождения.



Известно, что на земную поверхность ежегодно выпадают тысячи тонн (от $n \cdot 10^{-1}$ до $n \cdot 10^{-6}$ г/м²) космической пыли и шариков. Их находят и изучают над Тихим океаном, в ледниках гор, в снежном покрове Антарктиды, в почвах малонаселенных районов земного шара и в донных осадках морей [Вронский, 1964; Фесенков, 1965; Баранов и др., 1970; и др.]. Из районов падений Сихотэ-Алинского и Тунгусского метеоритов из почвы и торфа были извлечены магнитные и немагнитные, блестящие и матовые, рудные и силикатные шарики метеоритного происхождения. Их минеральный состав совпадает с составом внешней коры плавления метеоритов [Кринов, 1963; Заславская, 1970]. Становится очевидным, что изучение различного рода сферических образований в природных объектах, и тем более обнаруженных не только на поверхности геологических объектов, представляет несомненный интерес, прежде всего для расшифровки их природы.

В кимберлитовых породах установлены три типа сферических образований: магнитные сферулы; шлаковидные частицы; стеклянные сферулы.

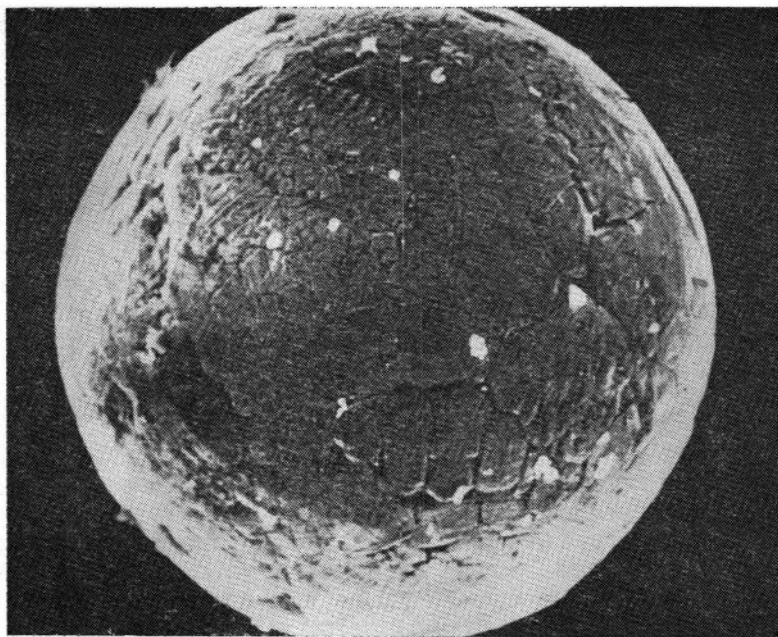
На примере трубки Удачная-Западная мы имели возможность проследить характер распределения магнитных сферул в объеме тела, по горным выработкам. Всего изучено около 90 проб, взятых с разных глубин. Сферулы присутствовали от единичных зерен до значительных количеств в 69 пробах. Среднее содержание их составляет $\sim 0,5$ г/т. В трех пробах содержания превышают 7 г/т, а в одном случае даже достигают 38,5 г/т. Последняя проба взята из эндоконтактового участка кимберлитовой трубки (скв. 212). Содержание тяжелой фракции здесь составляет 12,5 кг, магнитных сферул — 0,025 % от массы концентрата.

Анализ графиков распределения, на которых отражены также содержания ксенолитов осадочных пород (рис. 1), указывает на отсутствие какой-либо зависимости между двумя этими контактами. В то же время наблюдается определенная тенденция в распределении магнитных сферул: содержание их возрастает с приближением к контакту трубки; в центральной части трубки содержание сферул наименьшее (скв. 209); в пробах по скв. 214 с глубиной содержание сферических образований приближается к среднему по этой скважине (0,8 г/т), а в пробах, непосредственно расположенных ниже по отношению к указанным выше, содержание шариков возрастает в 2—3 раза (см. рис. 1).

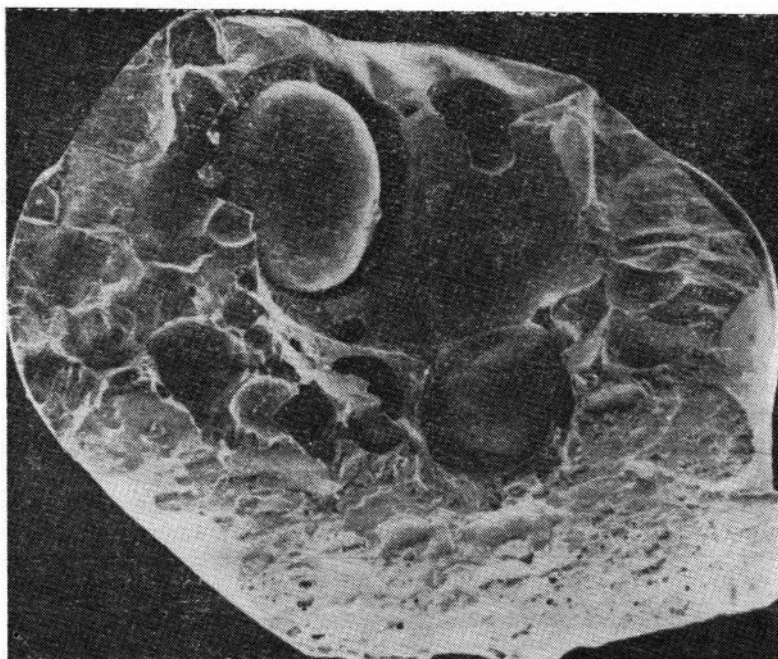
Магнитные сферулы имеют правильную форму, иногда с вмятинами. Наблюдаются плотные, пористые и полые разновидности. Представляют интерес «слипшиеся» шарики и шарики с мелкими «почками», в которых, как правило, шарик большего размера с матовой поверхностью, а шарик мелкого размера — с блестя-

Р и с. 1. Распределение ксенолитов осадочных пород и магнитных сферул в кимберлитовых породах трубки Удачная-Западная.

1 — ксенолиты осадочных пород; 2 — магнитные сферулы,



Р и с. 2. Шарик, сложенный скелетными кристаллами магнетита, ув. 200, изображение во вторичных электронах.



щей, гладкой поверхностью. Блестящие шарики с гладкой поверхностью и металлическим блеском встречаются чаще, размер их не превышает 0,5 мм. Шарики с шероховатой, матированной поверхностью имеют размер 1—2 мм. Часть шариков с поверхности частично покрыта ржаво-бурой пленкой гидрооксидов железа, что придает им коричневый оттенок. Наблюдались шарики, поверхность которых местами блестящая, а местами матовая. Наиболее редко встречаются шарики слущенные, с неровной, как бы скорлуповатой поверхностью. Изучение шариков в полированных шлифах показало, что они часто имеют зональное строение: пустотелые или с металлическим ядром в центре. Освобожденное от оболочки ядро обладает ковкостью.

По минеральному составу среди них выделяются следующие основные разновидности:

сферулы, сложенные только оксидами железа: иоцитовые, магнетит-иоцитовые и магнетитовые, поверхность их образована гранями кристаллов скелетного строения (рис. 2). Большинство сферул полые внутри или имеет множество округлых пор. Вокруг газовых включений и в приповерхностных участках сферул магнетит часто замещен гематитом. Магнетит и иоцит проявляют аномальную анизотропию;

сферулы зонально-концентрического строения, шаровидные ядра которых сложены самородным железом, а оболочки — иоцитом или иоцитом в сростках с магнетитом, реже ядра окружены стеклом со скелетными кристаллами иоцита и (или) шпинелидов;

сферулы самородного железа имеют желтовато-серый цвет, металлический блеск и однородную гладкую поверхность. Часто покрыты ржавчиной. Внутри сферул постоянно встречаются шаровидные включения, состоящие из скелетных кристаллов иоцита и стекла (?), выполняющего интерстиции между ними. Нередко внутри включений находятся газовые пузырьки.

По степени окисленности железа изученные магнитные сферулы можно расположить в ряд: самородное железо + иоцит → → самородное железо + иоцит + магнетит ($\pm$ гематит) → иоцит + магнетит + гематит → магнетит + гематит [Татаринцев и др., 1983].

Данные рентгенометрических исследований магнитных шариков помещены в табл. 1 и представляют различные фазы. Спектральным анализом в шариках обнаруживается высокое содержание Mn и Ti, в меньших количествах — Al, Mg, Ca.

Шлаковидные образования пористые, черного цвета, размером до 2—3 мм, напоминающие застывшие капли вспененного расплава, имеющие характерный излом (рис. 3). Состоят из нескольких фаз, образующих графическое срастание и включающих в себя редкие мельчайшие (0,1 мм) шарики с сильной отражатель-

Р и с. 3. Шлаковидная частица с шаровидными включениями самородного железа, ув. 50, изображение во вторичных электронах.

**Результаты рентгенометрического исследования магнитных шариков (об
Восточная и силикатного шарика**

1		2		3		4		5	
<i>J</i>	<i>d</i>	<i>J</i>	<i>d</i>	<i>J</i>	<i>d</i>	<i>J</i>	<i>d</i>	<i>J</i>	<i>d</i>
3	4,92	3	4,90	1	2,96	5	2,99	4	4,81
1	3,31	3	3,82	2	2,745	5	2,753	1	3,74
4—5	3,01	10	3,49	8	2,490	10	2,553	2	3,31
2—3	2,819	3	2,98	5	2,378	5	2,234	6	2,99
10	2,569	10	2,740	10	2,155	4	2,148	4	2,805
1—2	2,448	10	2,510	5	2,029	4	1,875	3	2,715
1	2,351	3	2,469	3	1,682	6	1,741	10	2,542
6	2,129	2	2,218	8	1,522	4	1,664	3	2,419
1	2,033	3	2,134	1	1,430	7	1,644	2	2,327
1	1,810	4	1,979	1	1,368	10	1,513	1	2,226
2	1,740	5	1,859	5	1,298	7	1,482	5	2,112
6—7	1,640	3	1,719	5	1,243			1	1,897
7	1,507	3	1,697	3	1,170			1	1,854
—1	1,438	3	1,640	4	1,0766			3	1,788
1—1	1,347	3	1,617	1	1,0132			4	1,723
2—3	1,299	5	1,542	4	0,9886			3	1,648
1—1	1,284	2	1,485					7	1,621
1—2	1,228	2	1,474					8	1,491
1	1,170	2	1,426					1	1,474
1	1,136							1	1,426
4	1,1095							3	1,333
2	1,0653							4	1,287
2—3	0,9854							3	1,272
								3	1,219
								1	1,214
								1	1,182
								3	1,128
								5	1,1001
								4	1,0554
								3	0,9957

Примечание. Анализы выполнены А. А. Бровкиным, ИГ СО АН СССР.

ной способностью. Рентгенометрический анализ шлаковидной частицы приведен в табл. 1 (обр. 6). Состав шлаковидных частиц представлен скелетными кристаллами и дендритами армоколита, ильменита, ульвошпинели и шаровидными выделениями самородного железа. Наиболее распространенные минеральные ассоциации в шлаковидных образованиях следующие: армоколлит + ильменит + самородное железо, ильменит ± армоколлит ± самородное железо, ульвошпинель ± ильменит ± самородное железо, ульвошпинель ± иоцит [Татаринцев и др., 1983]. Повышенная примесь пирофанитового ($MnTiO_3$) минала в ильменитах, минимальная примесь Al_2O_3 указывают на сравнительно

разцы 1—5, 7, 8), шлаковидного образования (обр. 6) из трубки Удачная-из трубки Айхал (обр. 9)

6		7		8		9	
J	d	J	d	J	d	J	d
5	4,93	2	4,90	4	4,96	4	6,40
6	3,04	5	2,998	2	3,29	1	5,53
4	2,86	2	2,825	6	3,00	3	5,01
10	2,590	3	2,753	6	2,95	5	4,57
1	2,481	10	2,564	3	2,825	4	4,21
5	2,146	1	2,233	3	2,779	3	3,97
2	1,811	5	2,126	1	2,667	7	3,67
3	1,751	1	1,875	10	2,553	7	3,47
1	1,670	1	1,803	10	2,510	9	3,34
6	1,652	4	1,732	1	2,405	9	2,95
8	1,516	6	1,636	1	2,301	2	2,80
1	1,448	8	1,507	5	2,126	1	2,678
2	1,358	2	1,476	5	2,084	10	2,569
3	1,310	1	1,344	1	1,908	2	2,380
1	1,296	2	1,299	2	1,803	2	2,331
2	1,296	1	1,190	2	1,764	2	2,237
1	1,203	2	1,142	3	1,741	1	2,162
2	1,148			3	1,710	3	2,100
5	1,1171			6	1,636	9	2,035
3	1,0720			6	1,609	6	1,912
5	0,9906			8	1,507	1	1,863
				8	1,482	1	1,812
				1	1,349	1	1,697
				2	1,324	4	1,652
				3	1,299	1	1,633
				4	1,276	4	1,592
				1	1,259	3	1,499
				2	1,232	3	1,448
						3	1,401
						1	1,370
						2	1,348
						3	1,325
						3	1,309
						1	1,286
						4	1,272
						2	1,255

низкие температуру и давление при кристаллизации этого минерала. Возрастание роли Fe и Ti в шпинелидах при падении содержания Al и Ca свидетельствует, что минерал кристаллизуется на поздних этапах эволюции кимберлитовой магмы в условиях повышения окислительного потенциала (табл. 2).

Состав самородного железа таков: Fe 99,1 %, следы Mn и Ti. Ильменит и шпинель подобного состава известны в виде мелких выделений в кимберлитах Якутии [Благулькина и др., 1975; Евдокимов, Багдасаров, 1981]. Весьма интересна находка армоколита. Подобный минерал, соответствующий чистому железистому члену серии твердых растворов FeTi_2O_5 — MgTi_2O_5 по ферро-

Химический состав минералов шлаковидных образований, мас. %

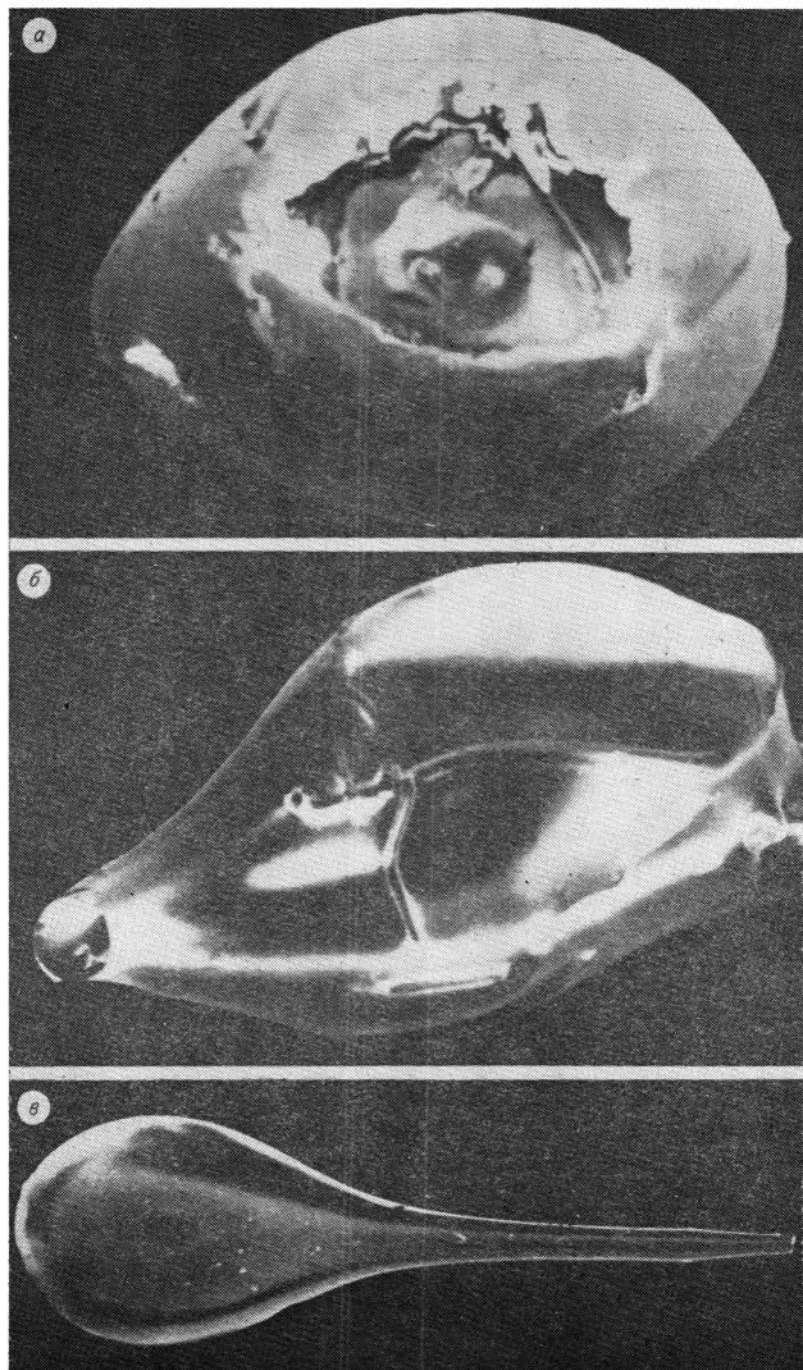
Компонент	Обр. 1		Обр. 2	Обр. 3		Обр. 4		
	Армолколит	Стекло	Ильменит	Ульвошпинель	Стекло	Магнетит	Иоцит	Стекло
SiO ₂	0,21	37,1	Не обн.	0,32	31,4	0,02	0,02	51,6
TiO ₂	79,9	23,1	49,3	38,7	10,0	0,04	0,1	2,9
Al ₂ O ₃	1,6	5,0	0,27	1,5	3,4	0,40	0,34	16,0
FeO	6,2	11,4	9,2	34,8	20,0	99,67 *	85,1	2,4
MnO	3,7	11,2	19,9	21,5	17,8	0,02	9,4	11,4
MgO	6,1	3,8	1,0	1,8	1,1	0,01	0,17	2,5
CaO	0,13	3,5	0,04	0,04	1,0	0,01	0,15	2,4
Na ₂ O	0,05	3,2	0,13	0,14	1,3	Не обн.	0,13	2,8
K ₂ O	Не опр.	5,4	Не опр.		13,5	»	Не опр.	8,4
Cr ₂ O ₃	0,22	0,02	0,16	0,60	Не обн.	0,48	0,44	0,02
Σ	98,15	101,92	80,00	99,40	99,2	100,65	95,85	100,42

П р и м е ч а н и е. Анализы — по данным работы [Татаринцев и др., 1983] выполнены В. К. Гараниным (МГУ) на приборе ЖХА-50А. Дефицит суммы в ильмените (обр. 2) обусловлен влиянием пористости образцов скелетных кристаллов. Звездочкой помечен анализ для Fe₃O₄.

псевдобрукиту, был обнаружен в качестве включения в алмазе [Шестакова и др., 1981]. Отмечается сходство ферропсевдобрукита с включениями ильменита из алмаза по примесям Mn, Mg и Ca, что, вероятно, свидетельствует о сходной геохимической среде их образования [Meyer, Tsai, 1976]. Армолколит описан в кимберлитовых породах Куонамского поля [Евдокимов и др., 1981], в Южной Африке [Haggerty, 1975] совместно с другими экзотическими и химически измененными оксидами Ti, Cr и Fe. Впервые этот минерал был обнаружен в лунных образцах. Скелетные кристаллы, наблюдаемые в шлаковидных образованиях, свидетельствуют, что охлаждение и кристаллизация вещества происходили очень быстро. Восстановительная обстановка среды способствовала восстановлению самородного железа из закисного.

Шлаковидные частицы иногда включают обломки зерен ильменита, магнетита, пирита и силикатов, сцементированных стеклом с новообразованными рудными минералами. Ильменит по периферии замещается скелетными кристаллами марганцовистой ульвошпинели с одновременным образованием по фронту замещения мельчайших выделений самородного железа и рутила, а в окружающем стекле — скелетных кристаллов марганцовистого ильменита. Магнетит полностью или частично замещается марганцовистым иоцитом и самородным железом [Татаринцев и др., 1983].

Силикатные сферулы имеют форму шариков, иногда они с усиками, каплевидные, напоминающие колбочки, колпачки, кув-



Р и с. 4. Силикатные сферулы, ув. 100.
а — в — сферулы разных форм.

Химический состав силикатных шариков

Компонент	Трубка Мир									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	39,74	37,79	40,13	38,40	39,37	41,62	39,50	39,38	38,95	22,07
TiO ₂	0,60	0,67	1,47	1,23	1,31	1,39	1,24	1,24	1,23	49,60
Al ₂ O ₃	11,41	10,65	11,05	11,42	11,54	12,41	11,35	11,44	11,46	3,36
Fe ₂ O ₃	0,30	Не обнаружено								
FeO	2,34	1,45	6,83	6,34	6,18	6,93	5,95	6,15	7,28	4,64
MnO	1,98	1,75	0,13	0,19	0,19	0,19	0,17	0,19	0,18	10,96
MgO	1,01	2,22	4,24	3,68	3,79	44,2	3,73	3,72	3,72	3,06
CaO	37,98	41,24	32,50	36,00	35,03	29,49	35,27	34,26	33,94	3,15
Na ₂ O	0,93	0,74	1,35	1,60	1,62	1,58	1,66	1,60	1,48	2,41
K ₂ O	0,74	0,69	0,82	0,57	0,59	0,54	0,60	0,60	0,54	2,22
H ₂ O ⁺	0,32	Не определялось								
Cr ₂ O ₃	Не опр.		Не опр.	0,05	0,05	0,01	0,03	0,04	0,07	0,21
NiO				Не определялось						Не обн.
CoO	»				»		»			
P ₂ O ₅	0,10				»		»			
CO ₂	Не обн.						»			
S _{общ}	0,88				»		»			
Σ	98,33	97,20	98,52	99,48	99,67	98,58	99,50	98,62	98,85	101,68
H ₂ O ⁻	0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. 1—21 — номера анализов.

шинчики или груши. Встречаются единичные гантелевидные образования. Интересны изометричные и продолговатые полусферы, напоминающие упавшую на твердую поверхность вязкую каплю с бахромой разбрызгивания по краям (рис. 4). Выпуклая сторона полусфер блестящая и матовая, плоская — только матовая. Размер их колеблется от сотых и десятых долей миллиметра до 1—2 мм. Единичные шарики могут достигать 3—4 мм. Окраска их бледно-зеленая, зеленая до черной, смоляно-черной, просвечивающей в тонких сколах бурым цветом.

Шарики могут быть полыми. В одном из образцов при дроблении препарировались зерна: оливина округло-овальной формы, граната неправильной формы розовато-красного цвета и черного блестящего минерала со ступенчатой поверхностью, хрупкого (возможно, это графит). В полости другого образца отмечена рыхлая масса розового цвета, вероятно, продукт изменения какого-то минерала. По свидетельству В. И. Татаринцева [Татаринцев и др., 1983], на поверхности силикатных сферул или в приповерхностной части отмечаются мелкие (до 0,05 мм) шаровидные обособления самородного железа, иоцита и магнетита, которые

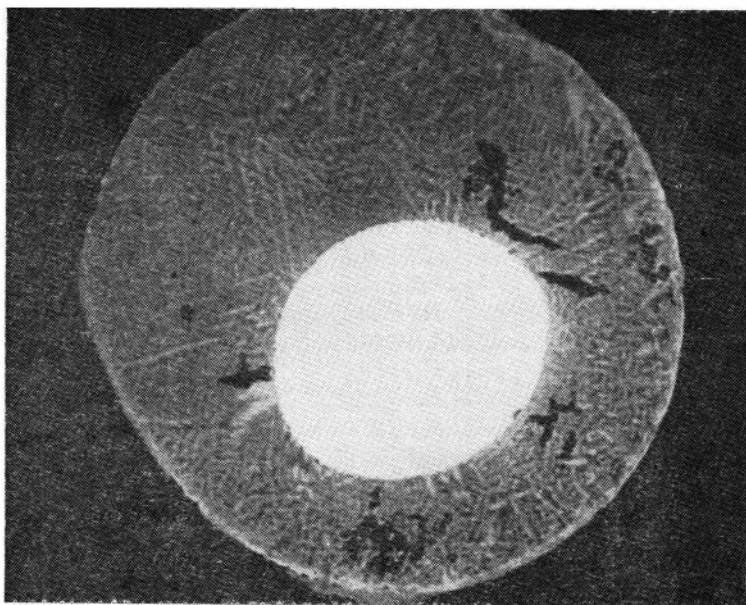
из кимберлитовых пород, мас. %

Трубка Айхал	Трубка Удачная						Жила № 1 трубки Удачная			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
39,77	39,08	21,18	44,57	43,82	39,09	13,31	42,65	16,26	42,74	40,71
0,38	1,13	44,87	1,73	1,73	1,64	50,48	1,41	47,07	1,39	1,26
10,59	12,47	3,36	10,95	10,96	11,71	1,86	12,52	5,74	12,47	12,00
0,13	Не обнаружено									
1,28	6,07	7,00	10,19	10,19	10,18	10,76	8,66	8,31	8,71	6,89
0,29	0,23	13,13	0,18	0,17	0,18	7,26	0,19	11,97	0,20	0,18
4,85	5,70	3,46	4,43	4,30	3,92	3,85	4,04	4,02	4,01	4,40
40,19	32,03	3,22	24,87	24,85	27,39	11,52	26,78	3,55	27,29	31,17
1,12	1,27	2,29	2,29	2,30	2,30	0,55	1,63	0,60	1,60	1,52
1,42	0,94	2,36	0,67	0,60	0,61	0,57	0,57	2,62	0,58	0,59
0,36	Не определялось									
0,006	Не обн.	0,25	0,07	0,05	0,05	0,39	0,02	0,20	0,03	0,04
0,002	Не определено									
Не обн.	» »									
Не обн.	» »									
100,388	98,92	101,12	99,95	98,97	97,07	100,55	98,47	100,34	99,02	98,76
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

представляют собой ликвацитные образования (рис. 5). Такая своеобразная ассоциация минералов свидетельствует о формировании сферул в восстановительных условиях. Это подтверждает и состав газов шариков из кимберлитов трубки Айхал, оказавшийся достаточно экзотичным с резким преобладанием группы, об. %: ($N_2 + p. r.$) — 57,7—96,5; примесь 20—25 об. % углеводородов; $\sim 5 H_2$; $10 CO_2$. Подобный состав не находит аналогов среди известных космических объектов. В индустриальных образованиях состав газа иной, об. %: ($N_2 + p. r.$) — 71,3—71,5; O_2 — 17,3—17,9; CO — 10,5—11,0 [Шугурова и др., 1976].

Силикатные сферулы рентгеноаморфны, прокаленные на воздухе в течение 6 ч при различных температурах, они при $800^\circ C$ и выше переходят в кристаллическое состояние со структурой меллита. Размеры тетрагональной элементарной ячейки: $a = 4,78 \text{ \AA}$, $c = 5,03 \text{ \AA}$ (см. табл. 1).

Химический состав сферул характеризуется высоким содержанием CaO и Al_2O_3 и хорошо пересчитывается на формулу меллита [Маршинцев, 1986]. В нескольких образцах наблюдается высокое содержание TiO_2 , MnO при уменьшении количества SiO_2 ,



Р и с. 5. Срез сферулы зонально-концентрического строения (ядро — самородное железо, оболочка — стекло со скелетными кристаллами иоцита), ув. 100.

Al_2O_3 и CaO . Состав их приближается к составам стекол из шлаковидных образований (табл. 3).

Состав силикатных сферул приближается к алюмосиликату, при нагревании до температуры свыше 800°C происходит синтез в твердом состоянии с кристаллизацией мелилита. Пример синтеза акерманита в твердом состоянии в интервале температур $300 - 1200^\circ\text{C}$ приводят У. А. Дир и соавторы [1965].

Присутствие включений минералов кимберлита в силикатных сферулах, а также специфический состав газов позволяют допустить уникальный способ образования их непосредственно в кимберлитовой магме в крайне восстановительной среде, богатой углеводородами. Состав их свидетельствует о потенциальной возможности кристаллизации мелилита в кимберлитовых породах трубок. Редкие находки этого минерала отмечаются в кимберлитах взрывной фации [Егоров, 1979]. Известно, что кристаллизация мелилита осуществляется при температурах $700 - 750^\circ\text{C}$ при пониженном давлении CO_2 . Верхний предел стабильности давления для чистого акерманита сильно уменьшается в присутствии избыточного CO_2 (предположительно, растворенного в силикатных расплавах в виде карбоната) [Yoder, 1973]. Это свидетельствует, что кристаллизация мелилита может подавляться в магмах, богатых карбонатами (например, кимберлитовыми).

вой). Кроме того, на стабильность мелилита, вероятно, оказывает влияние содержание щелочных элементов в магме во время кристаллизации.

Силикатные сферулы формируются, вероятнее всего, в условиях резкого падения температуры и давления из вскипающего при этом остаточного расплава, насыщенного газово-жидким флюидом. Происходит это в момент выполнения кимберлитовой магмой полостей трубок и выхода ее на поверхность.

Обсуждая в целом процессы образования сфероидных частиц, мы исходим из их кимберлитовой природы и видим в их составе отражение общей геохимической эволюции кимберлитовой магмы, ведущей к накоплению железа, титана, марганца и литофильных компонентов. В результате позднекристаллизующиеся фазы оказываются исключительно богаты этими компонентами. Таким образом, можно исключить их индустриальное происхождение. Касаясь возможности заражения кимберлитов метеоритной пылью из древних осадочных толщ, надо отметить, что этому противоречит, во-первых, отсутствие каких-либо сведений о наличии метеоритных частиц в карбонатных породах данного региона; во-вторых, существенное обогащение изученных нами образований Mn и Ti отличает их от метеоритного вещества.

Исходя из этого мы должны признать уникальным способ образования сфероидных частиц в кимберлитовых трубках. Они могут быть также свидетельством проявления кимберлитовой вулканической деятельности. Наличие закалочных структур и стеклов — прекрасное подтверждение этому.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранов В. И., Виленский В. Д., Краснопецев Ю. В. Сферические микро-частицы в атмосфере над Тихим океаном // Метеоритика. — М.: Наука, 1970. — Вып. 30. — С. 112—118.
- Благулькина В. А., Губанов В. А., Уманец В. Н. и др. Микрокристаллы ильменита из кимберлитов Лучаканского района // Минералы и парагенезисы минералов эндогенных месторождений. — Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. — С. 11—18.
- Вронский Б. И. Краткий обзор исследований внеземной пыли // Метеоритика. — 1964. — Вып. 24. — С. 41—50.
- Дир У. А., Хаун Р. И., Зусман Д. Ж. Породообразующие минералы. — М.: Мир, 1965. — Т. 1. — 371 с.
- Заславская Н. И. Сбор и предварительное исследование образцов почвы из района падения Сихотэ-Алинского метеоритного дождя // Метеоритика. — М.: Наука, 1970. — Вып. 30. — С. 79—85.
- Евдокимов А. Н., Багдасаров Э. А. Ассоциация и последовательность образования окислов хрома, титана и железа в кимберлитах и пикритовых порфирах Куонамского района (Якутия) // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. — 1981. — Т. 110, № 2. — С. 204—212.
- Егоров К. Н. О находке мелилита в кимберлите трубки Удачная-Восточная // Докл. АН СССР. — 1979. — Т. 248, № 4. — С. 949—952.
- Кринов Е. Л. Метеоритная и метеорная пыль, микрометеориты // Сихотэ-Алинский железный метеоритный дождь. — М.: Изд-во АН СССР. — 1963. — Т. II. — С. 122—126.
- Маршинцев В. К. Вертикальная неоднородность кимберлитовых тел Якутии. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. — 240 с.

- Татаринцев В. И., Цимбал С. Н., Гаранин В. К. и др. Закаленные частицы из кимберлитов Якутии // Докл. АН СССР.— 1983.— Т. 270, № 5.— С. 1199—1203.
- Фесенков В. Г. Успехи метеоритики // Метеоритика.— М.: Наука, 1965.— Вып. 26.— С. 3—16.
- Шестакова О. Е., Буланова Г. П., Махотко В. Ф. Минералогия и генезис включений силикатов и окислов в алмазах // Генетические аспекты физических свойств и минералогия природного алмаза.— Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1981.— С. 43—51.
- Шугурова Н. А., Долгов Ю. А., Иванова Г. М. Состав газовых включений в силикатных сферах различного происхождения // Генетические исследования в минералогии.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1976.— С. 3—8.
- Haggerty S. E. The chemistry and genesis of opaque minerals in kimberlites // Phys. Chem. Earth.— Oxford et al., 1975.— V. 9.— P. 295—307.
- Meyer H. O. A., Tsai H. M. The nature and significance of mineral inclusions in natural diamond: a review // Minerals. Sci. Engng.— 1976.— V. 8, N 4.— P. 242—261; N 7—8. — P. 775—782.
- Yoder H. S. Melilitite stability and paragenesis // Fortschritte der Mineralogie.— 1973.— 50.— P. 140—173.

В. П. Коробейников, П. И. Чушкин, Л. В. Шуршалов

ТУНГУССКИЙ ФЕНОМЕН: ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

НЕКОТОРЫЕ МОДЕЛИ ЯВЛЕНИЯ

Для Тунгусского космического тела, полет которого закончился взрывоподобным распадом, разные исследователи выдвигали всевозможные гипотезы природы этого феномена, был построен ряд моделей для объяснения его механизма. Часть таких гипотез (инопланетный зонд, атомный взрыв, аннигиляция вещества, черная дыра и т. п.) носит сенсационный характер и не выдерживает какой-либо серьезной критики. Наиболее убедительно представление о Тунгусском космическом объекте как о ядре (или его осколке) небольшой кометы. Эта версия, которую разрабатывали такие крупные ученые, как И. С. Астапович, Ф. Уиппл, В. Г. Фесенков, наиболее обоснованно и полно объясняет основные факты, установленные в связи с Тунгусским событием, хотя некоторые моменты требуют еще дополнительной интерпретации.

Обсудим ряд наиболее развитых моделей, предложенных для описания свойств и взрывоподобного распада Тунгусского космического тела. Одной из первых была модель теплового взрыва, опубликованная К. П. Станюковичем и В. П. Шалимовым [1960]. Основным фактором здесь предполагалась мощная тепловая волна, проникающая благодаря теплопроводности в глубь тела и вызывающая быстрое взрывоподобное поверхностное испарение вещества. Однако такой процесс вряд ли мог успеть реализоваться за короткое время полета в атмосфере.

Усовершенствованный вариант такой модели предложил М. М. Мартынюк [1980]. Он рассмотрел объемный прогрев за счет излучения тонкого поверхностного слоя метеоритного тела из стекловидного вещества и описал при этом периодический фазовзрывной процесс в зоне метастабильного расплава. Интенсивное дробление вещества из-за внутренних ударных волн может завершиться фазовым взрывом всего космического объекта. В этом случае на Землю в районе катастрофы должно было бы выпасть огромное количество микросферул метеоритного вещества, что, однако, не подтверждается натурными исследованиями.

На другую возможность реализации модели теплового взрыва указано в работе Л. В. Шуршалова [1982]. Если допустить, что снежно-ледяное космическое тело обладает достаточной оптической прозрачностью, то сильный и очень быстрый лучистый нагрев может иметь место сразу во всем его объеме или в значительной его части. Тогда практически мгновенно произойдет объемный фазовый переход и все вещество перейдет в газообразное состояние с примерно постоянными высокими давлением и температурой. Такого рода взрывоподобное явление в условиях объемного тепловыделения изучено в работе А. М. Искольдского и соавторов [1977].

М. Н. Цынбал и В. Э. Шнитке [1986] выдвинули гипотезу о газозоодушном взрыве Тунгусского космического объекта, рассматриваемого как комета. При испарении замерзших газов кометного ядра, способных к взрывчатому превращению, может образоваться их смесь с воздухом, которая затем сдетонирует. Таким образом, энерговыделение при Тунгусском явлении могло быть результатом не только превращения кинетической энергии летящего тела в тепло, но и химических реакций.

Г. И. Петров и В. П. Стулов [1975] предложили свою модель, полагая, что Тунгусское тело представляло собой большой рыхлый снежный ком и имело крайне низкую плотность (меньше $0,01 \text{ г/см}^3$). Благодаря этому оно резко полностью затормозилось на некоторой высоте и рассеяло свою массу, а головная ударная волна при таком нестандартном процессе дошла до поверхности Земли. В связи с этой версией А. С. Куцаев [1978] провел численное исследование входа в атмосферу большого деформируемого газового облака. Однако представляется проблематичным стабильное существование космических объектов с такой малой плотностью.

Существует ряд моделей, в которых рассматривается процесс механического разрушения Тунгусского тела во время полета. Первое такое качественное описание лавинообразного механического разрушения Тунгусского метеорита, которое эквивалентно по своему эффекту взрыву, дал Г. И. Покровский [1966]. Количественный анализ такого процесса провел Ю. И. Фадеенко [1967]. Современную построенную на количественном уровне модель прогрессивного дробления твердого космического тела в гиперзвуковом полете в атмосфере разработал С. С. Григорян [1979]. Он выяснил, что в этом случае возможно полное торможение и взрывоподобный разлет Тунгусского метеорита в конце его траектории.

На интересную возможность реологического (деформационного) взрыва указал Т. Я. Гораздовский [1976]. Из-за аэродинамических нагрузок и больших касательных деформаций в космическом объекте, представляющем собой каменное или железное тело, может произойти мгновенная потеря устойчивости кристаллических структур, сопровождаемая спонтанным диспергированием вещества, большим удельным энерговыделением и излучением.

Эти эффекты подтверждены экспериментом и использованы автором для интерпретации Тунгусского явления и, в частности, наличия мелкодисперсных частиц в зоне падения.

Имеются также попытки трактовать Тунгусское космическое тело как железный метеорит, получивший в атмосфере большой электрический заряд и затем лавинно разрядившийся над поверхностью Земли [Соляник, 1980], или как гипотетический плазмOID гелиофизической природы [Журавлев, Дмитриев, 1984]. Однако эти гипотезы представляются малообоснованными и маловероятными.

Все приведенные выше модели имеют, по существу, концептуальный характер, ни одна из них не послужила для воспроизведения в расчете целостной картины явления и для установления строгой количественной связи с зафиксированными последствиями Тунгусской катастрофы. При построении этих моделей проводились лишь качественные рассуждения о такой связи или, в лучшем случае, давались грубые оценки. Следует со всей определенностью сказать, что важнейшим критерием при верификации предложенных моделей должно быть хорошее соответствие рассчитанных по ним и достоверных натурных данных о геофизических последствиях Тунгусского явления (вывал леса, лучистый ожог деревьев, полная энергия, полученная при обработке барограмм и сейсмограмм и др.).

Первая попытка моделировать Тунгусское явление в связи с главным его последствием — вывалом леса — была сделана в экспериментальной работе И. Т. Зоткина и М. А. Цикулина [1966]. Взрывая над модельным лесом длинный детонационный шнур с усилением заряда на его конце, эти исследователи получили картину разрушений, качественно напоминающую реальную, показав при этом важную роль баллистической волны и угла наклона траектории.

Исходя из схемы этого эксперимента, В. П. Коробейников и соавторы [Коробейников и др., 1971, 1974, 1977, 1980; Коробейников и др., 1983; Korobeinikov et al., 1971, 1976] впервые осуществили численное газодинамическое моделирование полета и взрыва Тунгусского космического тела. Для описания возникающей системы ударных волн они разработали и реализовали модель эквивалентного взрыва полубесконечного цилиндрического заряда, ориентированного по траектории и имеющего переменное энерговыделение по длине. Эта первая модель неоднократно совершенствовалась авторами за счет последовательного включения в нее таких факторов, как двумерность течения, неизотермичность атмосферы, высокотемпературные эффекты в реальном воздухе (диссоциация и ионизация), излучение.

С помощью данной модели ее авторам удалось впервые рассчитать зону вывала леса в районе Тунгусской катастрофы, хорошо согласующуюся с реальной. В результате были достаточно надежно определены такие траекторные и энергетические параметры Тунгусского космического тела, как угол наклона α и высота

конечной точки H_0 траектории, баллистическая энергия E_1 , соответствующая стадии полета, и взрывная энергия E_0 , соответствующая энерговыделению на заключительном участке траектории, где происходило взрывоподобное разрушение тела.

Следует отметить, что по аналогичной модели (в простейшем ее варианте без учета указанных выше факторов) В. А. Бронштэн и А. П. Бояркина [1975] провели расчеты воздушных волн Тунгусского метеорита. Однако в их работе не было получено ни одной расчетной зоны вывала леса, которая была бы похожа на натурную, а энерговыделение, отвечающее только этому наземному разрушению, составляло здесь 150 Мт, что почти на порядок превосходит известные надежные оценки.

В развитие первой модели была построена модель радиационно-теплового воздействия [Коробейников и др., 1983; Коробейников и др., 1984; Korobeinikov et al., 1982], которая позволяет рассчитать лучистый поток, поступающий на поверхность Земли при полете и взрыве космического тела. Здесь излучающая область представляется в виде комбинации точечного и линейного источников, которые располагаются в соответствии с траекторией полета и высотой взрыва и действуют одновременно. По этой модели для Тунгусского явления была рассчитана граница обожженного излучением леса; она хорошо согласуется с натурой.

В рассмотренной первой модели эквивалентного взрыва полубесконечного цилиндрического заряда распределение баллистической энергии находилось по вывалу лесного массива и непосредственно не было связано с полетом Тунгусского тела. В рамках такой модели были получены данные о ряде искомых траекторных и энергетических параметров этого космического объекта, но вместе с тем одна такая модель не дает возможности определить некоторые другие важные его характеристики, такие как скорость полета, плотность, масса, размеры. Для уменьшения этой неопределенности предлагается новый подход, состоящий в дополнении первоначальной гипотезы моделями и объединении их в единый комплекс. Идея такого комплексного моделирования была дана нами в работе [Коробейников и др., 1987], а некоторые результаты приведены в статье [Коробейников и др., 1988].

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Комплексное моделирование взаимодействия крупного метеорного тела с атмосферой при наличии конечного воздушного взрыва основывается на рассмотрении двух стадий, каждая из которых описывается своей моделью. На участке траектории от точки входа объекта в плотную атмосферу до точки, где начался взрывной процесс или резкое нестационарное торможение, применяется модель полета, в которой учитывается абляция тела за счет плавления и испарения. Далее с помощью модели взрыва летящего тела на последующем заключительном участке траек-

тории моделируется динамика взрывоподобного распада метеороида, при этом механизм процесса не учитывается. Полученное в этих двух моделях распределение энергии по траектории используется затем в модели эквивалентного взрыва полубесконечного цилиндрического заряда для расчета наземных разрушений и в модели радиационно-теплового воздействия для расчета лучистого ожога. Если, как в случае Тунгусского падения, приходится решать обратную задачу, определяя параметры космического тела по наземным разрушениям, то может, вообще говоря, потребоваться итерационное применение описанного комплекса моделей. Однако практический опыт показывает, что необходимости в этом не возникает.

В модели полета предполагается, что движение космического тела происходит квазистационарно и описывается дифференциальными уравнениями, рассматриваемыми в физике метеоров [Левин, 1956] и в динамике входа космических аппаратов в атмосферу [Лох, 1966]:

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dH} &= \frac{c_x \rho V S}{2m \sin \alpha} - \frac{g}{V}, \\ \frac{dm}{dH} &= \frac{\sigma c_x \rho V^2 S}{\sin \alpha}, \\ \frac{d\alpha}{dH} &= \frac{c_y \rho S}{2m \sin \alpha} + \left(\frac{1}{R_3} - \frac{g}{V^2} \right) \operatorname{ctg} \alpha, \\ \frac{dt}{dH} &= -\frac{1}{V \sin \alpha}, \quad \frac{dl}{dH} = -\frac{1}{\sin \alpha}, \\ S &= \pi R^2, \quad R = \left(\frac{3m}{4\pi \rho_T} \right)^{1/3}, \\ E_1 &= -\frac{d}{dl} \left(\frac{mV^2}{2} \right) \approx \frac{1}{2} c_x \rho V^2 S (1 + \sigma V^2). \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь через V , m , R , S , ρ_T обозначены скорость, масса, радиус, площадь поперечного сечения и плотность космического тела; c_x , c_y — коэффициенты сопротивления и подъемной силы; H — высота над Землей; t — время; α — угол наклона траектории; l — расстояние вдоль траектории; ρ — плотность атмосферы на высоте H ; g — ускорение силы тяжести; R_3 — радиус Земли; $\sigma = \Lambda / 2Qc_x$ — коэффициент абляции, где Λ — коэффициент теплопередачи; Q — удельная энергия абляции; E_1 — баллистическая энергия.

Считается, что тело имеет сферическую форму ($c_y = 0$) и постоянный (при гиперзвуковом полете) коэффициент сопротивления $c_x = 1$. Потери массы рассчитываются по традиционной модели, предполагающей испарение вещества и унос всей испарившейся массы. Для простоты коэффициент абляции σ полагается постоянным и в основной серии расчетов было взято его оценочное значение, соответствующее ледяному космическому телу ($\sigma = 1,5 \cdot 10^{-12} \text{ с}^2/\text{см}^2$). Для учета влияния коэффициента абляции

были проведены также аналогичные расчеты при существенно больших и существенно меньших его значениях, соответственно при $\sigma = 5 \cdot 10^{-12}$ и $0,5 \cdot 10^{-12}$ с²/см². Вообще говоря, следует принимать во внимание переменность коэффициента σ в полете в зависимости от скорости, высоты и размеров тела (см., допустим, [Вислый и др., 1985]), а также характера физических процессов, происходящих с ним. В последнем случае, например при дроблении метеорного тела, коэффициент σ может меняться на порядок (см. [Re Velle, 1979]). В нашем комплексе моделей такие физические процессы приближенно могут быть учтены за счет выбора соответствующей зависимости σ на стадии полета и детализации перехода к стадии взрыва.

Модельные траекторные расчеты в довольно широком диапазоне условий полета, возможных для Тунгусского космического тела, были выполнены в ряде работ путем интегрирования частных выводов системы уравнений (1) при $c_y = 0$ или при $m = \text{const}$. В. А. Бронштэн [1961] оценил вероятные пределы начальной и конечной скоростей и конечной массы метеорита, считая при этом Тунгусское тело каменным. В. А. Хохряков [1977] проводил расчеты траекторий при постоянном значении баллистического параметра $B = m/c_x S$ и различных $c_y \neq 0$, обратив внимание на пролетные траектории. Влияние постоянных значений баллистического параметра B и аэродинамического качества $k = c_y/c_x$ детально исследовано в работах [Коробейников и др., 1984; Korobeinikov et al., 1982] (ранее в статье [Коробейников и др., 1980] они рассмотрели случай $c_y = 0$). Было обнаружено большое многообразие траекторий, обусловленное сильным взаимодействием тела с плотной атмосферой на малых высотах; в частности, впервые установлено, что даже при небольших положительных значениях аэродинамического качества и уже при $k = 0$ траектория при подлете к Земле может значительно отклониться вниз. Это обстоятельство не могло быть выявлено В. А. Хохряковым, поскольку он брал в своих расчетах слишком большую высоту (430 км) и скорость входа в атмосферу (50 км/с).

Надо подчеркнуть, что распределение баллистической энергии, полученное во всех упомянутых выше траекторных расчетах, не было непосредственно согласовано с вывалом леса на активном участке полета Тунгусского тела. Именно такое согласование реализуется в предлагаемом комплексе моделей, одной из которых служит модель полета.

При расчетах по модели полета используется следующая информация, полученная в первой модели и приведенная на схеме траектории и области вывала леса (рис. 1). Высота конечной точки O траектории полета над Землей берется равной $H_0 = 6,5$ км, а угол наклона $\alpha = 40^\circ$. Вся траектория условно разбивается на два участка: пассивный (выше точки A , располагающейся на высоте 18 км), на котором баллистическая волна не производит вывала леса на Земле, и активный (ниже этой точки), на котором такие разрушения имеют место. Расчеты по первой модели по-



Р и с. 1. Схема траектории полета и области вывала леса для Тунгусского космического тела.

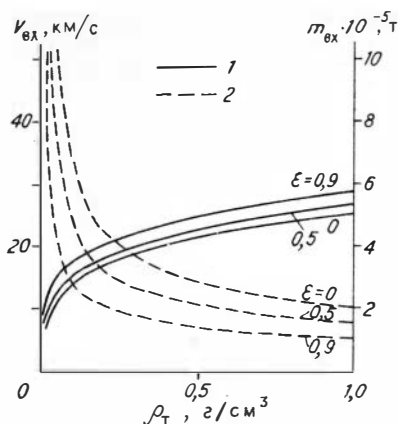
казывают, что значение баллистической энергии E_1 в точке A должно составлять $1.4 \cdot 10^{17}$ эрг/см. Те же расчеты требуют, чтобы космическое тело донесло до заключительного участка траектории (т. е. до окрестности точки O) энергию $E_0 + K_0 = 10^{23}$ эрг, складывающуюся из кинетической энергии тела K_0 и энергии возможного взрыва E_0 .

С учетом этой информации решается краевая задача для системы уравнений (1), которая интегрируется на интервале между точкой B входа космического тела в плотную атмосферу ($H_B = 60$ км) и точкой O . В результате определяются возможные траектории для Тунгусского космического тела и соответствующие изменения вдоль них скорости V , массы m , радиуса R тела и баллистической энергии E_1 .

Полученные решения зависят от двух параметров, которые еще не ясны, а именно от плотности тела ρ_t (которая на стадии полета считается постоянной) и от отношения $\varepsilon = E_0/(E_0 + K_0)$, где E_0 — энергия взрыва; $E_0 + K_0$ — полная энергия полета и взрыва в точке O . В проведенных расчетах плотность тела бралась в диапазоне от 0,01 до 1 г/см³, а параметр ε принимал значения $\varepsilon = 0$ (отсутствие взрыва), $\varepsilon = 0,1-0,9$ (охватывая малое, сравнимое и большое отношение энергии взрыва ко всей энергии полета и взрыва).

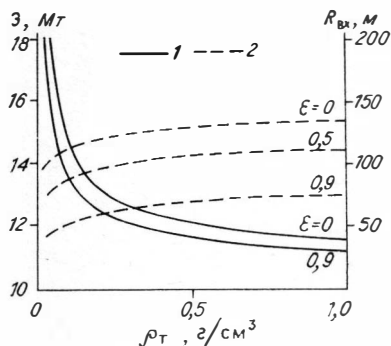
Некоторые результаты расчетов приведены на рис. 2 и 3, где построены скорость $V_{вх}$, масса $m_{вх}$, радиус $R_{вх}$ тела в точке входа B , а также полный тротиловый эквивалент явления $\mathcal{E}$ в зависимости от ρ_t для ряда ε . Эти графики дают для Тунгусского космического тела такие возможные значения указанных параметров, при которых обеспечиваются в точках траектории A и O условия, необходимые для получения реальной картины вывала леса на месте падения.

Скорость входа $V_{вх}$ меняется в диапазоне 7—30 км/с, уменьшаясь со снижением плотности тела (см. рис. 2). При малых



Р и с. 2. Скорость и масса при входе в атмосферу Тунгусского космического тела в зависимости от ρ_T и параметра взрыва ϵ .

1 — $V_{вх}$; 2 — $m_{вх}$.



Р и с. 3. Радиус Тунгусского космического тела при входе в атмосферу и полный тротиловый эквивалент Θ в зависимости от ρ_T и параметра взрыва ϵ .

1 — $R_{вх}$; 2 — Θ .

плотностях ($\rho_T \leq 0,03$ г/см³) скорости входа оказываются нереально низкими (менее 11 км/с) при любых ϵ . Масса тела меняется в широких пределах: при малых ρ_T она достигает 10^6 т, а при плотностях, близких к 1 г/см³, снижается до 10^5 т.

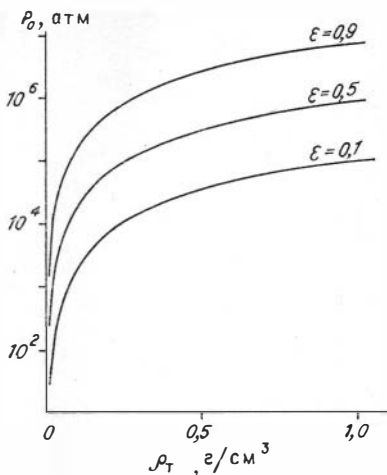
Качественное поведение этих зависимостей при других рассмотренных значениях коэффициента абляции ($\sigma = 0,5 \cdot 10^{-12}$ и $5 \cdot 10^{-12}$ с²/см²) сохраняется. Лишь при уменьшении σ скорость входа значительно возрастает (до 42—47 км/с при $\rho_T = 1$ г/см³), а при увеличении σ соответственно уменьшается (до 17—20 км/с при $\rho_T = 1$ г/см³). Напротив, масса влетающего тела существенно растет с увеличением σ и сильно убывает при его уменьшении.

Зависимости для радиуса $R_{вх}$ космического тела при входе в атмосферу показаны на рис. 3. Как видим, размеры влетающего тела изменяются в широких пределах: от нескольких десятков метров при больших плотностях ρ_T до нескольких сотен метров при малых ρ_T . Зависимость от параметра ϵ не сильная.

На этом же рисунке изображен и полный тротиловый эквивалент явления Θ . Под последним понимается вся энергия, привнесенная телом из Космоса и выделившаяся в конечном счете в атмосфере на стадиях полета и взрыва. Рассматривалась такая концепция, в которой принималось, что $\Theta = K_{вх} + E_0$, где $K_{вх} = m_{вх} V_{вх}^2 / 2$, а величина E_0 представляет собой внутреннюю энергию тела. При анализе результатов дополнительно проводились расчеты в рамках другой предельной концепции, в которой полагалось $\Theta = K_{вх}$, а величина E_0 накапливалась в процессе полета тела за счет перехода части кинетической энергии во внутреннюю.

Различие в результатах при использовании этих двух концепций оказалось довольно незначительным. Выяснилось, что пол-

Р и с. 4. Среднее давление P_0 при взрыве космического тела в зависимости от ρ_T и параметра взрыва ϵ .



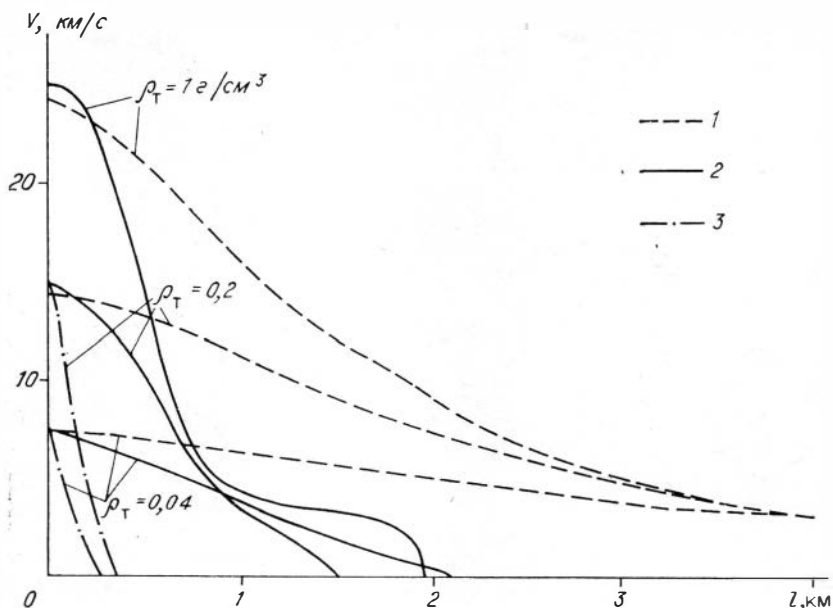
ный тротильный эквивалент Тунгусского явления несильно зависит от ρ_T . Для всех рассмотренных значений ρ_T и ϵ величина $\mathcal{E}$ заключена в диапазоне 12—16 Мт.

При отсутствии взрыва ($\epsilon = 0$) расчет уравнений квазистационарного полета (1) для всех плотностей ρ_T был продолжен от точки O до Земли. Для всего рассмотренного диапазона плотностей $0,01 \leq \rho_T \leq 1$ г/см³ полное и быстрое торможение тела при этом не происходит, тело достигает Земли, сохраняя значительный запас кинетической энергии. Это находится в противоречии с фактическими данными по Тунгусскому явлению, свидетельствующими о том, что космическое тело не достигло Земли. Следовательно, для полного и быстрого торможения тела при отсутствии взрыва его плотность должна была бы быть существенно меньше 0,01 г/см³. Однако расчеты показывают, что при низких плотностях скорости входа будут нереально малыми (менее 11 км/с), и с этой точки зрения случай Тунгусского космического тела с очень малой плотностью оказывается переализуемым.

Была также проведена оценка средних давлений p_0 , возникающих в объеме тела при взрыве ($\epsilon > 0$) на заключительном участке траектории. Соответствующие результаты в зависимости от ρ_T для ряда ϵ представлены на рис. 4. Давление взрыва рассчитывалось по формуле

$$P_0 = 3/4 \frac{(\gamma - 1) E_0}{\pi R^3}. \quad (2)$$

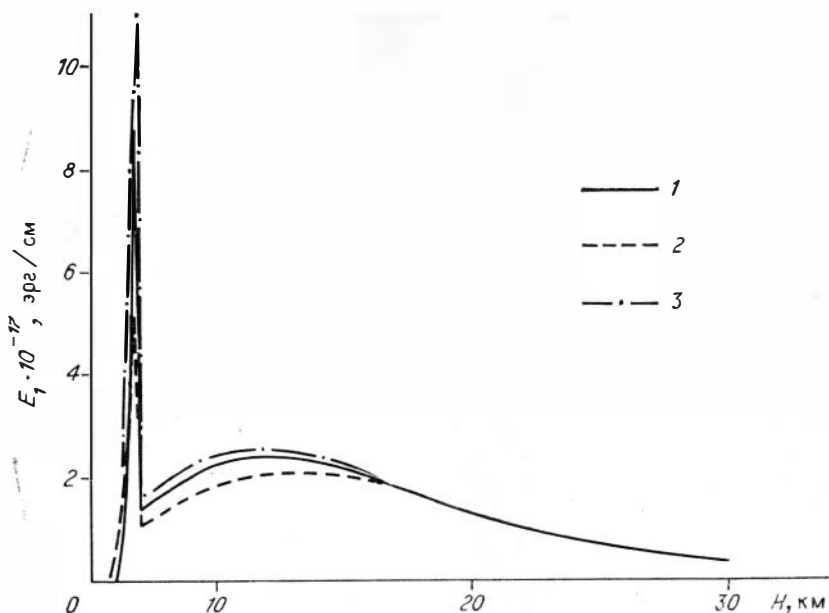
Здесь было принято $\gamma = 1,4$, остальные величины известны из исходных условий и расчетов системы уравнений (1). Как видим, диапазон изменения давления взрыва p_0 при каждом ϵ чрезвычайно велик. Величина p_0 формально может достигать миллионов атмосфер. Ясно, что в реальных условиях это невозможно. Трудно предположить, что Тунгусское космическое тело могло представлять собой объект, создающий при взрыве во всем своем объеме столь высокие давления. Даже если химический состав вещества этого тела был таков, что при взаимодействии с земной атмосферой оно вело себя как конденсированное взрывчатое вещество (что также представляется маловероятным), то и в этом случае давления не могли бы существенно превысить $2 \cdot 10^5$ атм (см., например, [Мейдер, 1985]). Наличия каких-либо ядерных



Р и с. 5. Скорость центра масс летящего и взрывающегося тела в зависимости от расстояния при разных значениях ρ_T и параметра взрыва ε .
1 — $\varepsilon = 0,1$; 2 — $\varepsilon = 0,5$; 3 — $\varepsilon = 0,9$.

реакций, приводящих к давлениям в миллионы атмосфер, при Тунгусском взрыве, как известно, обнаружено не было. Поэтому представленные данные по давлению накладывают дополнительные ограничения на возможный диапазон изменения плотности космического тела и параметра ε . Расчеты показывают, что при уменьшении коэффициента абляции σ кривые на рис. 4 сдвигаются вверх, а при увеличении σ — смещаются вниз.

Для рассмотрения процесса взрывоподобного расширения на заключительной стадии движения используется следующая простая модель взрыва летящего тела, развитая в работах Л. В. Шуршалова [1984, 1986, 1987]. Предполагается, что в некоторой точке траектории, близкой к точке O , космическое тело во всем своем объеме мгновенно превращается в газ с высоким давлением p_0 , вычисленным по формуле (2). Такое предположение не противоречит некоторым возможным механизмам взрывного процесса, рассмотренным выше при обсуждении отдельных моделей Тунгусского феномена. Скорость движения этого объема, продолжающего полет как целое, его размеры, масса и энергия берутся для этой точки из соответствующих расчетов по модели полета. Далее двумерным конечноразностным методом Годунова рассчитывается газодинамическая задача о взрыве в полете. В результате определяется динамика нестационарного торможения и взрывоподобного расширения этой газовой массы при разных значениях плотности и параметра взрыва ε .



Р и с. 6. Распределение энерговыведения по высоте при полете и взрывном расширении космического тела для разных ρ_T , $\varepsilon = 0,5$.

1 — 3 — ρ_T , г/см³: 1 — 0,2; 2 — 0,4; 3 — 0,5.

Некоторые результаты проведенных расчетов по последней модели представлены на рис. 5. Здесь приведены скорости центра масс летящего и взрывающегося тела от пройденного им расстояния вдоль траектории (отсчитываемого от точки, соответствующей началу взрыва) для ряда значений ρ_T и ε . Наиболее существенный параметр при этом — ε . В зависимости от его величины по-разному происходит торможение взрывающегося объекта. При $\varepsilon = 0,1$ торможение идет относительно медленно, растягиваясь на несколько километров. Этот случай относительно слабого взрыва, по-видимому, не отвечает Тунгусскому падению. Результаты нестационарного расчета при $\varepsilon = 0,1$ служат также дополнительным подтверждением вывода о том, что тело достигает поверхности Земли при отсутствии взрыва для всего рассмотренного диапазона ρ_T . Выше такой вывод был получен на основе модели квазистационарного полета. При $\varepsilon = 0,9$ имеет место резкое торможение на участке 100—300 м. При сравнимых величинах кинетической и взрывной энергий (например, при $\varepsilon = 0,5$) расстояние, проходимое телом до полной остановки, составляет 1,5—2 км.

Некоторые характеристики распределений по высоте H энерговыведений $E_1(H)$, возникающих в результате полета и взрывного расширения тела при $\varepsilon = 0,5$, даны на рис. 6. Здесь под величиной $E_1(H)$ на взрывной стадии понимается лишь часть полной энергии, не включающей величину E_0 и отвечающей только пере-

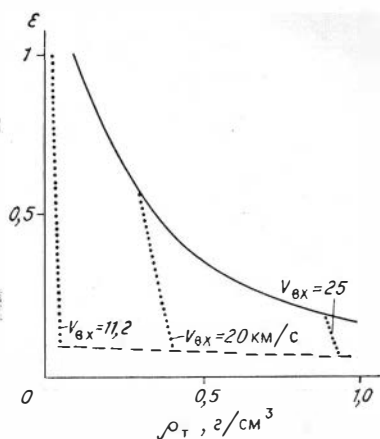
ходу кинетической энергии направленного движения тела в энергию взаимодействия с атмосферой.

Распределения $E_1(H)$ имеют два участка: с относительно плавным изменением, соответствующим полету тела, и с резким изменением, соответствующим взрывной стадии. Участок, отвечающий полету, имеет характерный вид с максимумом на высотах 11—13 км. Значение этого максимума лежит между $(2-3) \cdot 10^{17}$ эрг/см. Различия в кривых на этом участке довольно слабы для разных ρ_T и ϵ . Участок, отвечающий взрывной стадии, имеет различную длину при разных ϵ (от 100—300 м при $\epsilon = 0,9$ до нескольких километров при $\epsilon = 0,1$). Максимальные значения E_1 на этом участке намного превосходят энергосвечение на полетной стадии и существенно зависят от величины ρ_T (для более плотных тел максимум больше, а зона энергосвечения уже).

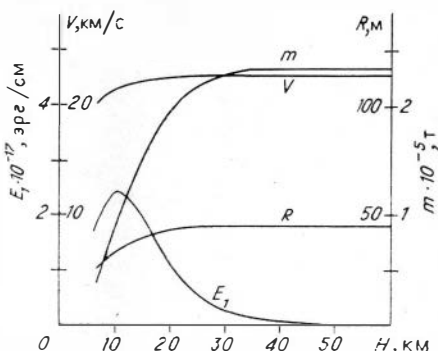
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУНГУССКОГО ЯВЛЕНИЯ

В целом применение моделей полета и взрыва к Тунгусскому случаю, во-первых, показывает необходимость рассмотрения взрыва на заключительной стадии полета; во-вторых, дает основные неизвестные величины $V_{вх}$, $m_{вх}$, $R_{вх}$, $\mathcal{E}$, ... как функции только плотности тела ρ_T и параметра взрыва ϵ ; в-третьих, накладывает некоторые ограничения на возможный диапазон изменения ρ_T и ϵ . Характер этих ограничений отражен рядом линий, изображенных на рис. 7. Смысл данных линий таков. Верхняя сплошная кривая, полученная на основе результатов рис. 5, дает ограничение сверху, обусловленное требованием того, чтобы среднее давление при взрыве не превосходило $2 \cdot 10^5$ атм. (Эта кривая при увеличении σ будет располагаться несколько выше, а при уменьшении — несколько ниже кривой, показанной на рис. 7.) Область значений ρ_T и ϵ , для которых космическое тело не достигает поверхности Земли, ограничена снизу штриховой линией. Пунктиром нанесены линии, отвечающие различным скоростям входа ($V_{вх} = 11; 20; 25$ км/с). Крайняя левая из этих линий отвечает наименьшей возможной скорости входа в атмосферу Земли естественных космических тел. Для Тунгусского тела, если предположить его кометную природу и принять во внимание астрономические данные, возможная скорость входа не должна быть ниже 20 км/с. Поэтому вероятные значения ρ_T и ϵ для этого случая в рамках рассматриваемого комплекса моделей должны располагаться на рис. 7 правее линии $V_{вх} = 20$ км/с. Подчеркнем, что если бы скорость входа была известна, то область возможных значений ρ_T и ϵ стянулась бы в короткую линию. Аналогично при известной из какой-либо информации плотности тела будут заключены в узкие интервалы величины $V_{вх}$ и ϵ .

Из указанной области возможных значений ρ_T и ϵ возьмем некоторую среднюю точку, в которой $\rho_T = 0,6$ г/см³ и $\epsilon = 0,2$. Для этого случая параметры входа космического тела таковы:



Р и с. 7. Область возможных значений ρ_T и параметра взрыва ϵ для Тунгусского космического тела.



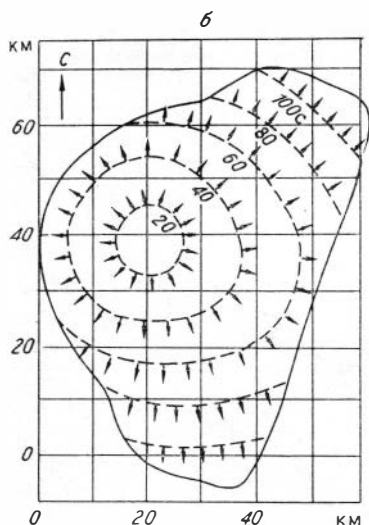
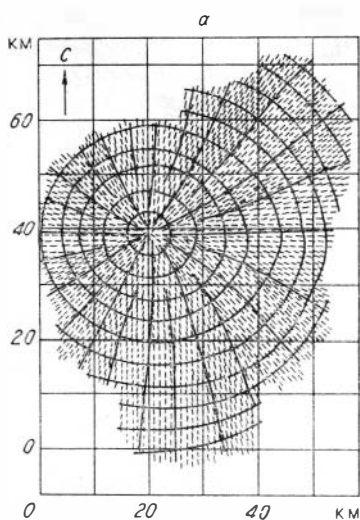
Р и с. 8. Скорость, масса, радиус и баллистическая энергия в зависимости от высоты полета для Тунгусского космического тела.

$V_{вх} = 22,7$ км/с; $m_{вх} = 233\,000$ т; $R_{вх} = 45,4$ м. Зависимости соответствующих величин от высоты H на стадии полета приведены на рис. 8. Здесь же показано распределение баллистической энергии $E_1(H)$ по траектории. Три четверти всей энергии выделяется на нижнем, активном участке траектории, а остальная идет на возмущение атмосферы при полете тела на верхнем пассивном участке. Полный тротильный эквивалент Тунгусского явления для данного случая составляет 15 Мт, что хорошо согласуется с данными, полученными при обработке имеющихся баро- и сейсмограмм [Ben-Menahem, 1975].

С использованием распределения баллистической и взрывной энергий, рассчитанных по модели полета и взрыва летящего тела, была уточнена картина Тунгусского вывала леса по модели эквивалентного взрыва полубесконечного цилиндрического заряда. Она представлена на рис. 9, б, где зона разрушения лесного массива околонушена линией $q = 0,008$ атм. Именно этот фактор в основном определяет падение деревьев, причем при указанном минимальном значении q падает $\sim 5\%$ всех деревьев.

Для сравнения на рис. 9, а приведена карта-схема вывала лесного массива в месте Тунгусской катастрофы, полученная в результате статистической обработки наблюдений В. Г. Фастом [Фаст, 1967; Фаст и др., 1976]. Как видим, между теоретической и наблюдаемой зонами поваленного леса имеется хорошее соответствие как по форме и размерам, так и по внутренней структуре.

Дополнительная информация о внутренней структуре зоны наземных разрушений представлена на рис. 10. Здесь построены рассчитанные изолинии $q = \text{const}$ (так называемые изодинамы), отвечающие различной степени вывала леса. Поскольку взрыв произошел на некоторой высоте над Землей, то вблизи эпицентра



Р и с. 9. Фактически наблюдаемая (а) и рассчитанная (б) зоны вывала леса в районе Тунгусского падения.

Динамический напор вычислен по плотности и горизонтальной составляющей скорости воздушного потока за ударной волной сразу после ее отражения от земной поверхности. Штриховыми линиями показаны изохроны, т. е. линии прихода ударной волны на Землю в отмеченные моменты времени. Стрелки означают направления падения деревьев.

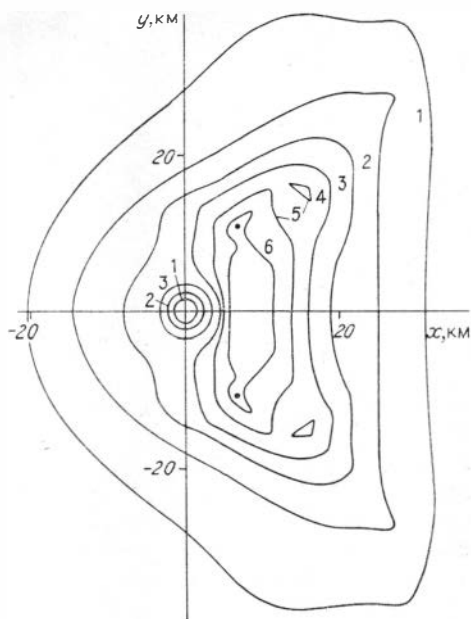
имеет место область с малыми значениями q , где вывал деревьев отсутствует («телеграфный лес»). Максимальные разрушения при $q = 0,056$ атм наблюдаются у оснований крыльев «бабочки», что является следствием комбинированного действия взрывной и баллистической волн. Такая картина находится в согласии с натурными данными [Фаст, 1967].

Проведенное теоретическое моделирование достаточно надежно воспроизвело характеристики натурной картины вывала леса. Отдельные невоспроизведенные детали внутренней структуры, отмечаемые некоторыми исследователями, могут быть обусловлены не только особенностями самого Тунгусского явления, но и локальными эффектами на местности или неточностью измерений. Последние факторы, не оказывающие существенного влияния при определении основных параметров Тунгусского космического тела, естественно, не могут найти отражения в применяемых моделях.

Стоит заметить, что полученное хорошее согласие теоретических результатов и наблюдений по вывалу леса может иметь место, как показывают расчеты, и для некоторых других точек из наиболее вероятного диапазона параметров ρ_T и ε . Связано это с тем, что форма и структура рассчитываемой зоны поваленного леса фактически определяются (при фиксированных α и H_c) распределением энергии по траектории, которое, как это было видно из траекторных расчетов и расчетов взрыва в полете (см. рис. 6), изменяется при варьировании этих параметров довольно незна-

Р и с. 10. Рассчитанная система изолиний горизонтального скоростного напора q в зоне вывала леса.

1 — 0,008; 2 — 0,016; 3 — 0,024;
4 — 0,032; 5 — 0,040; 6 — 0,048.

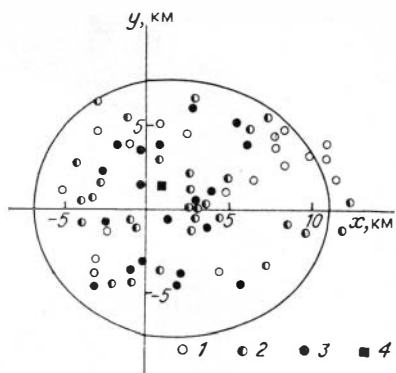


чительно. Эти изменения приводят к отличиям в форме и структуре теоретической зоны разрушений, лежащим за пределами ошибок в измеренных данных в реальной зоне. Очевидно, из-за недостаточности натурной информации получаемое решение с необходимостью определяется лишь в некотором диапазоне параметров. Наличие дополнительной информации (например, сведений о скорости входа

космического тела или о его плотности) приведет, как указывалось выше, к резкому сокращению этого диапазона параметров.

Для каждой рассматриваемой комбинации плотности тела и параметра взрыва ϵ из наиболее вероятного диапазона можно по графикам на рис. 2 и 3 определить соответствующие значения основных параметров входа космического тела, а именно, скорость, массу, радиус, а также полный тротиловый эквивалент $\bar{E}$. Максимальный диапазон изменения плотности тела в нашем решении ограничен значениями $\rho_T = 0,4$ и 1 г/см^3 . Чтобы иметь суждение о приемлемости этого диапазона, укажем, что при обработке экспериментальных данных, полученных для кометы Галлея, для средней плотности ее ядра определен [Аванесов, Мороз, 1988] максимальный диапазон $0,05\text{—}1 \text{ г/см}^3$, который в лучшем случае сужается до интервала $0,1\text{—}0,4 \text{ г/см}^3$.

В связи с представленными результатами расчета вывала лесного массива необходимо ответить на совершенно неправильное замечание, сделанное в статье М. Н. Цынбала и В. Э. Шнитке [1988], относительно моделирования ударных волн в случае Тунгусского космического тела. В ней неверно утверждается, что будто бы при таком моделировании граница области вывала отождествляется с изобарой (т. е. с линией постоянного давления), хотя на самом деле во всех наших работах [Коробейников и др., 1971, 1974, 1977, 1988; Korobeinikov et al., 1971, 1976] за эту границу принимается изодинамика $q = 0,008 \text{ атм}$, т. е. линия постоянного значения скоростного напора воздушного потока вдоль земной поверхности за ударной волной после ее отражения ($q =$



Р и с. 11. Фактически наблюдаемая и рассчитанная зоны лучистого ожога деревьев в районе Тунгусского падения.

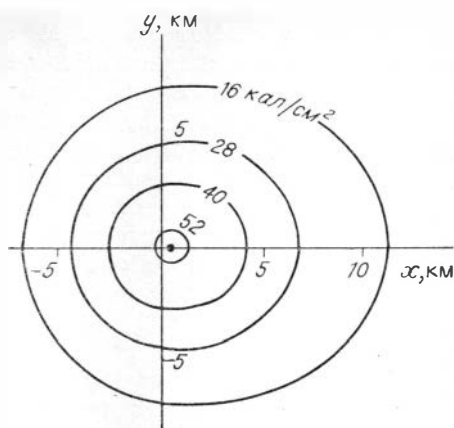
1—3 — ожог: 1 — слабый, 2 — средний, 3 — сильный, 4 — изба Кулика.

Начало координат — в эпицентре вывала; ось направлена по проекции траектории падения тела на Землю.

$= \rho u^2$, где ρ — плотность воздуха; u — горизонтальная скорость). М. Н. Цынбал и В. Э. Шнитке [1988] обнаруживают полное непонимание, заявляя, что попытки моделировать взрывную волну, вызывающую вывал, в виде «бабочки» по меньшей мере сомнительны. Во-первых, моделирующая ударная волна отнюдь не имеет конфигурацию «бабочки»; как видно по рис. 9, б, изохроны, характеризующие распространение ударной волны по земле, близки к овальной форме. Во-вторых, картина вывала леса, зона лучистого ожога деревьев, величина полного тротилового эквивалента, рассчитанные нами на основе моделирования системы ударных волн, возникшей при полете и взрыве Тунгусского космического тела, убедительно свидетельствуют об эффективности такого моделирования.

Для того же набора параметров, что и на рис. 8 и 9, б, по модели радиационно-теплового воздействия были приведены расчеты зоны ожоговых повреждений деревьев на местности из-за действия излучения при Тунгусском явлении. В этой модели учитывалась зависимость коэффициента поглощения воздуха от частоты в рамках 10-группового представления, перенос излучения рассматривался в диффузионном приближении, а эффектами рассеяния пренебрегалось. В расчетах, проводившихся по методике Б. В. Путятин [1980], находилась нормальная к поверхности Земли компонента суммарного теплового импульса излучения J_n .

Результаты такого моделирования представлены на рис. 11. Здесь показана натурная зона лучистого ожога деревьев, опубликованная в работе Ю. А. Львова и Н. В. Васильева [1976], причем кружки различной зачерненности характеризуют различную степень ожога. Сплошной линией нанесена теоретическая изолиния с величиной $J_n = 16$ кал/см², которая необходима для воспламенения веток и хвой живых деревьев, при продолжительности излучения около 2 с. Такое эффективное время действия излучения для Тунгусского взрыва найдено в наших расчетах [Коробейников и др., 1984]. Величина $J_n = 16$ кал/см² взята по экспериментальным данным из работы Н. П. Курбатского [1975] и использовалась ранее нами в расчетах [Коробейников и др., 1983; Коро-



бейников и др., 1984; Korobeinikov et al., 1982]. Заметим, что в статье М. Н. Цынбала и В. Э. Шнитке [1988] совершенно неверно утверждается, что эта величина завышена в несколько раз, хотя именно приведенное значение дают и экспериментальные результаты из работы [Курбатский, 1975]. Вместе с тем М. Н. Цынбал и В. Э. Шнитке справедливо указывают на некоторую неточность в наших работах [Коробейников и др., 1983; Коробейников и др., 1984], касающуюся привязки теоретической зоны ожога к местности. С учетом этого начало координат на соответствующих рисунках сместится на юго-запад всего на 1,1 км, что не очень существенно. Это обстоятельство принято во внимание на рис. 11.

При расчете ожога учитываются отдельные вклады видимого и инфракрасного излучения (последнее доминирует). Рассчитанная граница ожога вполне удовлетворительно очерчивает реальную зону обожженного лесного массива. Следует отметить, что в натурной зоне места с различной степенью ожога расположены довольно неупорядоченно, что, очевидно, служит результатом влияния каких-либо локальных факторов и погрешности измерений, причем число последних довольно мало. Естественно, что такая детализированная структура, не связанная с существом явления, не должна воспроизводиться в расчетах. Заметим также, что воспламенение сухих листьев, мхов, лишайников, хвои и травы, естественно, могло происходить за пределами теоретической границы, приведенной на рис. 11.

Теоретическая картина изолиний нормальной компоненты теплового импульса излучения J_n внутри зоны термического ожога изображена на рис. 12. Точка максимального ожога, где $J_n = 54 \text{ кал/см}^2$, смещена от эпицентра вывала ($x = y = 0$) на расстояние $\sim 0,7 \text{ км}$ назад по проекции траектории на Землю ($y = 0$). Это обусловлено тем, что модельный (как и реальный) источник энерговыделения был не точечным, а распределенным по траектории (см. рис. 6), при этом распространение ударной волны и перенос излучения происходят различным образом. Отметим, что на такое смещение точки максимального ожога указывалось ранее в других работах. По этим расчетам тепловой импульс излучения в Ванаваре составляет $0,5 \text{ кал/см}^2$, что согласуется с ощущениями очевидцев. Звездная величина Тунгусского болида в кон-

це полета, вычисленная по интенсивности излучения и уносу массы, оказалась сравнимой со звездной величиной Солнца.

Комплексное газодинамическое моделирование Тунгусского явления продемонстрировало хорошее согласование теоретических и натурных данных в отношении основных его геофизических последствий: вывала лесного массива, лучистого ожога деревьев, полного энерговыделения. Эта комплексная модель более высокого уровня подтвердила те же результаты для энергии взрыва $E_0 = 10^{23}$ эрг, высоты взрыва $H_0 = 6,5$ км и угла наклона траектории $\alpha = 40^\circ$, что и более простая модель эквивалентного взрыва полубесконечного цилиндрического заряда, применявшаяся нами ранее [Коробейников и др., 1977; Korobeinikov et al., 1976].

В некоторых работах [Бронштэн, 1961; Зигель, 1983], исходя из довольно ненадежных показаний всего нескольких очевидцев, угол наклона траектории Тунгусского космического тела принимался малым ($\alpha = 5-15^\circ$), что явно противоречит результатам наших достаточно точных расчетов вывала леса и лучистого ожога. Астрометрические оценки угла наклона траектории, полученные по показаниям многих очевидцев, даны в работах И. Т. Зоткина [1966] ($\alpha = 28 \pm 12^\circ$) и И. Т. Зоткина и А. Н. Чигорина [1988] ($\alpha = 20 \pm 12^\circ$). Наиболее корректную обработку визуальных наблюдений Тунгусского космического тела провел А. А. Явнель [1988], установивший, что минимальный угол наклона его траектории составляет 25° и большие углы наклона вполне допустимы. В основе всех этих работ лежит то обстоятельство, что явление болида можно наблюдать на максимальной высоте 100—110 км; но это справедливо для космических объектов небольших размеров. А. Ф. Ковалевский и И. Н. Потапов [1983] показали, что если Тунгусское тело представляет собой ядро кометы большого размера, то его яркость будет достаточна для обнаружения на высотах от 120 до 1000 км. В таких случаях угол наклона траектории Тунгусского космического тела, полученный при обработке визуальных наблюдений очевидцев, может быть 40° и выше в зависимости от радиуса кометного ядра. Во всем этом обсуждении речь шла о случае, когда траекторией служит прямая линия. Однако, как показано в работе [Коробейников и др., 1984], при наличии у тела некоторого аэродинамического качества угол наклона траектории может увеличиваться при приближении к Земле.

В заключение подчеркнем, что разработанный комплекс моделей позволил адекватно воспроизвести в расчетах важнейшие геофизические последствия падения Тунгусского космического тела и на этой основе получить уточненные данные о его траекторных, энергетических и некоторых физических параметрах. Все другие модели, предложенные различными авторами, до сих пор не были апробированы в таких расчетах и ни одно из зарегистрированных последствий не было в них получено. Очевидно, ценность той или иной модели должна определяться тем, насколько хорошо она воспроизводит в расчетах главные характеристики наблюдаемой картины Тунгусского явления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аванесов Г. А., Мороз В. П. Ядро кометы Галлея // Наука и человечество.— М.: Знание, 1988.— С. 214—231.
- Бронштэн В. А. К вопросу о движении в атмосфере Тунгусского метеорита // Метеоритика.— 1961.— Вып. 20.— С. 72—86.
- Бронштэн В. А., Бояркина А. П. Расчеты воздушных волн Тунгусского метеорита // Проблемы метеоритики.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1975.— С. 47—63.
- Вислый А. И., Мирский В. Н., Стулов В. П. Траектория торможения тел в атмосфере планет с учетом уноса массы и изменения формы под действием радиационного и конвективного нагрева // Гидроаэромеханика и космические исследования.— М.: Наука, 1985.— С. 42—53.
- Гораздовский Т. Я. Дипамика взрыва Тунгусского метеорита в свете эффектов лабораторного реологического взрыва // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 74—82.
- Григорян С. С. О движении и разрушении метеоритов в атмосферах планет // Космические исследования.— 1979.— Т. 17, вып. 6.— С. 875—893.
- Журавлев В. К., Дмитриев А. Н. Гелиофизическая гипотеза природы Тунгусского феномена // Метеоритные исследования в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1984.— С. 128—141.
- Зигель Ф. Ю. К вопросу о природе Тунгусского тела // Метеоритные и метеорные исследования.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1983.— С. 151—161.
- Зоткин И. Т. Траектория п орбита Тунгусского метеорита // Метеоритика.— 1966.— Вып. 27.— С. 109—118.
- Зоткин И. Т., Цикулин М. А. Моделирование взрыва Тунгусского метеорита // Докл. АН СССР.— 1966.— Т. 167, № 1.— С. 59—62.
- Зоткин И. Т., Чигорин А. Н. Определение радианта Тунгусского метеорита по визуальным наблюдениям очевидцев // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988.— С. 85—95.
- Искольдецкий А. М., Нестерихин Ю. Е., Паташинский А. З. и др. Градентный взрыв кипящей капли в условиях объемного тепловыделения // Докл. АН СССР.— 1977.— Т. 236, № 5.— С. 1109—1111.
- Ковалевский А. Ф., Потапов И. Н. Об угле наклона траектории Тунгусского метеорита // Метеоритные и метеорные исследования.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1983.— С. 161—165.
- Коробейников В. П., Путятин Б. В., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. Об эффектах излучения в условиях неоднородной атмосферы при Тунгусском явлении // Метеоритные и метеорные исследования.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1983.— С. 5—24.
- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. О гидродинамических эффектах при полете и взрыве в атмосфере метеоритных тел // Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1971.— С. 29—30.
- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. О зоне наземных разрушений при воздушном взрыве крупного метеорита // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа.— 1974.— № 3.— С. 94—100.
- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. Об учете неоднородности атмосферы при расчете взрыва Тунгусского метеорита // Журн. вычислит. матем. и матем. физики.— 1977.— Т. 17, № 3.— С. 737—752.
- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. Моделирование и расчет взрыва Тунгусского метеорита // Взаимодействие метеоритного вещества с Землей.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1980.— С. 115—138.
- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. Взаимодействие больших метеоритных тел с атмосферой Земли // Метеоритные исследования в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1984.— С. 99—117.

- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В.** Численное моделирование полета и взрыва естественных космических тел // Проблемы прикладной математики и информатики.— М.: Наука, 1987.— С. 33—47.
- Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В.** Модель полета и взрыва крупного космического тела в атмосфере // Моделирование в механике.— 1988.— Т. 1(19), № 5.— С. 50—54.
- Курбатский Н. П.** О возникновении лесного пожара в районе падения Тунгусского метеорита // Проблемы метеоритики.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975.— С. 69—71.
- Куцаев А. С.** Движение в атмосфере газовых тел малой плотности // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа.— 1978.— № 2.— С. 89—93.
- Левин Б. Ю.** Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе.— М.: Изд-во АН СССР, 1956.— 293 с.
- Лох У.** Динамика и термодинамика спуска в атмосфере планет.— М.: Мир, 1966.— 276 с.
- Львов Ю. А., Васильев Н. В.** Лучистый ожог деревьев в районе падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 53—57.
- Мартьянюк М. М.** Роль фазового взрыва космического вещества в процессе разрушения метеоров // Взаимодействие метеоритного вещества с Землей.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.— С. 168—178.
- Мейдер У.** Численное моделирование детонации.— М.: Мир, 1985.— 384 с.
- Петров Г. И., Стулов В. П.** Движение больших тел в атмосферах планет // Космические исследования.— 1975.— Т. 13, вып. 4.— С. 587—594.
- Покровский Г. И.** О взрыве метеорных тел, движущихся в атмосфере // Метеоритика.— 1966.— Вып. 27.— С. 103—108.
- Путятин Б. В.** О воздействии на Землю излучения при полете крупных метеоритных тел в атмосфере // Докл. АН СССР.— 1980.— Т. 252, № 2.— С. 318—322.
- Соляник В. Ф.** Тунгусская катастрофа 1908 г. в свете электрической теории метеорных явлений // Взаимодействие метеоритного вещества с Землей.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.— С. 178—188.
- Станюкович К. П., Шалимов В. П.** О движении метеорных тел в атмосфере Земли // Метеоритика.— 1961.— Вып. 20.— С. 54—71.
- Фадеев Ю. И.** Разрушение метеоритных тел в атмосфере // Физика горения и взрыва.— 1967.— № 2.— С. 276—280.
- Фаст В. Г.** Статистический анализ параметров Тунгусского вывала // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— С. 40—61.
- Фаст В. Г., Баранник А. П., Разин С. А.** О поле направлений повала деревьев в районе падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 39—52.
- Хохряков В. А.** О взаимодействии космических тел с атмосферой планет // Космические исследования.— 1977.— Т. 15, вып. 2.— С. 203—207.
- Цынбал М. Н., Шнитке В. Э.** Газовоздушная модель взрыва Тунгусской кометы // Космическое вещество и Земля.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.— С. 98—117.
- Цынбал М. Н., Шнитке В. Э.** Об ожоге и пожаре в районе падения Тунгусского метеорита // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988.— С. 41—72.
- Шуршалов Л. В.** Крупномасштабный взрыв в неоднородной атмосфере Земли при учете спектрального излучения // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа.— 1982.— № 6.— С. 124—130.
- Шуршалов Л. В.** Взрыв в полете // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа.— 1984.— № 5.— С. 126—129.
- Шуршалов Л. В.** К расчету взрыва быстро летящего тела // Журн. вычислит. матем. и матем. физики.— 1986.— Т. 26, № 6.— С. 924—933.
- Шуршалов Л. В.** Модель взрыва метеорного тела // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа.— 1987.— № 3.— С. 138—144.

- Явнель А. А.** О моменте пролета и траектории Тунгусского болида 30 июня 1908 г. по наблюдениям очевидцев // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988.— С. 75—85.
- Ben-Menahem A.** Source parameters of the Siberian explosion of June 30, 1908, from analysis and synthesis of seismic signals at four stations // Phys. Earth Planet. Interiors.— 1975.— V. 11.— P. 1—35.
- Korobeinikov V. P., Chushkin P. I., Shurshalov L. V.** Gas dynamics of flight and explosion of meteorite bodies in the Earth's atmosphere // Fluid Dynamics Transactions.— Warszawa: PWN, 1971.— V. 6, Pt II.— P. 351—360.
- Korobeinikov V. P., Chushkin P. I., Shurshalov L. V.** Mathematical model and computation of the Tunguska meteorite explosion // Acta Astronautica.— 1976.— V. 3, N 7/8.— P. 615—622.
- Korobeinikov V. P., Chushkin P. I., Shurshalov L. V.** Interaction between large cosmic bodies and atmosphere // Acta Astronautica.— 1982.— V. 9, N 10.— P. 641—643.
- Re Velle D. A** quasi-simple ablation model for large meteorite entry: theory vs observations // J. Atmospheric Terrestrial Physics.— 1979.— V. 41.— P. 453—473.

Л. Е. Эпиктетова

УТОЧНЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА ПО ПОКАЗАНИЯМ ОЧЕВИДЦЕВ

ОТКЛОНЕНИЯ ОТ СФЕРИЧЕСКОЙ СИММЕТРИИ КАРТИНЫ ЗВУКОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Одно из первых определений траектории метеорита было осуществлено И. С. Астаповичем [1951] на основании анализа звуковых явлений в показаниях очевидцев. Приведенные в его работе картины изолиний равной громкости, а также сейсмических явлений имели максимумы в направлениях с азимутами из эпицентра взрыва 192 и 184° . Предполагалось, что проекция траектории метеорита на Землю лежит в области максимумов этих явлений. Определение в последующих работах [Воробьев, Демин, 1971; Золотов, 1969; Фаст, 1967] направления оси симметрии вывала деревьев в месте падения Тунгусского метеорита, картины ожога ветвей и других «отпечатков» дало значения азимутов, лежащих в интервале $90—115^\circ$, которые оказались примерно перпендикулярными траектории И. С. Астаповича. И. Т. Зоткин, получивший для траектории азимут 115° , высказал мнение, что траектория И. С. Астаповича представляет собой лишь один южный лепесток некругового фронта волны [Зоткин, 1966].

Проведенные Томской комплексной самодеятельной экспедицией опросы очевидцев падения Тунгусского метеорита, начиная с 1958 г. и до начала 70-х годов, а также сбор информации из дру-

Данные о направлении на источник звука в показаниях очевидцев, заметно отличающемся от направления из пунктов наблюдения на эпицентр

Пункт наблюдения	Координаты пункта наблюдения				Азимут на источник звука, °
	Широта	Долгота	Расстояние из эпицентра, км	Азимут из эпицентра	
Владимировка	57°04'	101°38'	425	182°06'	40
Воробьево	57 23	102 18	390	176 27	195—210
Карабчинка	57 53	102 42	337	171 53	45
Тутама	58 19	102 48	290	169 30	60
»	58 19	102 48	290	169 30	75
Кеуль	58 25	102 48	279	169 07	30
Едарма	58 30	102 31	267	172 15	45
Мозговая	58 57	101 26	217	186 59	30
Проспихино	58 36	99 19	292	210 43	56
Иркинское	58 31	96 51	386	229 15	75
Сименга	62 38	108 22	392	57 28	195—200
Ербогачен	61 16	108 00	331	79 59	Ю - 3

ках карты, начиная с расстояния 500 км и более, записаны две дроби, знаменатель которых представляет общее число показаний с этого участка территории, а числители — число показаний, содержащих звуковые и сейсмические явления (первая дробь), а также наблюдения полета тела, его следа и других видимых явлений (вторая дробь). Там, где имеются показания из пунктов, отстоящих более чем на 1000 км от эпицентра, они представлены за пределами круга радиусом 1000 км по своим азимутам одной дробью без деления по расстояниям. Десятичные дроби внутри круга радиусом 500 км дают общую вдоль каждого интервала азимутов долю тех и других явлений в показаниях очевидцев из пунктов, находящихся далее 500 км.

Начнем с анализа данных о направлении на источник звука. В 20 случаях азимут его был измерен компасом. В табл. 1 представлены данные, где направление на источник звука заметно отличается от направления из пунктов наблюдения на эпицентр. Выделяется компактная группа сел со среднего течения р. Ангара, очевидцы из которых указывают северо-восточное направление на источник звука, хотя эти села расположены почти на юг от эпицентра. С верховьев р. Ниж. Тунгуски получены данные о юго-западном направлении на источник звука, также отличающемся от направления из этих сел на эпицентр.

Относительно оси симметрии «бабочки» вывала леса данные о направлении на источник звука с Ангара и Ниж. Тунгуски также заключают определенную симметрию. Можно предположить, что очевидцы в этих случаях отметили звуковую волну от траектории Тунгусского метеорита.

Наибольшее доверие вызывают результаты опросов по свежим следам события. Приведем показания Н. Н. Самарина из с. Новоудинского (азимут из эпицентра $A = 167^{\circ}40'$ и расстояние

Таблица 2

Результаты расчета А. В. Вознесенским момента падения Тунгусского метеорита по данным о времени регистрации «землетрясения» на метеорологических и железнодорожных станциях

Пункт наблюдения	Координаты пункта наблюдения				Время падения Тунгусского метеорита (по Гринвичу)
	Широта	Долгота	Расстояние из эпицентра, км	Азимут из эпицентра	
Канск	56°10'	95°42'	635	217°06'	0 ч 20 мин
Троицкое	55 56	96 13	641	213 26	0 18
Замзор	55 18	98 38	649	198 33	0 16
Нижеилимск	57 11	103 18	419	168 21	0 5
Николаевский завод	55 54	101 28	555	182 44	0 21

669 км), полученное еще в 1908 г. А. Вознесенским в ответ на «Вопросный лист о землетрясениях»: «Подземный гул был слышен всюду... Многие приняли его за отдаленную грозу, хотя небо было совершенно безоблачно. Гул был слышен с северо-востока, который раздавался как бы от частых пушечных выстрелов». В работе А. В. Вознесенского [1925] приведены на карте еще несколько пунктов из этого же района, где очевидцы указывают направление на северо-восток.

В работе [Вознесенский, 1925] есть таблица с данными о времени регистрации «землетрясения» на метеорологических и железнодорожных станциях, лучших по условиям проверки часов, а также результатами расчета момента падения Тунгусского метеорита по времени прохождения звуковой волны от места падения до указанных пунктов. Последние данные приводятся в табл. 2. Самый восточный пункт — Нижеилимск — дает заметно более раннее время, чем другие пункты, имеющие азимут более 180°. В свете приведенных выше фактов можно предположить, что на часах Нижеилимска зафиксировано начало звуковой волны не из эпицентра, а от ближайшего участка траектории метеорита.

Отметим, что А. В. Вознесенский, анализируя приведенную таблицу, сделал вывод, «что все пять наблюдателей... с возможной для них точностью отметили момент прихода к ним звуковых, а не сейсмических волн». Мы не стали отделять от звуковых явлений наблюдения очевидцев о дрожании изб, стекол и т. п., так как они могут быть вызваны воздушными волнами.

Проанализируем азимутальное распределение доли очевидцев, отметивших звуковые и видимые явления, по приведенным на рис. 1 цифровым данным. Хотя этот показатель косвенный (а по ряду азимутов статистически не обеспечен), все-таки он отражает различие в интенсивности этих явлений по разным направлениям из эпицентра на расстояниях от него свыше 500 км. Видимые явления отметили в большей степени очевидцы из восточной и юго-восточной областей, а звуковые явления — из южной и юго-за-

падной. Точно на запад от эпицентра далее 500 км почти все опрошенные ничего не запомнили. На северо-западе есть показания, но они малочисленны.

Мощные звуковые явления на юго-западе сопровождаются и распространением звука в этом направлении дальше 1000 км. Как отметил еще И. С. Астапович [1951], наиболее удаленный пункт, куда звук дошел 1 ч спустя после падения (Ачаевский улус), отстоял за 1200 км ($A = 227^\circ$).

Мощные звуковые явления на юго-западе коррелируют с отмеченной на р. Ангаре стрелками полосой звуковых явлений по направлению их распространения на поверхности Земли и, по-видимому, вызваны тем же источником, т. е. баллистической волной от конечного участка траектории (см. рис. 1). Прослеживаются два края этой мощной полосы звуковых явлений: и по границам стрелок на р. Ангаре, и по дальности распространения звука, и по азимутальному распределению и его интенсивности. Правда, звуковая полоса размывает азимутальное распределение, поэтому и были исключены из рассмотрения данные из области ближе 500 км.

По контуру вывала леса также видно нарастание интенсивности ударной волны от запада к юго-западу с заметным максимумом по азимуту 220° , что совпадает с максимумом звуковых явлений в юго-западном направлении на расстояниях, больших 500 км. Этот край полосы мощных явлений должен образоваться от самого конца траектории метеорита у поверхности Земли. На дальних расстояниях он может расплываться. О возможных причинах образования другого края полосы будет сказано ниже.

Звуковые явления в юго-восточном и восточном направлениях неоднородны. Например, имеется отчетливый минимум в интервале азимутов $110-130^\circ$, за которым следует возрастание доли звуковых явлений в показаниях как в сторону меньших, так и больших азимутов. Для уточнения звуковой картины в этом направлении рассмотрим интенсивность явления вдоль участков рек Ниж. Тунгуски и Лены (табл. 3). Из-за меньшего числа показаний на р. Лене села были объединены по интервалам азимутов в $2^\circ 30'$, начиная от азимута 115° ($114^\circ 54'$) и до 140° , и представлены одним селом из каждого интервала (с пропуском тех районов, где нет сел). Эти данные представлены на рис. 2, где доля звуковых явлений отложена отрезками прямых линий в определенном масштабе с началом в пункте наблюдения и по его азимуту из эпицентра. Расположение сел на двух реках связано с редким населением в верховьях Ниж. Тунгуски и ниже по течению р. Лены от указанного участка. Можно отметить два максимума интенсивности звуковых явлений по направлениям с азимутами около 102 и 130° и расположенный между ними минимум. Характер звуковых явлений в максимумах и минимуме отличается. В последнем они имеют необычный характер: «шипящий свист», «пх-пх». Доля видимых явлений, наоборот, имеет в середине этого интервала азимутов максимум, причем при максимальном значении, равном единице.

Доля звуковых и видимых явлений в показаниях с верховьев р. Ниж. Тунгуски и ближайшего участка р. Лены

Пункт наблюде- ния	Координаты пункта наблюдения				Доля звуковых и видимых явле- ний *
	Широта	Долгота	Расстояние из эпицентра, км	Азимут из эпицентра	
<i>Пункты наблюдения с р. Ниж. Тунгуски</i>					
Оськино	60°49'	108°00'	330	88°40'	0,67; 0,67 (5)
Ерема	60 24	107 52	299	97 00	1,00; 0,73 (11)
Мога	60°05'	108°00'	346	102°16'	0,96; 0,96 (25)
Преображенка	60 02	108 00	347	103 08	1 ; 0,92 (13)
Верх. Калинино	59 53	108 08	360	105 17	0,80; 1 (5)
Боковиково	59 48	108 04	360	106 52	0,33; 1 (6)
Непа	59 14	108 14	398	115 30	0,75; 0,83 (12)

Пункты наблюдения с р. Лены

Коршуново	58 37	110 11	527	114 54	0 ; 1 (5)
Мироново	58 14	109 29	518	121 17	0,50; 1 (2)
Петронавловск	58 16	108 58	493	123 06	0,57; 1 (7)
Чугуево	58 04	108 36	490	126 30	0,67; 0,50 (6)
Салтыково	57 58	108 25	491	128 30	0,75; 0,75 (4)
Киренск	57 48	108 07	491	131 30	0,75; 0,75 (4)
Кудрино	57 39	107 52	494	134 05	0,67; 0,83 (6)
Макарово	57 98	107 45	505	136 11	0,25; 1 (4)
Казимирово	57 18	107 21	505	139 38	0,50; 0,75 (4)

* Первое число — доля звуковых явлений, второе — доля видимых, в круглых скобках — полное число показаний из данного села.

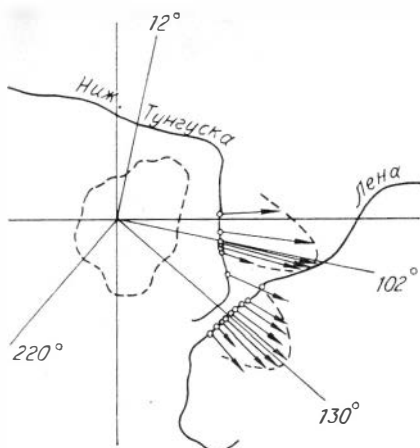
Образование максимумов интенсивности звуковых явлений можно объяснить в соответствии с данными работ [Действие..., 1963; Золотов, 1969] тем, что баллистическая волна имеет зону максимального действия, которая расположена на расстоянии от проекции траектории метеорита, зависящей от высоты тела. А под траекторией возникает «зона молчания».

Распространение баллистической волны через р. Ангара и далее примерно перпендикулярно азимутальному лучу 130°, который отличается на 90° от максимума звуковых явлений по направлению 220° (см. рис. 1). Симметричная полоса звуковой волны на север-северо-восток, можно ожидать, будет перпендикулярна лучу 102° и край ее пойдет вдоль направления 12° (см. рис. 1 и 2).

Отметим еще один максимум звуковых явлений по азимуту примерно 165° (см. рис. 1), совпадающий с максимумом крыла «бабочки» вывала леса, но интенсивность его на дальних расстояниях меньше, чем по направлению 220°.

Таким образом, анализ картины звуковых явлений показал, что она довольно сложная. Ведущую роль в звуковых явлениях играет баллистическая волна от траектории метеорита. На расстояниях от эпицентра 1000 км и даже дальше звуковая волна

Р и с. 2. Интенсивность звуковых явлений в юго-восточном направлении по показаниям очевидцев с рек Ниж. Тунгуска и Лена.



не выравнивается в сферическую. Это говорит о большой протяженности источника баллистической волны. Напомним, что барографы Читы, Сретенска и Верхоянска отметили приход воздушной волны значительно раньше, чем если бы она пришла из эпицентра. (В работе [Анфиногенов, Будаева, 1984] выдвинуто предположение, что этот факт может быть связан с падением двойника Тунгусского метеорита.)

Если строить траекторию по максимумам звуковых явлений, то можно провести ее близко от траектории Е. Л. Кривога (А = 137°) [Кривог, 1949], а также от траектории В. Г. Коненкина через с. Преображенку [Коненкин, 1967] (см. табл. 3). Что касается траектории И. С. Астаповича [1951], то на расстояниях более 500 км ее не удалось надежно выявить, возможно, из-за малого числа показаний в этом направлении. И. С. Астапович [1965] приводит мнение А. В. Вознесенского, что метеорит прошел западнее Иркутска, так как пунктов наблюдения восточнее Байкала не было, несмотря на достаточную населенность этого района. Но сложность звуковой картины из ранних показаний еще трудно было установить.

Из данных настоящей работы можно сделать вывод, что проекция траектории метеорита на Землю лежит внутри интервала азимутов между двумя максимумами интенсивности звуковых явлений в направлениях 102 и 130°. Однако не исключено, что на последнем участке проекция траектории несколько отклонилась от плоскости большого круга, о чем будет сказано ниже.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИЯХ ТРАЕКТОРИИ МЕТЕОРИТА ИЗ ВИДИМЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПОКАЗАНИЯХ ОЧЕВИДЦЕВ

В известном показании Т. Н. Науменко из с. Кежда отмечается полет метеорита вблизи Солнца. В работе [Демин и др., 1984] подсчитано, что вдоль линии Кежда — Солнце (А = 95°, Н = 27°) для траектории с А = 120° координаты ее точки будут: расстояние по поверхности Земли 502 км, высота

278 км. Это, как отмечают авторы, противоречит представлениям о светимости метеорных тел в атмосфере.

Из многочисленных показаний очевидцев явствует, что еще на дальних участках траектории произошло дробление метеорита, отделившиеся куски продолжали движение, образуя ряд следов в широкой полосе. В. К. Антипин из д. Мозговой около Кежмы ответил в анкете Кулика в 1928 г.: «А это под сивер идет..., да как разорвется и светлая полоса родится». Из показаний Т. Н. Науменко: «...лучи Солнца пересекались широкой огненно-белой полосой с правой стороны лучей, а с левой по направлению к северу летела неправильной формы еще более огненно-белая... масса». Запоздавшие очевидцы увидели над горизонтом «полосы столбами, красные и желтые», которые достигли Земли. Возможно, полоса мощной звуковой волны, о которой говорилось раньше, вызвана движением метеорита в раздробленном состоянии. Место раздробления можно оценить по второму краю полосы: примерно 400 км по азимуту 120° , что неплохо согласуется с показанием Т. Н. Науменко. По вопросу о раздроблении метеорита мы планируем написать отдельную статью.

В. Г. Фесенков [1978, с. 18] писал, что «особенно сложно происходит полет метеорита, если в процессе торможения он начинает дробиться и превращается в плотный рой частиц, который продолжает быть окутанным как единое тело. При резком уменьшении плотности скорость резко падает...». Например, многие очевидцы падения Сихотэ-Алинского метеорита отмечают, что он незадолго до падения заметно изменил («преломил») свою траекторию, упав под значительно более крутым углом к горизонту. Изменилась и горизонтальная проекция траектории [Фесенков, 1978]. Весьма вероятно, что и в случае Тунгусского метеорита образовавшаяся «куча камней» упала на землю несколько не в том месте, куда бы должен упасть метеорит, сохранивший направление движения.

В нашей работе [Эпиктетова, 1976] сделан вывод, что проекция траектории Тунгусского метеорита на Землю пересекает р. Лену вблизи с. Мироново (см. табл. 3). Оно попадает между двумя максимумами звуковых явлений, но несколько смещено от середины интервала между ними.

В работе [Эпиктетова, 1976] высказывалось предположение, что место падения метеорита несколько отклоняется к западу от прямой, соединяющей села Мироново и Аян (на р. Непа, $A = 117^\circ$, $R = 319$ км), где очевидец ощутил жар. Можно дополнить эти данные показанием С. П. Никанорова, наблюдавшим в 80 км на север от с. Бамбуйк в среднем течении р. Витим полет яркого тела с перемещением по азимуту от 165° до 250° и по высоте $80-60^\circ$. (Для пункта наблюдения приблизительно $A = 117^\circ$, $R = 940$ км.)

Если действительно имеет место отклонение эпицентра от плоскости большого круга траектории метеорита, то траекторию нельзя охарактеризовать каким-то одним азимутом из этого эпи-

центра. Она будет пересекать азимутальные лучи, причем на дальних расстояниях под малым углом, а на ближних — гораздо быстрее. Возможно, тот факт, что в месте падения Тунгусского метеорита направление осей симметрии вывала леса и других «отпечатков» на землю, как уже говорилось, изменяется в интервале $115-90^\circ$, как раз и объясняется отклонением горизонтальной проекции метеорита? Направление оси симметрии некоторых «отпечатков», близких к 90° , т. е. почти вдоль параллели, можно попытаться объяснить влиянием вращения Земли при уменьшении скорости движения вещества, особенно после взрыва.

В показаниях очевидцев есть данные, которые могут помочь определить вертикальную составляющую траектории метеорита. Есть около двух десятков показаний, где очевидцы отмечают наступление сумеречных явлений до прихода звука, одновременно с ним или после него. Большинство из этих пунктов отмечено на карте черными кружками. Очень сильные явления были в Канске и Тайшете. С. И. Грабченко из Канска: «Вдруг все потемнело, потом пожелтело, а потом был сильный удар». В с. Сагаевском — 90 км на юг от Минусинска — «темно сделалось в избе хоть зажигай». В д. Воробьево на р. Ангаре «было вроде грома, а потом потемнело».

Складывается впечатление, что на поверхность Земли легла тень от распыленного по траектории вещества, которая перемещалась затем при движении Солнца. А что распыление имело место на дальних участках траектории, об этом тоже есть сведения в показаниях очевидцев. Мы попытались найти в показаниях из ближних сел по р. Ангаре ниже с. Кежда какие-либо следы потемнения. Брюханов из с. Климино показал: «Утром в ясную погоду — гром. Стало сумрачно». В. Т. Колпаков из с. Гольявино ($\varphi = 58^\circ 23'$, $\lambda = 98^\circ 27'$): «После грома сделалось морозно» (морок — туча. — Л. Э.). Если тень от следа прошла вблизи этих сел, то для с. Кежда траектория проходила немного выше Солнца и, следовательно, высота траектории на расстоянии 500 км была большой. Но если на ближних участках траектория стала круче, то этот факт можно согласовывать с другими. Что касается высоты возгорания метеорита в атмосфере, то Т. Н. Науменко видел недалеко от Солнца не раскаленное тело, а полосу, которая, скорее всего, была следом, рассеивающим лучи Солнца.

Таким образом, предположение об изменении направления как горизонтальной, так и вертикальной проекций траектории Тунгусского метеорита вследствие его раздробления и изменения скорости позволяет увязать многие факты в непротиворечивую картину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анфинюгенов Д. Ф., Будаева Л. И. Болиды лета — осени 1908 г. в средних широтах Евразии в связи с проблемой Тунгусского метеорита // Метеоритные исследования в Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. — С. 22—30.

- Астапович И. С. Большой Тунгусский метеорит // Природа.— 1951.— № 3. С. 13—23.
- Астапович И. С. К вопросу о траектории и орбите Тунгусской кометы // Физика комет и метеоров.— Киев: Наукова думка, 1965.— С. 105—112.
- Васильев Н. В., Ковалевский А. Ф., Разин С. А., Эпиктетова Л. Е. Показания очевидцев Тунгусского падения.— Томск, 1981.— С. 13—15.— Деп. ВИНТИ, № 5350—81.
- Вознесенский А. В. Падение метеорита 30 июня 1908 г. в верховьях р. Хатанга // Мирознание.— 1925.— Т. XIV, № 1.— С. 25—38.
- Воробьев В. А., Демин Д. В. Новые результаты исследования термических поражений лиственниц в районе падения Тунгусского метеорита // Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1971.— С. 13—15.
- Действие ядерного оружия.— М.: Изд-во МО СССР, 1963.— 683 с.
- Демин Д. В., Дмитриев А. Н., Журавлев В. К. Информационный аспект исследований Тунгусского феномена 1908 г. // Метеоритные исследования в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.— С. 30—49.
- Золотов А. В. Проблема Тунгусской катастрофы 1908 г.— Минск: Наука и техника, 1969.— 204 с.
- Зоткин И. Т. Траектория и орбита Тунгусского метеорита // Метеоритика.— М.: Наука, 1966.— Вып. 27.— С. 109—118.
- Коненкин В. Г. Сообщение очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 г. // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 31—35.
- Кринов Е. Л. Тунгусский метеорит.— М., Л.: Изд-во АН СССР, 1949.— 196 с.
- Фаст В. Г. Статистический анализ параметров Тунгусского вывала // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 40—61.
- Фаст В. Г., Бараиник А. П., Разин С. А. О поле направлений повала деревьев в районе падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 39—52.
- Фесенков В. Г. Метеориты и метеорное вещество: Избр. труды.— М.: Наука, 1978.— 250 с.
- Эпиктетова Л. Е. Новые показания очевидцев падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 20—34.

Б. Ф. Бидюков, В. О. Красавчиков, В. А. Разум

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ АНОМАЛИИ ПОЧВ РАЙОНА ТУНГУССКОГО ПАДЕНИЯ

Накопленный мировой геологической практикой опыт показывает, что минералы, входящие в состав коренных и осадочных пород, могут выступать в качестве уникальных термолюминесцентных детекторов в широком спектральном диапазоне: длинноволновое излучение (вплоть до ультрафиолета) приводит к уменьшению ранее запасенной светосуммы, коротковолновое (рентгеновское, гамма-излучение, нейтронный и протонный потоки) существенно повышает уровни термовысвечивания. В многочисленных публикациях приводятся аргументы в пользу как

Термолюминесцентные характеристики почв района Тунгусского падения

№ п/п	№ пробы	№ навески	Координаты, км.		T ₀	T ₁	I ₁	T ₂	I ₂	T ₃	I ₃	S		
			x	y										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	1	1	41,8	32,7	120			230	47,5	270	38,5	636		
2		2			120			220	11,0	310	18,2	271		
3		3			110			220	20,5	260	20,0	359		
4		4			100			220	25,0	300	18,7	411		
5		5			100			210	14,0	320	13,6	266		
6		6			80			210	21,0	290	18,3	340		
7		7			130					310	10,2	155		
8		8			120			220	10,5	320	12,9	196		
9		9			110			220	17,8	290	12,8	268		
10		10			110			220	9,5	310	11,5	197		
11		11			110					290	14,5	250		
12		12			100			230	20,5	300	19,3	365		
13		13			90			220	16,0	310	16,1	299		
14		14			80			240	12,0	300	13,0	222		
15		15			100			220	16,3	300	16,2	304		
16		16			100			220	17,0	310	17,0	311		
17		17			100					320	8,5	119		
18		18			110					320	5,9	85		
19		19			130					220	7,0	310	6,1	120
20		20			100					240	8,9	330	12,0	201
21		21			130					220	8,0	300	8,5	151
22		22			100					240	9,5	300	12,0	202
23		23			130					220	7,8	300	7,7	146
24		24			100					230	9,9	290	10,8	197
25		25			100					220	11,2	290	8,7	183
26		26			120					230	9,7			142
27		27			100							330	6,5	102
28		28			100					220	8,9	300	9,3	178
29	2	1	41,7	32,2	120		220	14,0	290	15,0	311			
30		2			100		220	4,0	300	5,3	91			
31		3			100		200	9,2	300	6,5	150			
32		4			100		230	8,4	290	7,8	151			
33	3	1	41,6	31,7	100				320	11,5	161			
34		2			130		220	4,0	300	4,8	86			
35		3			100		220	4,2	300	6,2	100			
36	4	1	41,6	31,2	100				300	4,2	74			
37		2			100				330	7,1	97			
38		3			100				300	6,0	91			
39	5	1	41,5	30,7	100	170	0,4	270	1,5	340	1,8	26		
40		2			160	190	0,5	270	0,9	340	1,0	15		
41		3			100	170	0,5	270	1,5	340	1,9	26		
42	6	1	41,5	30,2	110			220	3,5	290	4,3	75		
43		2			100			210	14,0		215			
44		3			100			210	11,3	300	8,6	189		
45	7	4	41,4	29,8	100			220	7,6	310	6,5	139		
46		1			100	190	1,9			300	4,8	78		
47		2			130			210	4,9	290	4,5	90		
48	8	3	41,3	29,2	100			210	9,3	270	9,0	172		
49		1			130	190	0,5	230	1,0	300	1,1	17		
50		9			100			220	5,5	300	5,5	113		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
51		2			110			230	3,0	300	4,8	76
52	9	3	41,3	28,7	110			220	5,0	290	6,0	111
53	10	1	41,2	28,2	110			230	25,0	300	14,4	279
54		2			120					320	5,0	82
55		3			100			200	6,4	290	5,2	113
56		4			110					310	6,6	112
57	11	1	41,2	27,2	100			210	12,6			203
58		2			110			210	11,0			162
59		3			100			200	34,0	290	12,8	389
60		4			100			210	12,5			191
61	12	1	41,1	26,7	130			220	4,0	300	5,5	91
62		2			100			220	12,0	300	10,8	228
63		3			100			220	13,0	300	10,6	226
64	13	1	41,1	26,2	120			220	3,0	300	4,3	72
65		2			110			220	4,3	300	4,4	81
66		3			100					260	6,5	123
67	14	1	41,0	25,7	120			230	1,7	320	2,0	39
68		2			150			230	1,0	300	1,4	20
69		3			120			210	1,0	320	1,8	30
70	15	1	41,0	25,2	210			250	0,5			5
71		2			200			250	0,4			4
72		3			170			250	0,9			10
73	16	1	40,9	24,7	160			260	2,1	320	2,4	40
74		2			110			260	2,0	320	1,8	28
75		3			110			260	2,0	320	2,7	40
76	17	1	40,8	24,2	210			270	0,3			3
77	18	1	42,2	24,5	140			220	1,0	280	1,3	18
78	19	1	42,4	23,5	120			260	1,0	320	1,1	15
79	20	1	47,8	21,8	110			270	4,0	320	4,9	77
80	21	1	47,6	21,9	110	180	0,5			280	1,4	19
81	22	1	47,3	21,9	110	170	0,5	220	1,5			23
82		2			170			270	0,5	300	1,0	10
83		3			180			270	1,1			11
84	23	1	47,0	22,0	180					300	1,1	12
85	24	1	46,7	22,0	100			230	2,0	290	2,3	35
86	25	1	46,4	22,1	130			230	2,0	320	5,9	57
87	26	1	46,0	22,2	130	180	0,4	220	0,5	320	1,0	13
88	27	1	45,6	22,2	140	170	0,2	230	0,4	320	1,0	9
89	28	1	45,2	22,3	150			230	1,4	310	1,8	25
90	30	1	44,6	22,3	150					280	1,9	25
91	31	1	44,3	22,3	150			220	2,5	310	1,3	33
92	32	1	44,0	22,4	120	190	0,6	220	1,0	300	1,1	18
93	33	1	43,7	22,4	100			210	7,5	280	6,2	114
94		2			100			210	6,0	280	5,9	110
95	34	1	43,3	22,5	130			220	1,5	300	1,9	29
96	37	1	39,7	11,7	100	170	1,0	240	2,0	300	2,5	46
97		2			150					300	3,9	59
98		3			110	170	1,0	240	3,0	320	3,5	62
99	39	1	39,9	13,0	120			220	4,5	300	6,4	102
100		2			100			230	16,0	310	12,0	213
101		3			100			210	14,2	310	8,7	156
102		4			140			220	2,9	300	5,2	63
103		5			100			200	6,8	310	5,1	110
104	41	1	39,9	13,8	140			270	1,2			16
105		2			100			270	1,5	320	1,5	22
106		3			160			260	2,0	320	2,3	32
107	42	1	40,0	14,2	100	170	0,8	250	4,0	320	4,2	68

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
108		2			120	180	1,9	220	3,0	300	3,0	54
109	42	3	40,0	14,2	100	170	0,7	240	2,7	290	2,9	50
110	46	1	40,2	16,5	140					310	8,1	104
111		2			100	150	0,6	220	5,0	310	6,6	100
112		3			110	150	0,6			300	5,9	90
113	48	1	40,3	17,8	100	160	2,2	220	3,8	300	2,8	61
114		2			120			250	3,5	310	3,2	59
115		3			110	160	1,0	230	4,0	300	4,5	75
116	49	1	40,4	18,6	100	160	0,6	220	1,5	300	1,4	26
117		2			110	160	0,5	220	1,6	310	2,0	32
118		3			110	160	0,9	240	1,9	300	2,6	39
119	50	1	40,5	19,4	100	190	0,7			320	4,2	52
120		2			150	190	0,5			320	4,4	48
121		3			150	190	0,5			320	3,8	44
122	51	1	40,6	19,9	120			210	7,9	300	2,3	76
123	52	1	40,5	20,4	140			220	1,0	280	1,3	19
124		2			120	170	1,2	220	10,6	300	5,2	101
125		3			120	170	1,0	220	3,0	300	2,1	42
126		4			120	170	0,5	230	1,4	300	1,6	25
127	53	1	40,5	20,9	140			220	4,0	300	1,8	46
128	54	1	41,3	12,8	170			200	0,5	320	3,0	28
129	55	1	41,2	13,5	100	180	0,9	220	2,1	300	3,5	47
130	56	1	41,1	13,8	110	180	0,3	220	0,5	310	0,7	12
131	57	1	42,1	10,7	110			216	3,2	280	1,9	39
132	58	1	41,9	10,6	130			210	1,7	280	1,5	26
133	59	1	41,8	10,4	130			220	5,7	270	4,9	74
134	60	1	41,7	11,5	130			250	0,4			4
135	61	1	41,5	12,5	110	180	0,5	260	1,4			13
136	62	1	41,3	13,2	150			250	0,7			10
137	65	1	40,6	16,3	230			270	0,2			1
138	69	1	40,3	21,4	100	150	0,6	220	2,0	270	2,4	41
139		2			130	160	0,9	210	2,1	270	2,5	40
140		3			140	170	0,5	220	1,2	280	1,8	25
141		4			140	170	0,5	220	1,2	280	1,8	30
142	70	1	40,0	21,3	190			260	0,7			4
143	72	1	39,6	20,9	160			240	0,9	340	0,7	14
144	73	1	39,3	20,8	120	190	0,5	250	2,0	310	2,5	43
145	74	1	38,9	20,7	100	180	0,5	240	1,0	300	1,5	26
146	76	1	38,2	20,5	120					300	2,4	42
147	77	1	38,0	20,2	180			260	0,5	300	0,4	6
148	78	1	37,7	20,2	140			200	0,5	260	1,0	15
149	79	1	37,4	19,8	130			200	1,0	300	1,0	20
150	80	1	37,0	20,0	130			200	1,0	300	1,8	26
151	81	1	36,6	20,0	110	170	0,5	260	1,5	320	1,2	25
152	82	1	36,2	20,2	170	200	0,3	270	1,0	320	1,2	14
153	83	1	36,0	20,2	120	200	0,4	270	1,5	340	2,7	31
154	84	1	35,8	20,0	130			270	4,0	320	2,5	55
155	85	1	—16,9	41,7	130			230	2,0	310	2,9	43
156		2			110			200	1,8	280	2,7	42
157		3			140			220	2,2	310	3,1	48
158		4			130			210	1,7	320	2,7	46
159		5			130			250	2,0	320	2,6	38
160	86	1	—16,8	45,0	120			230	2,8	320	4,9	64
161		2			130			220	1,2	310	2,4	39
162		3			130			220	1,9	290	2,8	45
163		4			120			210	1,9	320	3,7	56
164		5			140			220	1,5	310	2,7	40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
165	87	1	—12,1	39,0	140			220	1,0	300	1,6	29
166	87	2	—12,1	39,0	130			200	1,0	260	2,2	38
167		3			120			210	1,6	340	4,3	67
168		4			130			210	2,4	270	2,9	52
169		5			110			220	1,6	270	1,9	36
170		6			110			200	1,0	330	3,9	61
171		7			110			210	3,5	270	3,0	58
172		8			150			210	0,9	310	1,9	26
173		9			120			210	1,5	270	2,3	37
174	88	1	—11,9	39,2	130			210	4,0	290	4,5	82
175		2			120			220	6,0	290	7,9	130
176		3			120			200	1,6	300	3,8	62
177		4			120			220	4,0	280	5,0	88
178		5			110			210	4,7	300	7,7	124
179		6			120			220	5,0	300	4,6	79
180		7			110			210	4,7	290	6,1	104
181		8			120			220	5,5	300	6,5	124
182		9			130			220	3,1	300	4,3	70
183	89	1	—09,2	36,0	120			230	3,0	300	4,8	75
184		2			130			230	3,0	310	4,9	69
185		3			120			220	3,0	300	4,8	76
186	90	1	—09,0	36,2	140			200	1,0	300	2,9	44
187		2			140			200	0,9	300	1,7	21
188		3			120			210	1,8	300	4,0	62
189	91	1	—05,5	34,8	120			200	2,0	300	4,6	68
190		2			140			200	1,9	300	4,6	70
191		3			110			200	2,5	310	4,9	81
192	92	1	—05,3	35,0	130			210	1,3	320	3,0	46
193		2			140			210	0,8	290	1,7	26
194		3			130			220	3,7	310	6,4	96
195	93	1	—03,5	33,6	100	170	0,9	210	2,1	280	3,9	66
196		2			140			210	2,3	270	3,0	45
197		3			110	180	1,0	210	1,6	290	2,8	44
198		4			100	180	0,5	210	1,0	330	3,7	54
199		5			120			210	2,5	290	4,9	63
200		6			110			210	1,7	320	3,7	56
201		7			150			210	0,6	300	3,0	39
202		8			150			210	0,6	300	1,5	22
203		9			110			210	2,1	290	2,0	38
204		10			110	170	0,7	240	1,4	300	2,0	31
205		11			160			220	0,9	280	1,0	14
206		12			110	170	0,5	210	1,1	330	3,0	43
207	94	1	—03,4	33,8	120			210	2,2	300	3,5	59
208		2			110			210	2,7	290	3,8	66
209		3			140			210	2,6	300	3,8	61
210	95	1	—01,9	32,7	130			220	0,7	310	2,5	36
211		2			140			220	1,0	310	1,7	25
212		3			140	170	0,9			320	5,4	84
213	96	1	—01,7	32,9	160			230	1,6	290	2,0	31
214		2			120			230	4,7	340	7,7	121
215		3			130			230	1,5	320	2,7	63
216	97	1	—00,4	31,4	160			220	0,5	320	1,3	18
217		2			220			260	0,5	320	0,8	9
218		3			170			220	0,4	310	0,7	10
219	98	1	—00,2	31,7	110	160	0,4	210	1,9	300	2,2	34
220		2			130			220	1,0	310	2,1	29
221		3			100			200	1,5	290	2,4	44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
222	99	1	00,7	29,7	150			230	1,0	300	1,5	21
223		2			120			230	1,0	300	1,9	27
224		3			170			230	1,0	300	1,5	20
225	100	1	01,0	29,8	110	170	0,9	250	2,1	320	2,5	41
226		2			130	190	1,0			290	2,0	32
227		3			110			220	4,3	280	4,5	83
228	101	1	05,2	27,9	180					310	1,2	15
229		2			180					310	1,2	15
230		3			180					310	1,2	14
231	102	1	05,3	28,1	160					320	3,0	37
232		2			150			220	1,4	300	2,3	33
233		3			100	150	0,4	220	1,6	300	2,2	36
234	103	1	06,7	26,6	150					280	1,0	13
235	104	1	06,7	26,8	100			220	4,7	300	3,7	77
236		2			120			220	2,0	300	3,0	46
237		3			120			230	4,1	300	4,0	72
238	105	1	09,8	26,3	140			230	1,2	280	0,9	14
239	106	1	09,7	26,6	140	190	0,5	240	1,0	310	1,1	17
240	107	1	15,7	25,7	160	190	0,2			290	1,0	12
241		2			150			210	0,5	290	0,9	10
242		3			180					290	0,5	4
243	108	1	15,8	26,0	170					290	1,0	16
244		2			170					290	1,0	16
245		3			120					290	1,0	17
246	109	1	18,0	24,2	180			230	0,5	300	1,0	11
247		2			140			230	0,5	300	1,0	17
248		3			120			230	0,5	290	1,3	20
249	111	1	19,8	24,0	110	170	0,6	230	2,0	300	2,9	44
250	112	1	19,8	24,3	120			210	2,0	300	3,2	52
251	113	1	24,6	24,6	130			230	1,0	310	1,2	20
252	114	1	24,7	24,9	150			210	0,6	300	0,8	12
253	115	1	26,5	24,1	160			220	1,0	300	1,3	19
254		2			120	190	0,5			300	1,3	18
255		3			160	190	0,4	220	1,1	300	2,1	29
256	116	1	26,5	24,4	160			220	0,5	300	0,6	9
257	117	1	29,2	24,0	130	190	0,9	250	1,9	340	2,5	40
258	118	1	29,2	24,2	160			220	0,5	300	0,7	11
259	119	1	33,0	22,5	160	190	0,2	250	1,0	310	1,8	21
260	120	1	33,3	23,0	170			220	0,9	300	1,1	17
261	121	1	42,1	20,8	150			200	0,4	250	0,5	5
262	122	1	42,0	21,2	110	180	0,4	220	0,5			7
263	123	1	42,0	21,4	110	180	0,4	220	0,6	260	0,8	10
264	124	1	41,7	21,6	130	180	0,5	250	1,6	310	0,9	20
265	125	1	40,8	23,8	150			250	0,8	310	0,5	9
266	126	1	40,8	23,5	200			250	0,2	310	0,3	2
267	127	1	40,5	20,6	120	180	0,5	250	0,8	310	0,5	11
268	132	1	43,1	21,5	130	170	0,2	250	0,6	310	0,2	7
269	133	1	43,5	21,8	140	180	0,2	250	0,4			3
270	134	1	43,7	22,3			0		0		0	0
271	152	1	40,6	23,3	140			220	1,6	310	3,9	48
272		2			130			240	2,5	300	4,5	59
273		3			120			240	2,5	300	3,3	50
274	153	1	40,2	22,6	200					280	3,7	18
275	157	1	41,3	19,8			0		0		0	0
276	158	1	41,5	20,1	100	180	0,6	250	0,8			11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
277	163	1	48,5	20,0	140			250	1,6	300	1,4	23
278	164	1	47,7	18,5	120	170	1,0	240	2,9	310	2,2	43
279	166	1	45,1	18,8	130	180	0,5	250	0,9	310	0,4	10
280	168	1	44,3	19,2	100	180	1,0	250	1,9	310	1,8	31
281	169	1	45,0	19,8	120			250	2,4	310	2,3	42
282	170	1	45,2	20,0	150	190	1,0	240	1,5	300	1,4	23
283	171	1	45,5	20,4	110	180	2,0	220	3,1	310	2,3	47
284	172	1	45,8	20,5	120			200	3,8	300	2,5	54
285	173	1	45,4	20,7	110	160	0,5	220	2,0	310	2,3	37
286	174	1	45,1	19,4	100	160	0,4	230	1,9	310	1,5	28
287	175	1	41,5	20,4	120	190	0,4	250	1,2	310	1,4	21
288	176	1	40,5	20,8	150			250	1,0			11
289		2			130	170	0,7	240	1,5	300	2,3	32
290		3			110			220	1,2	290	1,9	29
291	178	1	46,0	17,7	110	180	0,5	270	3,5	320	1,6	29
292		2			140	180	0,5	270	2,1	320	2,0	31
293	179	1	45,7	18,1	110			200	6,9	300	7,0	115
294	207	1	48,3	24,0	120			230	4,2	310	5,6	88
295		2			100			230	14,8	300	10,6	197
296		3			130			230	7,5	300	9,8	145
297	208	1	48,1	24,1	100			210	5,0	300	3,7	82
298		2			110			220	4,5	300	4,4	87
299		3			100			210	5,2	300	3,8	85
300	212	1	46,3	24,2	120	170	0,6	250	1,9			30
301		2			100	170	0,5	250	1,6	320	1,5	28
302		3			120	170	0,5	240	1,4	320	0,7	16
303	214	1	45,4	24,3	120			210	1,0	290	1,2	20
304		2			120			210	1,2	290	1,0	16
305		3			120			210	1,0	290	1,0	15
306	216	1	44,5	24,5	160			220	0,5	320	0,7	11
307		2			170			220	0,5	320	0,7	12
308		3			150			220	0,5	320	0,7	12
309	219	1	43,6	24,6	170			250	0,6			7
310		2			190			250	0,6			5
311		3			150			210	2,1			28
312	221	1	43,0	24,8	130			210	3,8	280	3,0	51
313		2			120			210	8,2	280	5,6	102
314		3			120			200	7,5	280	4,5	88
315	223	1	42,1	25,0	170					300	0,5	5
316		2			230					300	0,4	4
317		3			200					300	0,4	5
318	224	1	41,6	25,0	140					300	0,8	11
319		2			240					300	0,2	1
320		3			240					280	0,1	1
321	226	1	41,1	25,2	110			210	5,6	300	4,3	94
322		2			100			200	51			548
323		3			120			210	7,1	290	4,8	108
324		4			100			210	46,5	250	34,5	568
325		5			110			200	18			199
326		6			100			200	61,5	260	30	605
327		7			110			220	4,2	280	3,9	71
328		8			100			220	7,9	300	5,3	110
329		9			120			220	5,5	290	4,5	85
330	240	1	37,0	19,5	170			240	0,5	310	0,5	7
331	248	1	35,8	19,7	150	180	0,5	220	1,0	280	2,0	30
332	250	1	35,8	19,3	100	150	0,4			300	2,2	32
333	274	1	33,8	21,9	110	170	0,4	220	1,0	320	1,8	29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
334	284	1	33,1	22,1	120	170	0,4	220	1,0	320	2,0	31
335	285	1	33,5	23,0	160			220	1,0	320	1,6	24
336	286	1	33,9	23,6	110			220	5,0	310	6,1	96
337		2			100			220	5,9	310	4,7	94
338		3			140			230	2,5	310	4,0	56
339	287	1	34,2	22,8	150					280	0,9	11
340	288	1	34,4	21,8	170	180	0,1	250	0,5	320	0,7	8
341	289	1	34,5	21,1	140	180	0,4	230	1,0	300	1,8	25
342	290	1	34,8	21,0	180	200	0,2	260	1,0	320	1,5	14
343	291	1	35,2	20,7	150			260	2,0	320	2,7	35
344	319	1	35,0	21,7	100	150	0,5	250	2,9	310	3,7	60
345	334	1	39,5	33,9	130	150	0,4	230	2,5	320	2,4	43
346		2			100			250	2,6	310	3,2	49
347		3			100			210	16,0	260	20,4	261
348		4			100			230	4,0	310	4,4	76
349		5			110			230	4,4	310	4,6	75
350	335	1	39,6	34,3	140			230	4,0	320	7,1	102
351		2			100			230	7,8	310	8,5	151
352		3			120			230	5,2	320	7,3	114
353	336	1	40,5	34,5	100			220	7,7	320	6,0	131
354		2			130			210	3,9	320	3,7	73
355		3			110			220	4,4	300	4,7	88
356	338	1	41,4	32,9	120			230	2,5	320	3,2	46
357		2			100			220	4,4	320	3,7	81
358		3			140			250	2,0	320	2,7	37
359	352	1	37,8	20,4					0		0	0
360	358	1	55,6	57,5	120			220	6,0			95
361		2			110			210	11,7			153
362		3			100			210	10,0	290	5,6	133
363		4			100			210	11,5	290	9,3	196
364		5			120			210	8,2	290	5,5	116
365	359	1	57,5	62,2	110			220	3,7	320	3,6	74
366		2			110	170	0,5			300	2,8	49
367		3			100			220	16,0			194
368		4			120			210	4,4	320	3,2	66
369		5			100			210	14,2			152
370		6			120			220	3,5	280	3,9	69
371		7			120			230	5,0	340	5,8	96
372	363	1	50,7	68,7	140			250	1,1	320	0,9	16
373		2			140			250	1,0	320	1,1	16
374		3			200			250	0,5	320	0,5	7
375		4			170			250	0,6	320	0,6	8
376		5			160					320	1,1	13
377	388	1	39,0	20,9	210					280	0,3	2
378	389	1	39,0	21,1	170					310	0,7	10
379	390	1	39,0	21,3	200			270	0,5	330	0,7	7
380	392	1	21,7	43,0	170	190	0,1	220	0,1	280	0,4	3
381	393	1	22,5	41,0	100			210	19,5	270	8,0	191
382		2			110			220	11,6	300	3,0	110
383		3			120			220	7,0	300	2,6	76
384		4			100			220	16,0			165
385	394	1	22,5	36,9	190			240	0,4	310	0,6	7
386	395	1	27,2	34,5	100			220	9,9	300	7,2	147
387	396	1	56,8	20,6	130			210	4,9	300	3,8	79
388	397	1	52,3	21,2	130					300	5,6	99
389	398	1	49,0	21,7	100			250	2,9	320	2,4	44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
390	402	1	41,8	34,4	100			210	11,1	300	7,9	181
391		2			100			210	5,8	300	7,8	134
392		3			100			210	17,3	300	12,5	289
393		4			100			210	6,8	310	9,6	167
394	403	1	41,6	32,5	110			210	33,5	270	18,5	401
395		2			110			210	11,5	300	8,8	194
396		3			110			210	7,7	300	6,2	130
397		4			110			210	15,5	300	10,8	246
398	406	1	39,0	4,0	150	200	0,5	250	0,9	320	0,6	12
399	407	1	39,4	11,5	100			210	14,5	270	12,0	227
400		2			110			210	30,0	290	17,0	387
401		3			100			230	22,5	270	24,5	457
402		4			100			180	69,0	260	52,5	853
403		5			110			220	7,5			121
404		6			120			210	9,9	290	7,7	146
405		7			100			210	28,0			308
406		8			110			210	10,5	280	7,5	147
407		9			120			220	9,5	280	8,0	165
408		10			100			210	12,8	290	6,2	156
409	410	1	47,5	0,8	140			220	0,9	300	1,0	16
410	413	1	45,2	6,3	110	170	0,5	220	1,0	310	1,8	26
411	414	1	43,8	9,0	120	170	0,5	230	1,0	310	0,6	14
412	418	1	40,6	21,8	130	160	0,5	220	1,4	300	2,1	33
413		2			120	160	0,5	230	2,0	300	2,5	37
414		3			140	170	0,4	210	0,9	290	1,3	18
415	421	1	38,0	50,4	100			220	18,2			297
416		2			109			220	15,5	290	13,5	231
417		3			100			230	14,3	270	13,5	227
418		4			110			230	11,5	270	8,2	147
419		5			110			230	11,4	300	9,0	191
420	422	1	38,2	48,8	119			220	2,0	300	2,3	42
421		2			110			220	2,0	300	2,2	40
422		3			110			220	4,5			84
423		4			110			220	2,0	300	1,9	37
424		5			110			220	2,0	300	2,2	40
425	423	1	38,0	47,3	110			210	2,0	280	2,8	41
426		2			110			220	1,6	280	1,7	31
427		3			110			220	3,3	280	3,6	60
428	424	1	38,9	45,2	120			240	3,7	320	6,0	85
429		2			130	170	0,4	250	1,5	310	2,2	30
430		3			120	170	1,0	240	2,2	320	3,7	56
431	425	1	38,8	43,1	120	190	1,4			270	2,3	42
432		2			110			210	2,0	280	3,4	57
433		3			100			220	4,1	280	3,8	79
434		4			100	190	1,8			280	4,0	68
435		5			110			220	3,5	280	3,7	66
436	426	1	38,6	40,8	120			210	6,3	320	4,5	101
437		2			110			210	7,6	300	6,4	132
438		3			100			270	8,8	320	8,1	152
439	427	1	38,7	38,8	100					300	7,2	125
440		2			100			210	3,5	310	5,6	94
441		3			110			210	3,6	310	5,3	87
442	428	1	39,1	37,1	100			200	6,2	300	5,1	119
443		2			100			200	7,7	300	5,4	127
444		3			100			200	5,0	310	6,1	104
445	429	1	38,9	35,8	100	170	0,8	220	1,8	320	2,1	36
446		2			100	170	0,7	220	1,6	320	2,8	43

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
447		3			120	170	0,6	220	1,6	320	2,2	35
448	430	1	39,1	34,0	120			210	3,0	300	2,4	67
449		2			100			200	7,7	300	4,3	111
450		3			100			210	7,7	300	6,3	141
451	431	1	39,7	31,5	100			210	8,5	260	9,1	153
452		2			100			210	7,7	300	5,6	123
453		3			100			210	28,0	300	11,0	341
454		4			100			210	12,8	300	10,0	219
455		5			100			210	13,8	290	10,3	232
456	432	1	40,4	29,3	100			200	44,5			556
457		2			120			210	8,5	290	6,3	133
458		3			100			210	15,5	270	15,1	276
459		4			120			210	5,8	290	5,5	102
460		5			120			250	6,2	300	5,1	103
461	433	1	39,3	25,3	120			210	4,5	270	3,2	65
462		2			120			210	6,5	270	3,2	78
463		3			100			190	13,5	270	5,5	145
464		4			130			210	2,6	280	2,0	37
465		5			120			200	7,3	290	2,9	82

Примечание. T_0 — температура начала термовысвечивания, °C; T_1, T_2, T_3 — температуры первого, второго и третьего максимумов термоллюминесценции, °C; I_1, I_2, I_3 — интенсивности максимумов, усл. ед.; S — светосумма термоллюминесценции, усл. ед.; x — координата направления юг — север; y — то же, запад — восток (система координат по В. Г. Фасту и соавторам [1967]).

тепловой, так и жесткой компонент в спектре излучения Тунгусского взрыва [Васильев и др., 1976; Дмитриев, Журавлев, 1984; Зенкин, Ильин, 1964; Иванов, Костенко, 1984; Цынбал, Шнитке, 1986]. Поэтому оправдан интерес к использованию возможностей термоллюминесцентного (ТЛ) детектора (и, вероятно, ТЛ-дозиметра) для обнаружения наличия и степени воздействия такого излучения на подстилающую поверхность. Изучение ТЛ-траппов [Васильев и др., 1976] и почв [Бидюков, 1988] района Тунгусской катастрофы показало, что они зафиксировали определенные аномалии в распределении параметров ТЛ по полю района.

Ранее один из авторов настоящей статьи [Бидюков, 1988] выявил две особенности в распределении светосумм ТЛ минеральной составляющей почвенных проб, приуроченных к эпицентру вывала леса: повышение уровня термовысвечивания в зоне до 15 км вокруг эпицентра и более локальное его ослабление в 6-километровой зоне вокруг особой точки: эпицентра вывала.

В настоящей публикации производится подробный анализ всех имеющихся на сегодняшний день данных, включающий выделение зон выраженного и аномально высокого проявления эффекта, а также в связи с зоной ожоговых повреждений веток лиственниц. Предполагается, что на исследуемой территории действовали два фактора: неизвестный фактор, стимулирующий ТЛ, и тепловое воздействие, производящее отжиг, т. е. существенно ослабляющее ТЛ.

Расширенный и уточненный каталог параметров ТЛ минеральной фракции почв исследуемого района приведен в табл. 1. Представлены данные по 465 навескам для 193 проб. Общая схема расположения проб дана ниже (см. рис. 3). Из-за ограниченности объема публикации осредненные данные для каждой пробы не даются, хотя вся обработка ведется для осредненных результатов. Читатель может воспроизвести осреднение самостоятельно.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПАРАМЕТРОВ ТЛ

Разрушение Тунгусского космического тела на заключительном участке траектории сопровождалось мощным тепловым воздействием на земную поверхность. Оценка характера такого воздействия, его параметров и границ проявления дается в ряде основополагающих работ по проблеме [Воробьев, Демин, 1976; Воробьев и др., 1967; Разин, 1976; Ильин и др., 1967]. Учитывая результаты этих исследований, естественно в первом приближении принять в качестве зоны интенсивного теплового воздействия, повлиявшего на ослабление ТЛ, именно зону ожога.

Результаты статистической обработки параметров ТЛ для проб, взятых в зоне ожога (ЗО) и вне ее, даны в табл. 2 и в корреляционной матрице:

Коэффициенты корреляции между параметрами ТЛ

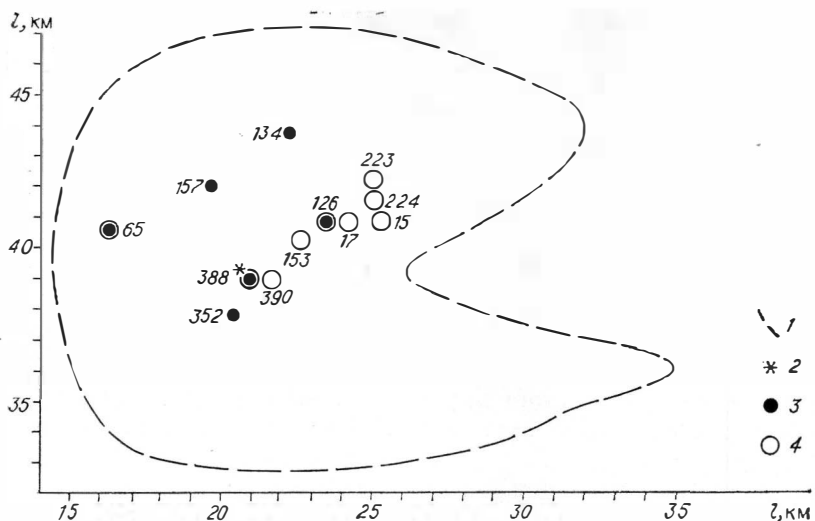
В зоне ожога				Вне зоны ожога			
	I_1	I_2	I_3		I_1	I_2	I_3
S	—0,05	0,94	0,84	S	—0,25	0,94	0,94
	I_1	0	0		I_1	—0,23	—0,23
		I_2	0,68			I_2	0,68

Как видно из табл. 2, средняя по S , I_2 , I_3 в зоне ожога заметно ниже, чем вне ее. Для S среднее вне ЗО в 1,94 раза выше, чем в ЗО; для I_2 и I_3 аналогичные отношения совпадают и равны 1,8. Таким образом, интенсивность второго и третьего пиков

Т а б л и ц а 2

Статистические параметры ТЛ

Параметры	min	max	Среднее	Параметры	min	max	Среднее
В зоне ожога ($m = 98$)				Вне зоны ожога ($m = 95$)			
S	0	265	34,79	S	3	297	67,61
I_1	0	2	0,21	I_1	0	1,1	0,14
I_2	0	23	2,01	I_2	0	21,4	3,63
I_3	0	9,7	1,92	I_3	0	13,5	3,52



Р и с. 1. Положение проб с аномально низкой ТЛ.

1 — граница ожога; 2 — эпицентр взрыва; 3 — пробы с низкой светосуммой (0 — 2 усл. ед.); 4 — пробы с началом ТЛ 200 °С и выше. Цифры — номера проб.

ТЛ в ЗО ослабляется в одинаковой степени. Весьма интересен и тот факт, что отношение средней интенсивности второго пика к средней интенсивности третьего в ЗО и вне ее практически совпадают: в ЗО имеем $2,01 : 1,92 = 1,04$ и вне зоны $3,63 : 3,52 = 1,03$.

Сделанное наблюдение позволяет с достаточной уверенностью считать, что неучтенные колебания минерального состава шлиха не оказали существенного влияния на результаты анализа.

Итак, если в исследуемом районе существует наведенная Тунгусским взрывом ТЛ, то ЗО — место действия двух факторов: наведения ТЛ и ее «стирания». Не исключено также, что в ЗО действовал лишь один фактор — тепловой, приведший к существенному ослаблению естественной природной ТЛ.

Интенсивность первого пика занимает особое, независимое от других параметров положение, в то время как остальные параметры тесно связаны между собой (см. табл. 3).

Еще одним важным свидетельством отжига ТЛ именно внутри ЗО, а не вне ее (например, в местах, где был пожар 1908 г.) служит тот факт, что минимальное значение светосуммы в ЗО составляют 0 усл. ед., а вне ее — 3 усл. ед. Имеется шесть проб внутри ЗО (65; 126; 134; 157; 352; 388), где $S = 0,1$ и 2 усл. ед. Все они образуют компактное поле, приуроченное к участку особо сильного ожога, указанному в работе [Львов, Васильев, 1976] (рис. 1).

По-видимому, это свидетельствует о высокотемпературном отжиге с температурами много выше пожарных. В то же время нельзя отрицать влияния пожаров на ослабление ТЛ, на что

указывают и авторы работ [Морозов, 1968; Овчинников, Максенов, 1963]. Вне ЗО есть две пробы (97; 363), у которых температура начала ТЛ составляет 220 и 200 °С соответственно, что явно свидетельствует об отжиге. Однако их светосуммы гораздо выше (12 усл. ед.), чем у указанных шести проб. Все остальные пробы, у которых температура начала ТЛ выше или равна 220 °С, находятся в ЗО в указанном ранее участке особо интенсивного ожога.

Воздействие стимулирующего ТЛ-фактора

Чтобы качественно охарактеризовать степень предполагаемого воздействия неизвестного фактора, попытаемся разбить массив данных на три группы, соответственно пробам с: аномально высокими значениями параметров; выраженным проявлением эффекта; отсутствием заметного эффекта (проявления неизвестного фактора).

Из сказанного ранее о возможном действии двух факторов в ЗО вытекает, что для нахождения граничных значений параметров для этих групп необходимо проанализировать выборку, состоящую из проб, не входящих в ЗО. Для нахождения проб с аномально высокими значениями параметров ТЛ использована процедура оптимального трехзначного кодирования, описанная ниже.

Процедура оптимального трехзначного кодирования

Процедура применялась ранее в геологии при выделении геохимических аномалий и морфологических типов рельефа.

Для выделения аномально высоких значений характеристик термолуминесценции минеральной фракции почв данные по S , I_1 — I_3 вне зоны ожога (95 проб) были подвергнуты процедуре оптимального трехзначного кодирования по типичности. Цель применения процедуры — разбить множество значений признака на три части (т. е. типичные значения, значения меньше типичных и значения больше типичных). Ее рационально применять в тех случаях, когда фактический материал не дает достаточных оснований предполагать существование функции распределения, тем более утверждать что-либо о виде этой функции. Следует отметить также, что для применения данной процедуры не нужно задавать длину шага, в отличие от методов анализа данных, связанных с построением гистограмм. Дадим описание процедуры*.

Пусть у объектов $s_1, \dots, s_m$ признак X принимает значения $z_1, \dots, z_m$, представляющие собой действительные числа. Трехзначное кодирование определяется указанием его левой и правой границ, т. е. чисел X^- и X^+ , делящих диапазон изменения на три,

* Процедура разработана В. О. Красавчиковым при участии П. С. Лапина. Программа на языке ФОРТРАН составлена С. С. Передерий.



Р и с. 2. Выделение границ диапазона изменения признака X .

возможно неравные, части (рис. 2). Здесь $z^{\min}$ и $z^{\max}$ — наименьшее и наибольшее из чисел $z_1, \dots, z_m$ соответственно, $z^{\min} \neq z^{\max}$. Для определенности будем полагать, что как

X^- , так и X^+ относятся к центральному отрезку (типичных значений). Точки левого интервала $[z^{\min}, X^-]$ будем кодировать нулем, центрального $[X^-, X^+]$ — единицей, правого $(X^+, z^{\max}]$ — двойкой (квадратная скобка указывает, что граничная точка интервала включается в этот интервал, а круглая — что не включается). Процедура выбора X^- и X^+ основана на отыскании максимумов разности плотностей размещения точек из множества $z_1, \dots, z_m$ при разбиении интервала $(z^{\min}, z^{\max})$ на две части. Для ее описания нам понадобятся некоторые вспомогательные определения.

Пусть $z^{\min} < x < z^{\max}$. Тогда $n^+(x)$ — число точек z_i , для которых $z_i > x$; $n^0(x)$ — число точек z_i , для которых $z_i = x$; $n^-(x)$ — число точек z_i , для которых $z_i < x$; z^- — максимальное из z_i , слева от которого не более $m/2$ точек; z^+ — минимальное из z_i , справа от которого не более $m/2$ точек.

В дальнейшем предполагается, что $z^- < z^{\max}$ и $z^+ > z^{\min}$. В частности, это исключает ситуацию, когда не менее половины выборки сосредоточено в концевой точке диапазона.

Определение 1. Множество Z точек $z_1, \dots, z_m$ рассекаемо справа, если хотя бы для одного x , $z^+ \leq x < z^{\max}$

$$\frac{n^-(x) + n^0(x)}{x - z^{\min}} - \frac{n^+(x)}{z^{\max} - x} > 0.$$

Множество Z точек $z_1, \dots, z_m$ рассекаемо слева, если хотя бы для одного x , $z^{\min} < x \leq z^-$

$$\frac{n^+(x) + n^0(x)}{z^{\max} - x} - \frac{n^-(x)}{x - z^{\min}} > 0.$$

Определение 2. Правой границей кодирования рассекаемого справа множества Z называется точка X^+ , $z^+ \leq X^+ < z^{\max}$, в которой функция

$$\varphi^+(x) = \frac{n^-(x) + n^0(x)}{x - z^{\min}} - \frac{n^+(x)}{z^{\max} - x}$$

принимает в интервале $[z^+, z^{\max})$ наибольшее значение. Если φ^+ принимает наибольшее значение более чем в одной точке интервала $[z^+, z^{\max})$, то в качестве X^+ берется наибольшая из таких точек.левой границей кодирования рассекаемого слева множества Z называется точка X^- , $z^{\min} < X^- \leq z^-$, в которой функция

$$\varphi^-(x) = \frac{n^+(x) + n^0(x)}{z^{\max} - x} - \frac{n^-(x)}{x - z^{\min}}$$

принимает в интервале $(z^{\min}, z^-]$ наибольшее значение. Если φ^- принимает наибольшее значение более чем в одной точке, то в качестве X^- берется наименьшая из таких точек.

Определение 3. Множество Z точек $z_1, \dots, z_m$ допускает трехзначное кодирование по типичности, если оно рассекаемо слева и справа, $X^- \leq X^+$ и в отрезке $[X^-, X^+]$ находится более половины точек множества Z .

Утверждение 1. Пусть $z^- < z^{\max}$, $z^{\min} < z^+$ и x — произвольная точка интервала $(z^{\min}, z^{\max})$, отличная от $z_1, \dots, z_m$. Тогда если $x \leq z^-$, то $\varphi^-(x) < \varphi^-(z_e)$, где z_e — наименьшая из превосходящих x точек множества Z ; если $x \geq z^+$, то $\varphi^+(x) < \varphi^+(z_k)$, где z_k — наибольшая из не превосходящих x точек множества Z .

Доказательство. Пусть $x \neq z_i$ ни для какого i , z_k — наибольшая, не превосходящая x , и z_e — наименьшая из превосходящих x точек множества $z_1, \dots, z_m$. Очевидно, что $n^0(x) = 0$, $n^+(x) = n^0(z_e) + n^+(z_e)$, $n^-(x) = n^-(z_e)$. Из определения z_e и по условию доказываемого утверждения имеем $x \leq z_e \leq z^- < z^{\max}$, откуда получаем, что $z_e \neq z^{\max}$, поэтому

$$\begin{aligned} \varphi^-(x) &= \frac{n^+(x) + n^0(x)}{z^{\max} - x} - \frac{n^-(x)}{x - z^{\min}} = \frac{n^0(z_e) + n^+(z_e)}{z^{\max} - x} - \frac{n^-(z_e)}{x - z^{\min}} < \\ &< \frac{n^0(z_e) + n^+(z_e)}{z^{\max} - z_e} - \frac{n^-(z_e)}{z_e - z^{\min}} = \varphi^-(z_e), \end{aligned}$$

т. е. доказано, что $\varphi^-(x) < \varphi^-(z_e)$.

Очевидно также, что $n^+(x) = n^+(z_k)$, $n^-(x) = n^0(z_k) + n^-(z_k)$. Поэтому, так как при $x \geq z^+$ и $z^{\min} < z^+$ всегда $z_k \neq z^{\min}$, имеем

$$\begin{aligned} \varphi^+(x) &= \frac{n^-(x) + n^0(x)}{x - z^{\min}} - \frac{n^+(x)}{z^{\max} - x} = \frac{n^-(z_k) + n^0(z_k)}{x - z^{\min}} - \frac{n^+(z_k)}{z^{\max} - x} < \\ &< \frac{n^-(z_k) + n^0(z_k)}{z_k - z^{\min}} - \frac{n^+(z_k)}{z^{\max} - z_k} = \varphi^+(z_k). \end{aligned}$$

Утверждение доказано.

Из доказанного с очевидностью вытекает, что для поиска наибольших значений функций φ^- , φ^+ в интервалах $(z^{\min}, z^-]$, $[z^+, z^{\max})$ достаточно ограничиться вычислением φ^- , φ^+ в некоторых точках множества Z , отличных от $z^{\min}$ и $z^{\max}$. Тем самым отыскание X^- , X^+ (как и установление факта нерассекаемости Z) может быть проведено за конечное число шагов с помощью очевидной (и легко программируемой) процедуры.

Примечание. Может возникнуть ситуация, когда Z рассекаемо только справа или только слева. В этом случае трехзначное кодирование вырождается в бинарное. Однако применять его следует при некотором специальном предварительном преобразовании

данных, поскольку «лобовое» использование процедуры для бинарного кодирования приводит к неудовлетворительным результатам *.

Пусть, например, множество Z рассекаемо справа, но не рассекаемо слева. Положим для $z_i \neq z^{\min}$

$$z'_i = z^{\min} - (z_i - z^{\min}).$$

Добавим к точкам множества Z все точки z'_i указанного вида и обозначим полученное множество через Z' . Множество Z' , как легко проверить, рассекаемо справа и слева, причем правая и левая границы симметричны относительно $z^{\min}$. В качестве границы бинарного кодирования множества Z принимается правая граница кодирования X^+ множества Z' . Z допускает оптимальное бинарное кодирование справа, если больше половины точек z_i множества Z удовлетворяет неравенству $z_i \leq X^+$.

Аналогичным образом определяем оптимальное бинарное кодирование слева.

Как в трехзначном, так и в бинарном случае аномально высокими считаются значения $z_i > X^+$.

Выделение проб с аномально высокими значениями параметров ТЛ

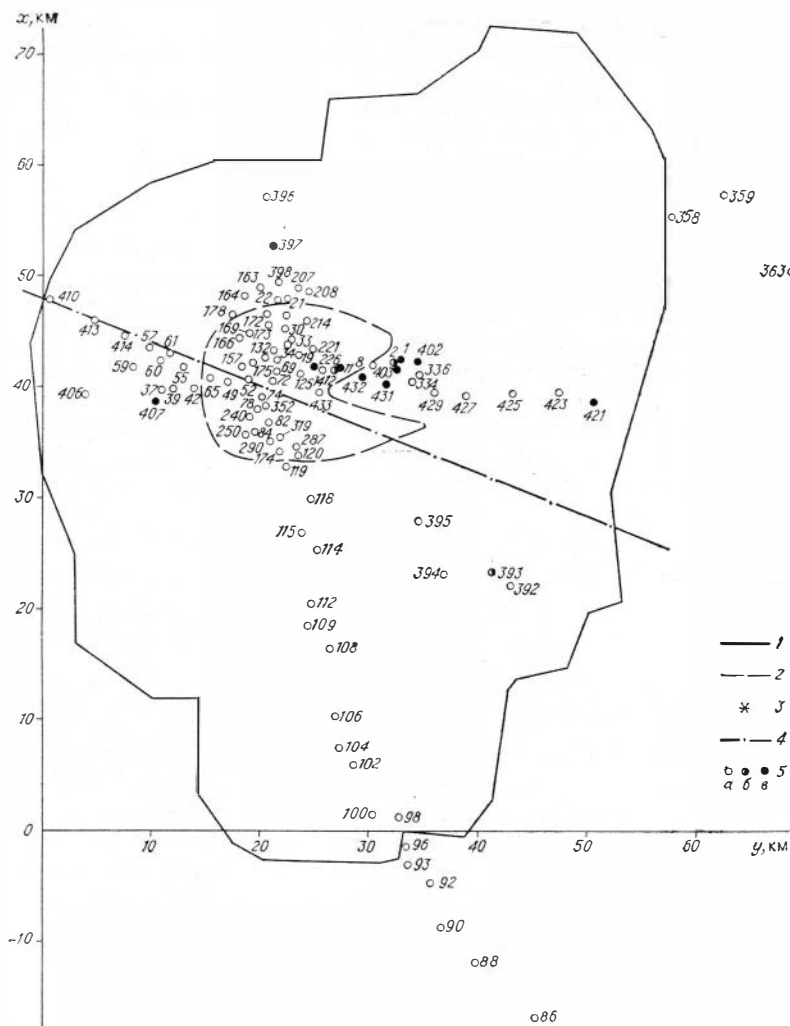
В результате применения описанной процедуры к массиву данных для проб, лежащих вне ЗО, оказалось, что данные по I_1 не допускают оптимального трехзначного кодирования (свыше половины значений сосредоточено в левом конце диапазона). Данные по S , I_2 , I_3 не рассекаемы слева, т. е. с помощью этой процедуры удалось выделить только аномально высокие значения:

Границы аномально высоких значений параметров ТЛ

	S	I_2	I_3
X^+	147	10,3	9,5

Распределение проб с аномально высокими значениями параметров ТЛ по территории (включая зону ожога) показано на рис. 3. Всего таких проб 12, из них три лежат в ЗО. Особо выделены пробы, которые имеют лишь одно аномально высокое значение из трех возможных, т. е. недостаточно надежные. Пробы с аномально высокими значениями в значительной мере сосредоточены в так называемой зоне особого (или слабого) ожога [Львов, Васильев, 1976, с. 54], что лишний раз подтверждает ее существо-

* На это нам любезно указал А. Д. Соколов.

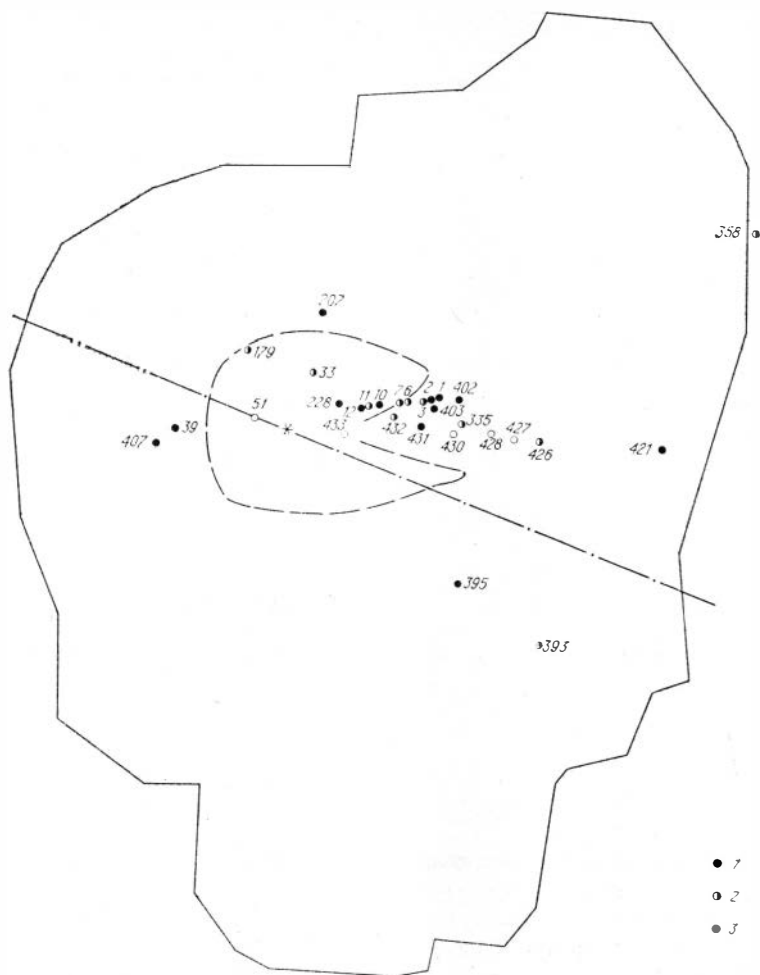


Р и с. 3. Распределение проб с аномально высокими значениями параметров ТЛ.

1, 2 — границы вывала леса по В. Г. Фасту и соавторам [1967] (1) и термического ожога ветвей деревьев по А. Г. Ильину и соавторам [1967] (2); 3 — эпицентр взрыва по В. Г. Фасту и соавторам [1967]; 4 — ось симметрии вывала; 5 — пробы (а — не давшие эффекта усиления ТЛ, б — аномальные по трем и двум признакам, в — по одному). Цифры — номера проб.

вание, а в целом их расположение достаточно хорошо коррелирует с осью симметрии вывала (см. рис. 3).

Следующее важное обстоятельство — то, что ни у одной из 12 проб с аномально высокими значениями параметров ТЛ нет первого пика! Отсюда можно предположить, что наличие первого пика свидетельствует об отсутствии выраженного проявления стимулирующего ТЛ фактора.



Р и с. 4. Распределение проб с выраженным проявлением эффекта стимуляции ТЛ.

1—3 — эффект выражен по трем (1), по двум (2) и по одному (3) признаку, Ост. усл. обозн. см. на рис. 3.

Учет первого пика

Пробы с наличием первого пика распространены по всей территории исследуемого района. В 30 их 41, вне ее — 29. Как и ранее, для выяснения ситуации с первым пиком воспользуемся данными по пробам, находящимся вне 30.

Результаты обработки данных для проб, лежащих вне 30, с наличием первого пика и без него представлены в табл. 3.

Как видим, средние значения S , I_2 , I_3 в 2 раза выше у проб без первого пика. Кроме того, и максимальные значения существ-

Статистические параметры ТЛ

Пара-метр	min	max	Сред-нее	Пара-метр	min	max	Сред-нее
Д л я п р о б с п е р в ы м п и к о м ($m = 29$)				Д л я п р о б б е з п е р- в о г о п и к а ($m = 66$)			
S	3	101	37,24	S	4	297	80,97
I_2	0	6,7	1,75	I_2	0	21,4	4,46
I_3	0	7,0	2,2	I_3	0	13,5	4,1

венно выше: так, светосумма у проб с первым пиком пробегает только первую треть диапазона изменения S . Сказанное позволяет с достаточной уверенностью принять, что если у пробы значения S , I_2 , I_3 не превосходят 101; 6,7; 7,0 соответственно, то для нее отсутствует выраженное проявление стимулированной ТЛ. Если же одно из значений S , I_2 , I_3 больше указанных выше, то можно считать, что это проба с выраженным проявлением эффекта стимулированной ТЛ. Расположение проб с выраженным проявлением эффекта и проб с аномально высокими значениями S , I_2 , I_3 представлено на рис. 4. Их приуроченность к оси симметрии вывала и другим юго-восточным вариантам проекции траектории пролета ТКТ не вызывает сомнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основные результаты работы сводятся к следующему:

интенсивность проявления ТЛ в ЗО в 2 раза ниже, чем в районе исследований за ее пределами. Внутри ЗО обнаружена область интенсивного отжига ТЛ, совпадающая с зоной максимальных ожоговых повреждений веток лиственниц. В этой области сосредоточены все точки с нулевой и близкой к ней ТЛ. Все это позволяет считать, что в зоне ожога произошло существенное ослабление первоначально стимулированной явлением 1908 г. (либо естественной) термолюминесценции;

выделена зона аномально высоких значений ТЛ и более широкая зона выраженного проявления стимулирующего ТЛ фактора, тяготеющие к оси симметрии вывала;

концентрация значительной части аномально высоких значений ТЛ на восточном участке зоны ожоговых повреждений веток подтверждает наличие в этом месте слабого ожога.

Сравним данные по термолюминесценции траппов и почв. Учитывая выводы работы [Васильев и др., 1976], следует отметить главный общий момент: первоначально наведенная неизвестным стимулирующим фактором ТЛ затем маскируется более мощным эффектом, ее ослабляющим. Н. В. Васильев и соавторы [1976] главным ослабляющим ТЛ фактором считают действие

ударной волны. Однако этот тезис представляется малоубедительным, поскольку для заметного изменения ТЛ требуются гораздо большие давления. В то же время связь с термическим отжигом достаточно обоснована и для траппов. Так, общая светосумма ТЛ траппов вне ЗО (даже без учета четырех восточных «ураганных» проб) в 2,1 раза выше, чем в ЗО (см. табл. 1 в работе [Васильев и др., 1976]). Пять из семи минимальных значений светосумм ТЛ траппов лежат в ЗО на юго-западном участке всей той же области максимальных ожоговых повреждений веток. Наличие в ЗО проб с повышенными значениями ТЛ не противоречит концепции двухфакторной стимулирующе-стирающей ТЛ модели.

Приведенные соображения показывают, что складывающиеся по двум методикам (шлих и трапп) картины проявления эффектов скорее дополняют друг друга, чем противоречат.

Авторы благодарят всех участников полевых групп, работавших по программе «Термолюм» на протяжении 1976—1986 годов, и выражают признательность В. К. Журавлеву и Ю. В. Киму за советы и обсуждение результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бидюков Б. Ф. Термолюминесцентный анализ почв района Тунгусского падения // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988.— С. 96—104.
- Васильев Н. В., Журавлев В. К., Демин Д. В. и др. О некоторых аномальных эффектах, связанных с падением Тунгусского метеорита // Космическое вещество на Земле.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— С. 71—87.
- Воробьев В. А., Демин Д. В. Новые результаты исследования термических поражений лиственниц в районе падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 58—63.
- Воробьев В. А., Ильин А. Г., Шкута Б. Л. Изучение термических поражений веток лиственниц, переживших Тунгусскую катастрофу // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 110—117.
- Дмитриев А. И., Журавлев В. К. Тунгусский феномен 1908 года — вид солнечно-земных взаимосвязей.— Новосибирск: ИГиГ, 1984.— 144 с.
- Зенкин Г. М., Ильин А. Г. О лучевом ожоге деревьев в районе взрыва Тунгусского метеорита // Метеоритика.— 1964.— Вып. 24.— С. 129—140.
- Иванов Г. А., Костененко В. И. Возможные последствия воздействия солнечной радиации в момент падения Тунгусского метеорита // Метеоритные исследования в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.— С. 80—82.
- Ильин А. Г., Воробьев В. А., Байер В. В. Связь параметров поражений веток лиственниц со световой энергией // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 105—109.
- Львов Ю. А., Васильев Н. В. Лучистый ожог деревьев в районе падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 53—57.
- Морозов Г. В. Определение относительного возраста антропогенных отложений Украины термолюминесцентным методом.— Киев: Наукова думка, 1968.— 204 с.

- Овчинников Л. Н., Максенков В. Г.** Термолюминесценция минералов и факторы, влияющие на ее интенсивность // Труды Первого уральского петрографического совещания.— Свердловск, 1963.— Т. 1.— С. 363—392.
- Разин С. А.** Оценка координат источника ожоговых повреждений по распределению интенсивности поражающего воздействия в районе падения Тунгусского метеорита // Космическое вещество на Земле.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— С. 66—71.
- Фаст В. Г., Бояркина А. П., Бакланов М. В.** Разрушения, вызванные ударной волной Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 62—104.
- Цынбал М. Н., Шнитке В. Э.** Газовоздушная модель взрыва Тунгусской кометы // Космическое вещество и Земля.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.— С. 98—117.

С. П. Голенецкий, В. В. Степанок, А. П. Бояркина

БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ РАЙОНА ТУНГУССКОЙ КАТАСТРОФЫ 1908 г.

Имеющиеся данные по составу Тунгусского космического тела (ТКТ) [Голенецкий и др., 1981] свидетельствуют о том, что оно было значительно обогащено преимущественно биофильными химическими элементами: N, S, C, H, O, B, Zn, Na, Cl, K, Mn, P, Se, Ge, Br, Ta, Cd, Co, Rb и др. Это дает основание предполагать, что основная масса вещества ТКТ (как выпавшая в районе катастрофы, так и рассеянная на значительные расстояния) к настоящему времени ассимилирована биотой и, возможно, так или иначе мигрирует в ней.

Коэффициенты обогащения сфагновых мхов из пяти районов некоторыми микроэлементами приведены в таблице. Исследовался суммарный прирост биомассы мхов за последние 30—50 лет с осреднением по пяти—семи точкам в каждом районе. Сухая биомасса анализировалась методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа. Полученные значения коэффициентов обогащения практически одинаковы для четырех обследованных районов. Исключение составляет только район Тунгусской катастрофы 1908 г., где мхи существенно обогащены S, K, Ca, Cu, Zn, As, Br и рядом других микроэлементов за счет имевшего здесь место выпадения значительной массы вещества ТКТ. Тот факт, что указанными элементами обогащены не только относящиеся к 1908 г., но и более молодые слои моховой залежи, свидетельствует о том, что некоторая часть выпавшего вещества в течение ряда лет вертикально мигрировала и, возможно, делает это до сих пор.

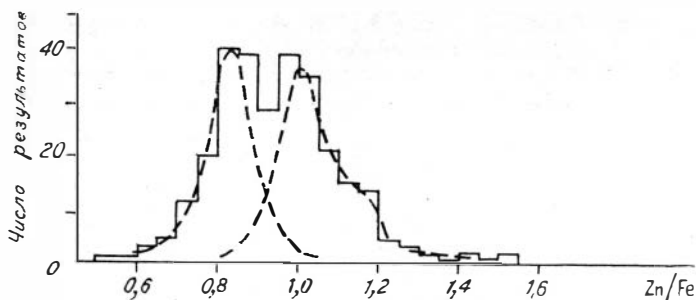
Кроме мха вероятными депо вещества ТКТ могут быть также древесина, опад (лесная «подстилка»), питающиеся преимущест-

Коэффициенты обогащения минеральной составляющей сфагновых мхов из различных районов СССР

Элемент	Место отбора проб				
	Ханты-Ман- сийский нац. округ, д. Яр- ки	Омская об- ласть, г. Та- ра	Томская об- ласть, пос. Ягодное	Красноярский край	
				г. Северо- Енисейск	Район Тун- гусской ката- строфы
Кремний	2,2	4,9	2,7	3,6	4,1
Сера	2000	1900	2100	2700	7000
Калий	5,2	5,0	5,1	3,7	13
Кальций	2,2	1,6	2,8	2,0	8,9
Титан	1,8	1,7	1,9	3,6	4,1
Марганец	8,0	8,4	11	7,6	9,6
Медь	7,0	6,2	10	6,8	17
Цинк	48	43	63	46	130
Мышьяк	33	31	28	23	85
Бром	250	290	260	290	780
Рубидий	0,88	0,65	0,92	0,80	1,7
Стронций	1,0	1,1	0,90	1,3	2,9
Свинец	60	65	70	50	200

венно за его счет кустарничковые растения типа голубики, вода болотных депрессий. Элементный состав почв из этого района, как правило, колеблется в естественных пределах [Голенецкий, Малахов, 1985]. Поэтому почву следует исключить из перспективных объектов исследования Тунгусской космохимической аномалии. Вариации элементного состава воды из болотных депрессий этого района существенно выше [Голенецкий, Малахов, 1985], в частности для Cr, Fe, Ni, Cd и особенно для Cu и Zn. Последний — наиболее представительный элемент ТКТ [Голенецкий и др., 1981]. В воде проточных водоемов этого района элементные аномалии не наблюдаются, что свидетельствует об отсутствии сколько-нибудь существенного поверхностного смыва указанных выше элементов, по крайней мере в настоящее время. Таким образом, болотные депрессии района катастрофы служат депо мигрирующей части вещества ТКТ. Еще больший интерес представляют в этом плане, по-видимому, донные отложения этих образований.

Поскольку картирование элементной аномалии в районе Тунгусской катастрофы 1908 г. не потеряло актуальности, а все остатки ТКТ, как указывалось выше, должны быть сосредоточены в биоте, имеет принципиальное значение выбор растений-накопителей типичных для ТКТ элементов. Первым условием для них должно быть использование растительного опада в качестве основного питательного субстрата, вторым — их повсеместная распространенность. Обоим требованиям удовлетворяют растения голубики, которые и были выбраны в качестве основного объекта исследования для предварительных работ по картированию Тунгусской космохимической аномалии. Сухие листья голубики

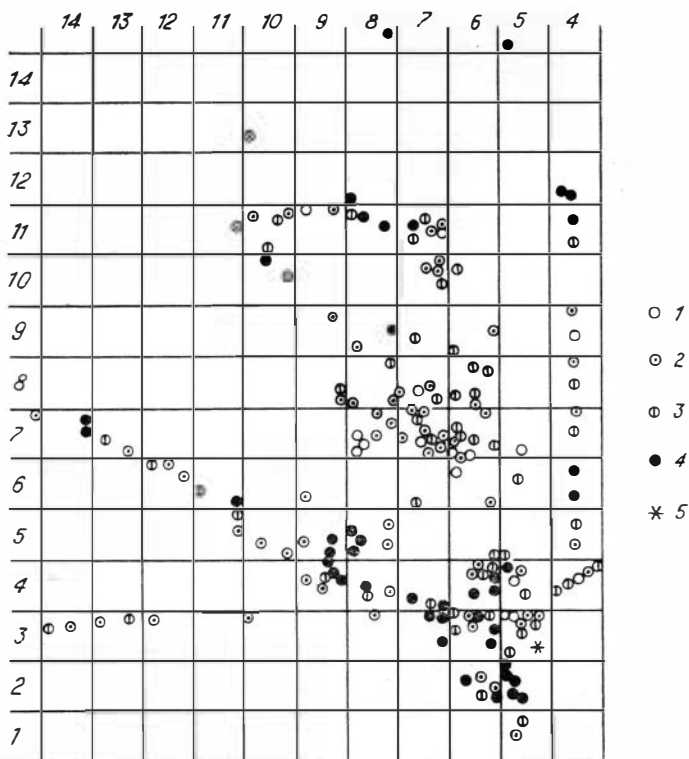


Р и с. 1. Гистограмма распределения результатов биогеохимического картирования района Тунгусской катастрофы по частоте встречаемости величины нормированного отношения Zn/Fe в листьях голубики.

прессовались в таблетки и анализировались методом энергодисперсионного рентген-флюоресцентного анализа с радионуклидными источниками возбуждающего излучения на основе $Fe-55$, $Cd-109$ и $Am-241$.

Характерно для вещества ТКТ высокое значение отношения Zn/Fe : 2,5 против 0,1 для растений и $1,3 \cdot 10^{-3}$ для почв. Гистограмма распределения результатов анализа более 500 образцов листьев голубики, отобранных преимущественно в северо-западном секторе на расстояниях до 10—12 км от условного центра катастрофы [Фаст, 1967] даны на рис. 1. Результаты нормированы к аналогичному среднему отношению, полученному для 20 образцов листьев голубики из «фонового» района, удаленного на расстояние свыше 300 км, но практически идентичного нашему в биогеоэкологическом отношении. Хорошо видно, что полученное распределение имеет два-три четких максимума и значительно вытянуто в сторону больших значений указанных отношений. Аналогичное отношение для «фоновых» районов имеет только один максимум и близко к нормальному. Таким образом, в районе Тунгусской катастрофы элементные аномалии, связанные с этим явлением, проявляются в биоте повсеместно: как у растений-олиготрофов, так и у обладающих хорошо развитой и функционирующей корневой системой.

Привязки части из полученных результатов к местности даны на рис. 2. Обращает на себя внимание локальный характер проявления высоких отношений Zn/Fe в листьях голубики, отмеченный для сфагновых мхов значительно раньше [Голенецкий, 1982; Голенецкий, Малахов, 1985; Голенецкий и др., 1978; Голенецкий и др., 1981]. Следует отметить, что элементные аномалии в этом районе могут иметь как минимум двоякое происхождение: первичное — за счет прямого импрегнирования взрывом вещества ТКТ в наружные слои древесины [Голенецкий, Степанок, 1984] и в «катастрофные» слои моховой залежи [Голенецкий и др., 1981], и вторично — за счет последующего накопления в растениях в процессе их нормальной жизнедеятельности из питательного субстрата (почва, лесная подстилка, отмирающие



Р и с. 2. Результаты биогеохимической съемки центральной части района Тунгусской катастрофы по величине нормированного отношения Zn/Fe в листьях голубики.

1—4 — $Zn/Fe = <0,8$ (1), $0,8-1,0$ (2), $1,0-1,2$ (3), $> 1,2$ (4); 5 — эпицентр взрыва по В. Г. Фасту [1967].

слои мха и т. п.), как это имеет место в настоящем случае. Вторичные аномалии могут быть связаны также с поверхностной миграцией части вещества ТКТ и потому должны быть более размытыми по сравнению с первичными. К сожалению, мы не располагаем пока фактическим материалом для проверки этого предположения, так как биогеохимическое картирование района катастрофы до сих пор носит случайный характер.

Приведенные данные подтверждают отмеченный ранее локальный характер проявления космохимической аномалии в этом районе, свидетельствуют о локальном же характере взрывных явлений при катастрофе и позволяют надеяться, что будут обнаружены более контрастные «пятна» (депо) выпавшего вещества ТКТ как в центральной части района «падения», так и, возможно, на значительно больших расстояниях от нее.

Таким образом, листья голубики представляют собой весьма перспективный материал для плановой и систематической флорометрии как центральной части района катастрофы, так и всех

других подозреваемых в сопричастности к этому явлению. При этом отбор образцов должен производиться системно, по сетке, например, 2×2 или 1×1 км с загущением ее в местах проявления аномалии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голенецкий С. П. Кометное вещество в окружающей среде // Мониторинг фонового загрязнения природной среды.— Л.: Гидрометеониздат, 1982.— С. 61—74.
- Голенецкий С. П., Малахов С. Г. Атмосферные потоки некоторых химических элементов и особенности их накопления в почве и растениях // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах.— Л.: Гидрометеониздат, 1985.— С. 102—108.
- Голенецкий С. П., Степанок В. В. Некоторые особенности локальной структуры следов Тунгусской катастрофы 1908 г. // Метеоритные исследования в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.— С. 63—67.
- Голенецкий С. П., Степанок В. В., Колесников Е. М., Мурашов Д. А. Экспериментальное обоснование кометной природы Тунгусского космического тела и некоторые особенности его химического состава // Проблемы космической физики.— Киев: Вища школа, 1978.— Вып. 13.— С. 39—48.
- Голенецкий С. П., Степанок В. В., Мурашов Д. А. К оценке докатастрофного состава Тунгусского космического тела // Астрон. вестник.— 1981.— Т. 15, № 3.— С. 167—173.
- Фаст В. Г. Статистический анализ параметров Тунгусского вывала // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 40—61.

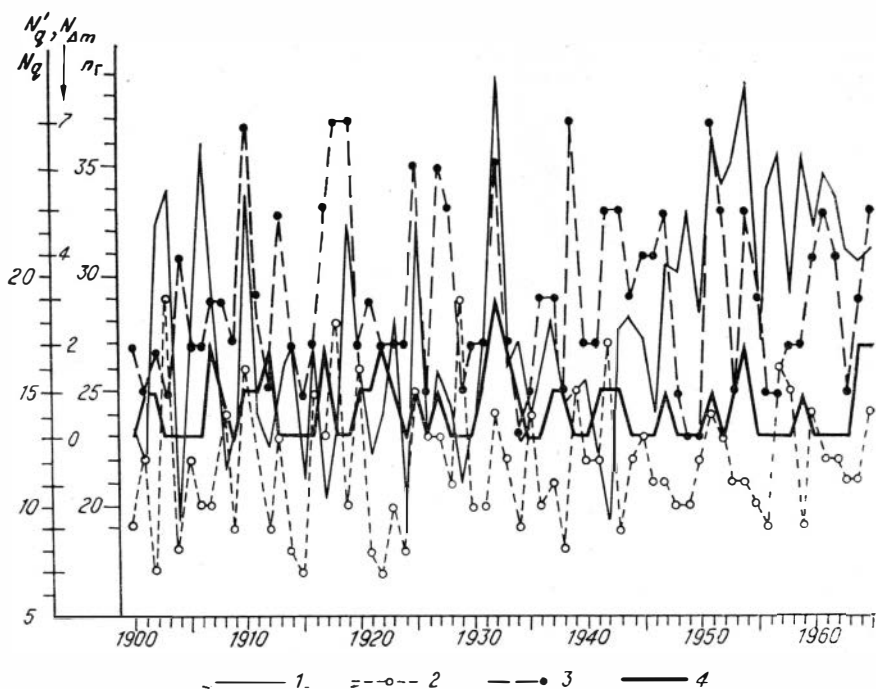
Б. А. Яковлев

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ГРОЗЫ И ТУНГУССКОЕ СОБЫТИЕ 30 ИЮНЯ 1908 г.

В 1908 г. на всей территории России наблюдалось сильное увеличение градиентов давления. Отмечалось резкое падение давления в июне и июле 1908 г. [Коженкова и др., 1963]. В первую пятидневку июля в районе падения Тунгусского метеорита прослеживалось усиление циклонической деятельности. К концу 1908 г. произошло ослабление антициклональной деятельности. Место падения было или в барической седловине, или на гребне. С 29 июня по 4 июля в районах, расположенных относительно близко от места падения, преобладала полная облачность.

1908 г. Ю. Л. Раунер отнес к синхронно-незасушливым годам в зерновой зоне России и США, т. е. на указанных территориях в этом году с апреля по конец июля засух не было.

Частота гроз Г (число гроз, приходящееся на одну станцию) увеличивается пропорционально кометной активности при сбли-



Р и с. 1. Корреляция частоты гроз и кометной активности.

1 — среднее число дней с грозой на территории ЦЧО; 2 — число всех комет, прошедших перигелий в I—XII N_{qI-XII} ; 3 — число короткопериодных комет с перигейным расстоянием $\Delta m < 1$ а. е., сближившихся с Землей в I—XII $N_{\Delta m < 1I-XII}$; 4 — число короткопериодных комет с $q < 1$, прошедших перигелий в IV—VII $N_{q < 1IV-VII}$.

жения комет с Солнцем и Землей. Наблюдается положительная корреляция не только с количеством комет, прошедших перигелий и перигей, но и с количеством короткопериодических комет, полученным на основании каталога [Беляев и др., 1986], т. е. с кометами, период обращения которых вокруг Солнца не превышает 200 лет (рис. 1).

Данные о всех среднемесячных частотах гроз $\bar{P}_r$ за перпод с 1891 по 1965 г. на территории Центральной черноземной области (ЦЧО) в сравнении со среднемесячными частотами гроз $\bar{P}_r'$, наблюдавшимися при таком положении кометы (комет), когда в данном месяце расстояние от Солнца $r < 1,0$ а. е. и от Земли $\Delta < 1,0$ а. е., приведены в табл. 1. Здесь не обязательно, чтобы $r < 1,0$ и $\Delta < 1,0$ наблюдались во все дни месяца. $\bar{P}_r' > \bar{P}_r$ во все месяцы с апреля по октябрь.

Комета Энке сближалась с Землей 16 июня 1908 г. Для нее 6 июня 1908 г. $r = 0,89$, $\Delta = 0,34$, а 16 июня 1908 г. $r = 1,055$, $\Delta = 0,317$ [Беляев и др., 1986]. Отметим, что в июне 1908 г. $P = 8,00$, а $\bar{P} = 7,11$. Является ли Тунгусское космическое тело осколком кометы Энке, как считает ряд исследо-

Средняя месячная частота гроз на территории ЦЧО за 1891—1965 годы

Частота гроз	Месяц						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$\overline{P}_Г'$	1,04	5,12	7,62	8,16	5,22	1,87	0,26
$P_Г$	0,77	4,62	7,11	7,97	5,05	1,65	0,24

вателей, или самостоятельной малой кометой, не ясно, но увеличение грозовой активности и атмосферных осадков в связи с ним наблюдалось.

Чтобы проверить, увеличивается ли количество осадков в данном (n -м) году по сравнению с предыдущим ($n - 1$) годом или последующим ($n + 1$) годом, использовались многолетние ряды месячных сумм осадков, осредненных по площади для 104 основных сельскохозяйственных районов нашей страны [Леднева, Мещерская, 1977]. При нормальном распределении в случае отсутствия влияния количество пиков N в n -м году по сравнению с ($n + 1$) и ($n - 1$)-м годами должно быть $N = 25\%$ (1:4), или 26 районов из 104 должны иметь максимум осадков в n -м году. Число районов из отмеченных 104 с месячным количеством осадков с апреля по октябрь в n -м году, превышающим ($n - 1$)-е и ($n + 1$)-е годы, дано в табл. 2. Для 1908 г. лишь в апреле $N < 25\%$, в мае и июле $N > 33\%$, в августе и сентябре $N > 50\%$, особенно большая величина N была в августе; в октябре $N = 50\%$. Следует отметить, что из 13 районов Западной Сибири и Алтая, приводимых в работе К. В. Ледневой и А. В. Мещерской [1977], пик в 1908 г. имел место для девяти районов в июне, десяти — в июле, пяти — в августе и семи — в сентябре. То, что максимум пиков приходится на август-сентябрь 1908 г., вероятно, говорит о том, что здесь сказывается, согласно модифицированной гипотезе Е. Боуэна [RaO, Iokanadham, 1964; Rosinski, Pierard, 1964], вторая волна выпадения атмосферных осадков, имеющая сдвиг по фазе на 30—76 дней.

В 1953 г. вышла в свет работа Е. Боуэна [Bowen, 1953], где отмечалось, что по истечении примерно 1 мес со дня максимума метеорного потока (30 ± 2 дня) наступает пик атмосферных осадков. Эта гипотеза высказывалась в ряде последующих работ того же автора [Bowen, 1956, 1963]. Сдвиг в максимуме дождливости на 30—76 дней после наступления пика метеорного потока связан с неравномерностью оседания частиц космической пыли разных размеров из верхних слоев атмосферы в нижние. Эти данные согласуются с выводами В. Г. Фесенкова [1949] о наличии помутнения в атмосфере США в июле, августе и сентябре 1908 г., которые он сделал на основании материалов наблюдений Ч. Аббота над прозрачностью атмосферы.

Число районов из основных 104 с.-х. районов нашей страны с месячным количеством осадков в n -м году больше, чем в $(n - 1)$ -м и $(n + 1)$ -м годах

Год	Основное событие года	Месяц								Среднее за IV—X
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
1908	Тунгусское явление 30.06	22	44	29	35	61	59	52	53	
1912	Извержение вкл. Катмай 06.06	77	72	32	15	39	41	49	54	
1922	Метеорный ливень Лирид 21—22.04	72	58	54	37	56	59	48	71	
1937	Метеорные ливни Скорпионид 21.06, Корвид 27.06, Поток 30.06	25	45	28	52	59	17	5	36	

Величины N в табл. 2 приведены также в сопоставлении с материалами об извержении вулкана Катмай (6 июня 1912 г.), метеорного ливня Лириды (21—22 апреля 1922 г.) [Астапович, 1958] и июньского метеорного ливня 1937 г.

С апреля по октябрь 1912 г. $N = 54$, в основном за счет апреля и мая. Минимальным N было в июле ($< 17\%$). Таким образом, первая волна выпадения осадков выражена слабо, а вторая, в отличие от 1908 г., несколько запоздала и выражена еще слабее. В августе, сентябре и октябре $N > 33\%$. Отметим, что в 1912 г. на увеличение числа пика в этих месяцах, возможно, оказал влияние поток космической материи, связанный с метеоритным дождем Холбрук 19 июля 1912 г. [Астапович, 1958].

В апреле 1922 г. $N = 72$, т. е. первая волна была очень хорошо выражена. В мае и июне $N > 50\%$; наименьшее N наблюдалось в июле (37 %), что также заметно выше нормы. В теплый период 1922 г. на осадки, по-видимому, влияли не только Лириды и их комета 1861 I, но и другие потоки космической материи.

В 1937 г., очевидно, сказывается влияние Скорпионид 21 июня [Астапович, 1940], Корвид 27 июня [Левин, 1956], метеорного потока 30 июня [Крамер, 1953]. В сентябре оказывали влияние Персеиды 18 сентября 1936 г. [Левин, 1956]. Отметим, что общее количество комет, прошедших через перигелий, в 1937 г. было больше, чем в 1936 и 1938 годах, что, по-видимому, также сказывается на N за апрель — октябрь ($> 33\%$).

В. А. Балясный [1899] указывал на связь возникновения и структуры перисто-слоистых облаков с метеорными потоками и болидами. П. Роговский [1914] установил, что для Гаваны по данным за 1900—1905 годы имеет место хорошее совпадение дат увеличения осадков и максимумов 63 стационарных метеорных потоков. По его мнению, ядра конденсации, которыми служит

космическая пыль, увеличивают количество осадков. О наличии первой волны в атмосферных осадках можно сделать также вывод по материалам Е. Боуэна и ряда других исследователей, связавших дождливость и часовые числа метеоров с фазами Луны [Adderley, Bowen, 1962; Bowen, 1963; Лазарев, 1964]. По данным, приводимым в более ранних работах Е. Боуэна и его соавторов, также прослеживается совпадение многих пиков метеорной активности с максимумами атмосферных осадков, хотя сами авторы на это не обратили внимания. Одним из возможных механизмов «мгновенного» или почти мгновенного влияния метеорных потоков на увеличение осадков может служить воздействие магнитного поля метеорного потока на ускорение оседания космической материи по направлению к поверхности Земли [Бельский, 1968, 1972]. Особенно сильно это влияние должно быть тогда, когда магнитное поле метеорного потока параллельно межпланетному магнитному полю. Таким образом, часть космической материи проникает к поверхности Земли в день действия потока материи, наблюдаемого в виде метеорного потока или метеорита; другая часть проникает постепенно за счет медленного оседания космического вещества. О том, что Тунгусское событие имеет кометную природу [Васильев, 1985; Колесников, 1986], говорит увеличение не только атмосферных осадков, но и грозовой активности после 30 июня 1908 г.

Отметим факт увеличения грозовой активности и атмосферных осадков в связи с метеорными потоками, имеющими кометное происхождение, а также с усилением кометной активности (сближение комет с Землей, Солнцем и т. д.). В дни максимумов метеорных потоков наблюдаются максимумы или рост грозовой активности и сумм атмосферных осадков. Известные наибольшие суточные количества осадков приходится на даты максимумов постоянно действующих метеорных потоков 14 июня (максимум Сагитарид) и 2 июля (максимум β -Таурид). В Индии зарегистрирован максимум суточного количества осадков за все время наблюдений на Земле, приходящий на 14 июня 1876 г. (1040 мм) [Dhar, Mandal, 1981]. Там же отмечается рекордный ливень из известных на земном шаре, который был 2 июля 1941 г. Суммы атмосферных осадков РР на территории СССР во время потоков космической материи, отмеченных в литературе, даны в табл. 3. В день максимума метеорного потока или наблюдения болида отмечался максимум или рост атмосферных осадков (см. табл. 3).

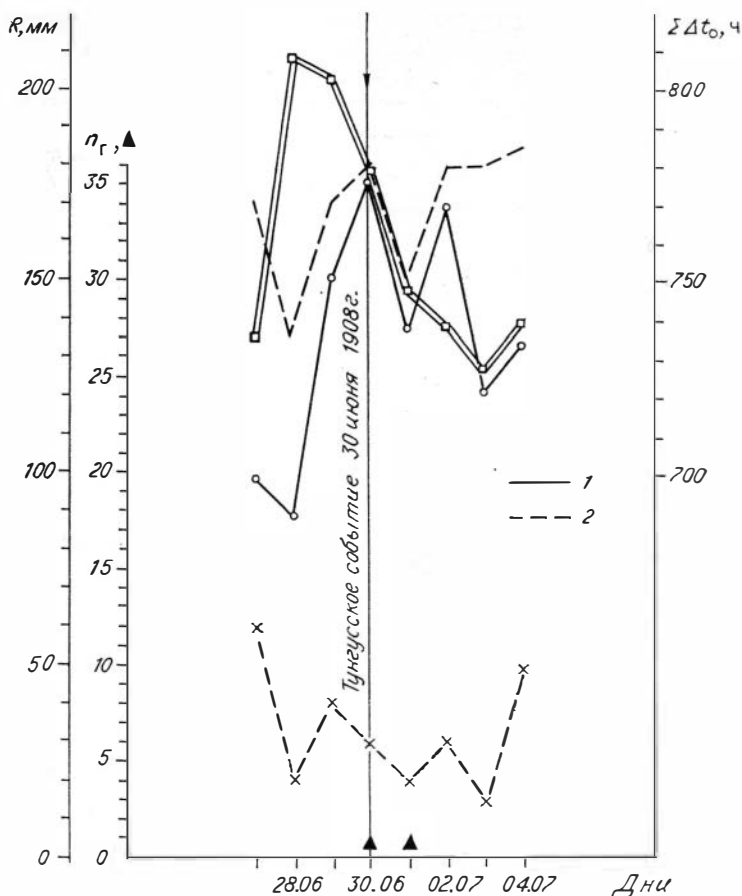
Остановимся на осадках, связанных с Сихотэ-Алинским железным метеоритным дождем. 12 февраля 1947 г. наблюдался рост *RR* в целом по СССР, в этот день были пики *RR* на Европейской территории страны (ЕТС), включая Кавказ, а также в Сибири и на Дальнем Востоке. Максимум 13 февраля наблюдался за счет Казахстана и Средней Азии.

По данным 82 станций мира [Фаст, Залевская, 1970] 31 июля 1908 г. наблюдалось значительное увеличение числа станций с осадками. В работе Н. П. Фаст и В. Г. Фаста [1976] приводятся

Сумма атмосферных осадков на территории СССР во время известных метеорных ливней и болидов (0-день — день максимума метеорного ливня), мм

0-день	Метеорный ливень	Дни					Число станций
		-2	-1	↓ 0	+1	+2	
12.02.1947	Сихотэ-Алинский метеоритный дождь	783,3	568,6	↓ 642,1	700,1	444,9	997
21.06.1937	Скорпиопиды	1219,6	910,4	↓ 1002,8	884,1	1898,6	808
27.06.1937	Корвиды	1770,7	1296,0	↓ 1658,4	1346,4	1096,2	808
30.06.1937	Поток 30.06. 1937 г.	1346,4	1096,2	↓ 2126,2			808
03.1.1943	Квадрантиды	374,8	491,3	↓ 520,2	392,3	391,4	752
22—23.12 1945	Урсиды	257,8	646,2	↓ 824,7	870,1	874,6	928
22.06.1949	Скорпиониды	1538,4	1702,7	↓ 2608,9	2820,1	2341,7	1060
14.12.1949	Геминиды	910,2	826,1	↓ 1223,3	1048,4	770,1	1072
17.11.1966	Леониды	306,6	225,4	↓ 253,3	141,4	220,1	217
18.11.1967	»	215,2	405,5	↓ 547,3	326,6	216,6	224
11.02.1976	Болид над Балтикой	155,1	135,2	↓ 231,8	163,3	80,1	212
08.03.1976	Метеоритный дождь в провинции Гирич (Китай)	88,3	68,0	↓ 135,4	114,6	98,1	212

данные по 1132 станциям Европы с 11 июля по 11 августа 1907, 1908, 1909 годов. Согласно этим материалам в 1908 г. дождливость увеличилась не через 1 мес после Тунгусского события, а через 2—3 нед. В целом период с 1 июля по 11 августа 1908 г. в Европе был более дождлив по сравнению с 1907 и 1909 годами. Данные, касающиеся схемы осадков в России, а также в ряду других метеозлементов по всем станциям из Летописей ГФО, приведены на рис. 2. По метеостанциям России 29 и 30 июня 1908 г. отмечалось повышенное количество осадков с максимумом 30 июня и повышенное число станций с грозой по сравнению с соседними датами. Сумма часов солнечного сияния после 29 июня падает.

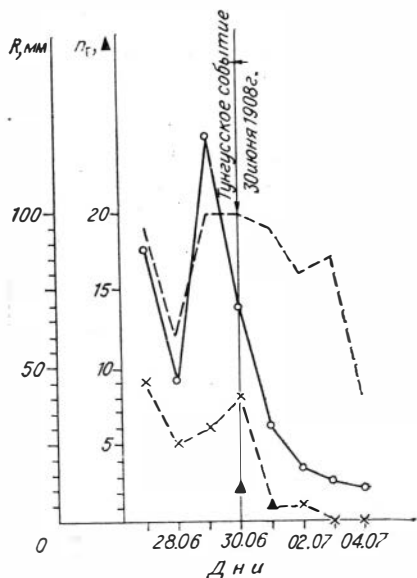


Р и с. 2. Метеоданные с 27 июня по 4 июля 1908 г.

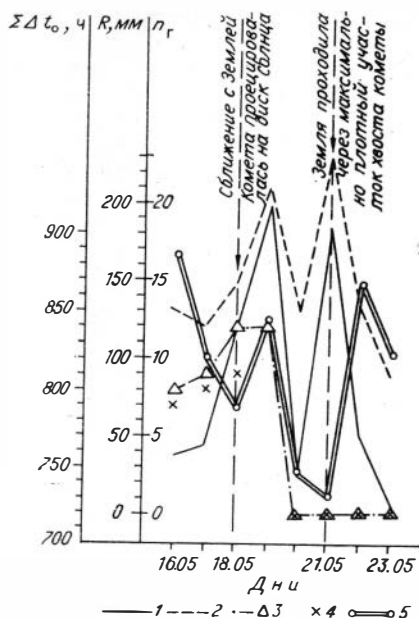
RR_1 — сумма осадков; n_{RR_1} — число станций с осадками; $n_{RГ}$ — число станций с грозой; ▲ — число станций с градом по данным 64 метеостанций России; $\sum \Delta t_{\odot}$ — сумма часов солнечного сияния по данным 91 метеостанции России.

Материалы об осадках и грозах в центрально-черноземных областях приведены на рис. 3. 30 июня 1908 г. по данным метеостанций ЦЧО отмечался максимум числа станций с грозой и градом. 29 и 30 июня отмечалось повышенное количество осадков и числа станций с осадками по сравнению с соседними датами.

Суточные данные (с 16 по 23 мая 1910 г.) для метеостанций ЦЧО по количеству осадков, числу станций с осадками, грозами, грозами и зарницами, а также суммы часов солнечного сияния по метеостанциям России демонстрирует рис. 4. 18 мая наблюдалось прохождение кометы Галлея на минимальном расстоянии от Земли (0,15 а. е.), когда комета находилась на одной линии с Солнцем и Землей, между ними. В тот день наблюдался рост осадков и гро-



Р и с. 3. Динамика суммы осадков, числа станций с осадками, числа станций с грозой, числа станций с градом по 21 метеостанции ЦЧО с 27 июня по 4 июля 1908 г.



Р и с. 4. Осадки, грозы на территории ЦЧО и сумма часов солнечного сияния на территории России во время сближения кометы Галлея с Землей в мае 1910 г.

1 — сумма осадков, мм; 2 — число станций с осадками; 3 — число станций с грозами (близкими и отдаленными) и зарницами; 4 — число станций с близкими и отдаленными грозами; 5 — сумма часов солнечного сияния по станциям России.

зовой активности. Во время прохождения Земли через максимально плотный участок хвоста кометы Галлея 21 мая наблюдался пик осадков и минимум часов солнечного сияния.

В связи со сближением, точнее говоря, столкновением кометы или осколка кометы с Землей 30 июня 1908 г. наблюдалось увеличение атмосферных осадков и грозовой активности, но меньше, чем в мае 1910 г.

Увеличение атмосферных осадков и ход других метеозаэлементов во времени в связи с событием 30 июня 1908 г. — дополнительный факт, говорящий в пользу кометной природы Тунгусского тела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Астапович Н. С. Неожиданный звездный поток 21 июня 1937 г. // Природа. — 1940. — Т. 29, № 7. — С. 105.
- Астапович Н. С. Метеорные явления в атмосфере Земли. — М.: ГИФМЛ, 1958. — 640 с.
- Балясный В. А. О связи между перисто-слоистыми облаками и падающими звездами // Изв. Русского астрономического о-ва. — 1899. — Т. 7, № 7-9. — С. 30-33.

- Бельский С. А. Метеорная вариация интенсивности космических лучей // Геомагнетизм и аэрономия.— 1968.— Т. VIII, № 2.— С. 230—235.
- Бельский С. А. Метеорная вариация интенсивности космических лучей для метеорных потоков I и II типов // Геомагнетизм и аэрономия.— 1972.— Т. XII, № 1.— С. 114—116.
- Беляев Н. А., Кресак Л., Питтих Э. М., Пушкарев А. Н. Каталог коротко-периодических комет.— Братислава, 1986.— 395 с.
- Васильев Н. В. К итогам изучения проблемы Тунгусского метеорита // 50 лет научной деятельности ВАГО.— М.: ВАГО, 1985.— С. 115—128.
- Колесников Е. М. Новое о природе Тунгусского события // Природа.— 1986.— № 1.— С. 63—65.
- Коженкова З. П., Брок В. А., Федюшкина Л. П. и др. Синоптико-метеорологические условия лета 1908 г. // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963.— С. 179—186.
- Крамер Е. Н. Каталог кометных радиантов // Изв. астрон. обсерватории Одесского ун-та.— 1953.— Т. 3.
- Лазарев Р. Г. О гипотезе Боуэна по материалам наблюдений в Томске // Астроном. циркуляр.— 1964.— № 301.— С. 3—4.
- Латипов Д., Рубцов О. Н. Статистические исследования Леонид по наблюдениям 1966 и 1967 гг. в Душанбе // Бюл. Ин-та астрофизики АН ТаджССР.— 1976.— № 65.— С. 26—28.
- Левин Б. Ю. Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе.— М.: Изд-во АН СССР, 1956.— 293 с.
- Леднева К. В., Мещерская А. В. Многолетние ряды месячных сумм осадков, осредненных по площади, для основных сельскохозяйственных районов СССР (ежегодные данные).— Л.: Гидрометеиздат, 1977.— 157 с.
- Роговский П. Влияние метеорных потоков на атмосферные осадки // Метеорол. вестник.— 1914.— № 8—9.— С. 323—326.
- Фаст Н. П., Залевская В. В. О возможном влиянии Тунгусского метеорита на выпадение осадков // Астрономия и геодезия.— 1970.— Вып. 1.— С. 46—51.
- Фаст Н. П., Фаст В. Г. О возможном влиянии падения Тунгусского метеорита на осадки лета 1908 г. // Вопросы метеоритики.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976.— С. 132—142.
- Фесенков В. Г. Помутнение атмосферы, произведенное падением Тунгусского метеорита 30 июня 1908 г. // Метеоритика.— 1949.— Вып. 6.— С. 8—12.
- Adderley E. E., Bowen E. G. Lunar component in Precipitation Data // Science.— 1962.— V. 137, N 3532.— P. 749—750.
- Bowen E. G. The influence of meteoritic dust on rainfall // Austral. J. Phys.— 1953.— V. 6.— P. 490—497.
- Bowen E. G. The relation between rainfall and meteor showers // J. Meteorol.— 1956.— V. 13.— P. 142—151.
- Bowen E. G. A Lunar Effect on the Incoming Meteor Rate // J. Geophys. Res.— 1963.— V. 68, N 5.— P. 1401—1403.
- Dhar O. N., Mandal B. N. Greatest observed one-day point and areal rainfall of India // Pure Appl. Geophys.— 1981.— V. 119, N 5.— P. 922—933.
- Rao M., Iokanadham B. On the reality of rainfall peaks and their relation to meteor showers // J. Atm. Terr. Phys.— 1964.— V. 26.— P. 301—311.
- Rosinski J., Pierard J. M. Condensation products of meteor vapor and their connection with noctilucent clouds and rainfall anomalies // J. Atm. Terr. Phys.— 1964.— V. 26.— P. 51—66.

НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СВЯЗИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ЗЕМЛЕ С КОМЕТАМИ

Кометы оказывают влияние на земную атмосферу привнесением материи в виде газовой и твердой составляющих, а также путем механического и электромагнитного воздействия.

Рассмотрим некоторые статистические данные о влиянии комет на атмосферные осадки.

Выброс вещества из комет увеличивается при прохождении их через перигелий. Были сопоставлены синхронно-незасушливые (без засухи) годы [Раунер, 1981] в зерновой зоне СССР и США, ЕТС, а также характеристики осадков в основной сельскохозяйственной зоне Европейской территории страны (ЕТС), с прохождением комет через перигелий.

Для анализа данных использовалась величина Φ , представляющая собой отношение вида $\Phi = P_{\Phi}/P_v$, где P_{Φ} — фактическая частота совпадения событий $\left(P_{\Phi} = \frac{N_{\Phi}}{n}\right)$; P_v — вероятная частота совпадения для случайных событий; N_{Φ} — число совпавших событий за ряд лет; n — общее число лет, взятое для анализа связи событий.

Для двух независимых событий $P_v = P_1 \cdot P_2$ частота совпадения событий равна произведению частот этих событий $P_1 = \frac{N_1}{n}$; $P_2 = \frac{N_2}{n}$, где N_i — число событий i ($i = 1, 2$).

При случайных событиях $\Phi = 1,0$, т. е. фактическая и вероятная частоты совпадения равны. При положительной связи, когда рост одной величины влечет за собой увеличение другой (положительной корреляции), $\Phi > 1,0$, а при отрицательной связи (отрицательной корреляции) $\Phi < 1,0$.

Ю. Л. Раунер [1981] показал, что с 1885 по 1965 г. в зерновой зоне нашей страны и США синхронно-незасушливыми были следующие годы: 1886, 1896, 1898, 1899, 1908, 1912, 1913, 1915, 1919, 1925, 1928, 1941, 1960.

Скользкие 4-месячные величины отношений Φ , характеризующие частоты совпадения синхронно-незасушливых лет в зерновой зоне нашей страны и США и в зерновой зоне ЕТС с максимумами количества комет, прошедших перигелий с января по апрель до периода с сентября по декабрь, а также в целом за год, приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 можно сделать заключение, что Φ имеет максимум в апреле — июле, т. е. в те месяцы, по которым определяют засушливость года. Это наблюдается для зерновой зоны

Ф для синхронно-незасушливых лет и лет с максимумом комет, прошедших перигелий, за 1885—1965 годы для зерновой зоны нашей страны и США

Период, мес	Все кометы		Кометы с $q < 1$ а. е.	
	Наша страна и США	ЕТС	Наша страна и США	ЕТС
I—IV	1,11	1,45	1,32	1,15
II—V	1,11	1,26	1,50	1,49
III—VI	1,25	1,17	1,36	1,18
IV—VII	1,32	1,15	1,44	1,45
V—VIII	1,15	0,90	0,72	0,94
VI—IX	1,08	0,82	0,67	0,68
VII—X	1,20	0,87	0,87	0,68
VIII—XI	1,41	0,86	1,14	0,74
IX—XII	1,35	0,82	1,35	1,06
Среднее за год	1,38	0,80	1,29	1,12

ЕТС, а особенно наглядно для зерновой зоны нашей страны и США.

Для синхронно-незасушливых лет в зерновой зоне нашей страны и США, а особенно для ЕТС, и комет с перигелийным расстоянием $q < 1$ а. е. Φ в апреле — июле несколько больше, чем для всех комет за эти 4 мес. Влажными особенно часто бывают те годы, в которые максимальны кометы с $q < 1$ (табл. 2).

Обнаруживается связь синхронно-незасушливых лет с прохождением кометы Энке через перигелий и сближением с Землей. Отметим, что здесь максимум Φ наблюдается в феврале — мае + + апреле — июле с пиком в апреле — июле для синхронно-незасушливых лет в зерновой зоне нашей страны и США, а также ЕТС. Для зерновой зоны нашей страны и США наибольший по величине максимум наблюдался в феврале — мае. Синхронно-засушливые годы на территории ЕТС не наблюдались при сближениях кометы Энке с Землей и с Солнцем с января по август*.

Суммарные характеристики количества осадков в основной земледельческой зоне ЕТС в апреле — июне 1891—1965 годов также увеличиваются при прохождении комет с $\Phi < 1$ а. е. через перигелий.

Для засушливых лет наблюдается обратная картина: при максимумах числа комет, проходящих перигелий, засушливость уменьшается.

* Отметим, что кроме материалов кометных каталогов мы использовали данные о сближениях короткопериодических комет с Землей и Солнцем, представленные Н. А. Беляевым (Институт теоретической астрономии АН СССР).

Ф для синхронно-засушливых лет и сближения кометы Эпке с Землей и Солнцем для зерновой зоны нашей страны и США

Период, мес	Сближение с Землей		Сближение с Солнцем	
	наша страна и США	ЕТС	наша страна и США	ЕТС
I—IV	0,85	0,42	1,02	0,97
II—V	2,04	0,97	2,04	1,21
III—VI	1,71	1,25	1,53	0,97
IV—VII	1,92	2,42	1,70	1,35
V—VIII	1,28	1,01	1,02	0,97
VI—IX	0,60	0,71	0,00	0,44
VII—X	0,30	0,57	0,43	0,61
VIII—XI	0,00	0,44	0,46	0,66
IX—XII	0,85	0,81	0,51	0,49
Среднее за год	1,02	0,81	0,85	0,81

Ф для засушливых лет, взятых из каталогов разных авторов [Гирская и др., 1979; Покровская, 1981; Ефремова, 1984; Раунер, 1981], и годов с максимумами числа комет, прошедших перигелий, у которых $\Phi < 1$ а. е., за 1891—1965 годы [Всехсвятский, 1958, 1962, 1966; Marsden, 1975; Parter, 1961], даны в табл. 3. В засушливые годы в апреле — июле $\Phi < 1,0$, т. е. появление засух уменьшается в связи с увеличением числа комет, проходящих перигелий. Чем больше территория, тем лучше прослеживается влияние кометной активности на увлажненность Земли.

На рис. 1 показано количество синхронно-засушливых и синхронно-засушливых лет в зерновых зонах нашей страны в целом и особенно для ЕТС в зависимости от количества комет, прошедших перигелий в январе — декабре 1885—1965 годов, и комет с $\Phi < 1$ а. е. Здесь 1890 г. отнесен к синхронно-засушливым для зерновой зоны нашей страны.

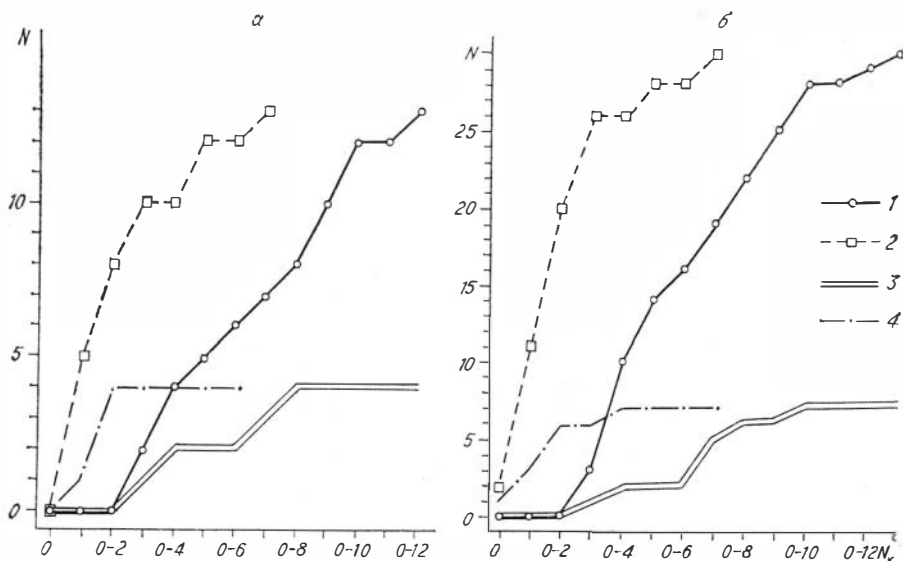
Для засушливых лет кривые более пологие, чем для влажных, а при больших количествах комет, проходящих перигелий, число засушливых лет не увеличивается.

На рис. 2 продемонстрирована частота синхронно-засушливых и синхронно-засушливых лет в зерновых зонах нашей страны и ЕТС по данным за 1885—1965 годы в зависимости от количества комет, прошедших перигелий в апреле — июле (N_K). Отметим, что для апреля — июля $N_K > 1$ синхронно-засушливые годы не наблюдались. Влажные же годы наблюдались при всех N_K . Вероятность влажных лет больше при $N_K = 4$, чем при $N_K = 1$ или 2.

Вторым этапом исследования влияния прохождения комет через перигелий на увеличение количества атмосферных осадков

Ф для засушливых лет и годами максимального числа комет с $q < 1$ а. е. прошедших перигелий за 1891—1965 годы

Засушливые годы (согласно данным разным авторов)	Период, мес									
	I—IV	II—V	III—VI	IV—VII	V—VIII	VI—IX	VII—X	VIII—XI	IX—XII	Год
Андрюченко, Ващенко, 1981										
Синхронно-засушливые годы в зерновой зоне нашей страны	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,76	0,79	1,14	0,93
Синхронно-засушливые годы в зерновой зоне ЕТС	0,89	0,48	0,43	0,52	0,52	1,41	1,10	0,79	1,14	0,93
Всехсвятский, 1958										
Западная группа засух ЕТС и Казахстана	0,57	0,82	0,37	0,22	0,67	1,24	0,97	0,86	1,22	0,79
Восточная группа засух ЕТС и Казахстана	0,57	0,41	0,55	0,89	0,89	1,03	0,97	1,01	0,73	0,99
Наиболее обширные засухи	0,49	0,52	0,47	0,85	0,85	1,31	1,24	1,07	1,24	1,01
Западно-сибирские засухи	0,45	0,48	0,65	0,78	0,78	1,20	1,14	0,98	0,85	0,92
Всехсвятский, 1982										
Засухи на ЕТС, выделяемые по урожайности зерновых	0,92	1,19	0,98	0,86	1,08	1,29	1,25	1,14	1,18	1,15
Всехсвятский, 1966										
Засухи на ЕТС, выделяемые по метеорологич. индексу засушливости (≥ 5)	1,29	1,06	0,81	0,82	0,99	1,52	1,32	1,30	1,26	1,17

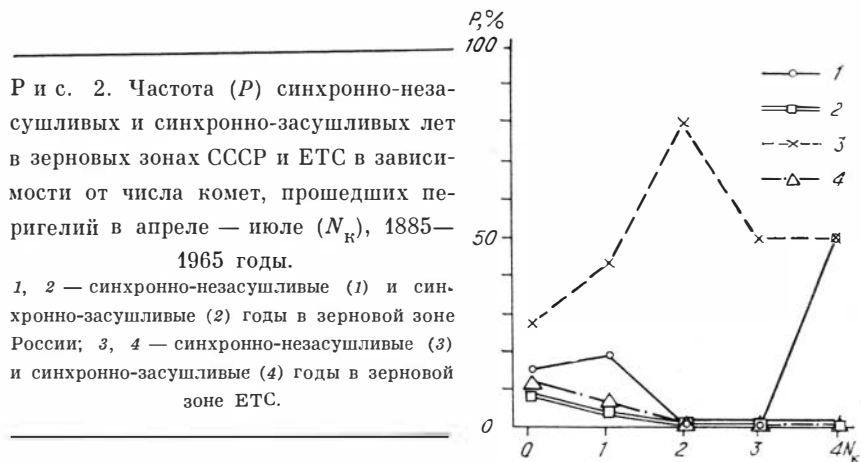


Р и с. 1. Количество синхронно-незасушливых и синхронно-засушливых лет (N) в зерновой зоне нашей страны (а) и ЕТС (б) в зависимости от количества комет (N_K), прошедших перигелий в I–XII всех комет и комет с $q < 1$ а. е., 1885–1965 годы.

1, 2 — незасушливые годы: 1 — все кометы, 2 — кометы с $q < 1$ а. е.; 3, 4 — засушливые годы: 3 — все кометы, 4 — кометы с $q < 1$ а. е.

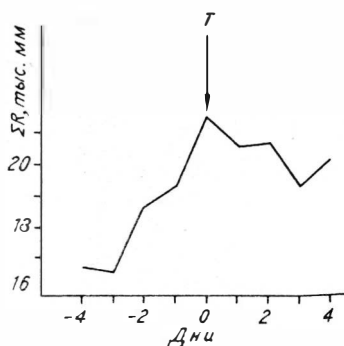
было сопоставление количества осадков по станциям УГКС ЦЧО за 1936–1959 годы, полученного при суммировании суточных данных климатического справочника с датами прохождения комет через перигелий за эти же годы.

Скользящие трехдневные суммы осадков по станциям УГКС ЦЧО, полученные по методу наложенных эпох для всех случаев прохождения комет через перигелий (181 случай), приведены на



Р и с. 2. Частота (P) синхронно-незасушливых и синхронно-засушливых лет в зерновых зонах СССР и ЕТС в зависимости от числа комет, прошедших перигелий в апреле — июле (N_K), 1885–1965 годы.

1, 2 — синхронно-незасушливые (1) и синхронно-засушливые (2) годы в зерновой зоне России; 3, 4 — синхронно-незасушливые (3) и синхронно-засушливые (4) годы в зерновой зоне ЕТС.



Р и с. 3. Скользящие трехдневные суммы осадков (ΣR) по данным метеостанций УГКС ЦЧО с 1936 по 1959 г. относительно дня прохождения комет через перигелий T (0-день).

рис. 3. Здесь за «нулевой» день принят день прохождения кометы через перигелий. Можно видеть, что максимум осадков приходится на 0-день. До четвертого дня, считая от «нулевого», в $+n$ -дни осадков больше, чем в $-n$ -дни.

В работе Б. Ю. Левина [1948] показано, что в случае крупных глыб кометного вещества скорость десорбции, т. е. число молекул, испаряющихся с 1 см^2 за 1 с, достигает максимума после прохождения кометой перигелия, так как здесь начинает проявляться температурная инерция. Этим, по-видимому, следует объяснить тот факт, что количество осадков за четыре дня до прохождения кометами перигелия меньше, чем за четыре дня после перигелия.

При сопоставлении дат максимума вспышек блеска комет [Андриенко, Ващенко, 1981] с суммой атмосферных осадков по метеостанциям УГКС ЦЧО с 1936 по 1959 г. взяты 104 случая (все дни с максимумами вспышек блеска комет за этот период).

Скользящие трехдневные суммы атмосферных осадков по станциям УГКС ЦЧО за 1936—1959 годы относительно дня максимальной вспышки блеска комет, мм

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
10 718	10 656	9607	9198	10 403	10 397	11 159	10 544	11 202

Отметим тот факт, что в день максимума блеска комет наблюдался рост количества осадков. В. А. Голубев [1979] показал, что вспышки блеска комет учащаются во время пересечения кометами секторной структуры межпланетного магнитного поля и магнитных возмущений. Увеличение осадков в связи со вспышками блеска комет может быть следствием влияния солнечной активности на возмущения в межпланетном магнитном поле. Ускорение кометной материи солнечным ветром и ударными волнами, а также световым давлением и частицами протонных вспышек, возможно, объясняет совпадение дня увеличения атмосферных осадков с прохождением комет через перигелий и максимумом вспышки блеска комет.

Вспышки блеска комет учащаются при солнечных вспышках. При прохождении комет через перигелий выброс вещества из них также увеличивается в связи с возмущениями на Солнце, которые

Р и с. 4. Атмосферные осадки и грозы на территории ЦЧО и суммы часов солнечного сияния на территории России (ЦЧО) во время сближения кометы Галлея с Землей в мае 1910 г.

1 — сумма осадков, мм; 2 — количество станций, на которых были отмечены осадки; 3 — число станций, на которых были отмечены близкие и отдаленные грозы, а также зарницы; 4 — число станций, на которых были отмечены только близкие и отдаленные грозы; 5 — сумма часов солнечного сияния на территории России.

сопровожаются усилением солнечного ветра и образованием межпланетных ударных волн.

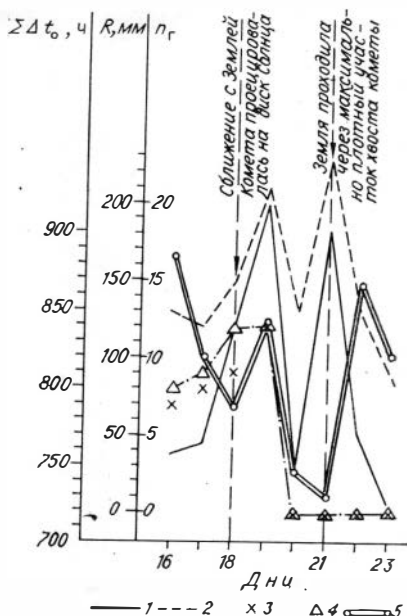
Космическая материя, находящаяся в межпланетном пространстве, с усилением солнечного ветра и за счет ударных волн быстрее попадает в земную атмосферу. В последнем случае прохождение комет через перигелий и максимум вспышки блеска комет вызывает увеличение атмосферных осадков, являясь как бы индикатором активности Солнца. Ускоряет космическую материю и световое давление Солнца, что относится в основном к пылевой составляющей, а также частицы протонных вспышек на Солнце, движущихся со скоростью 10^4 — 10^5 км/с.

Возможно и непосредственное влияние возмущений в электромагнитном поле Земли на образование атмосферных осадков.

Сказывается также на земной атмосфере и химическое воздействие водородной короны кометы [Трошичев, 1971], а также влияние других химических составляющих.

Кометная материя (кометы, астероиды, метеорные потоки, метеориты, межпланетные и межзвездные облака газа и пыли), по-видимому, — одна из основных составляющих, влияющих на Землю. Минимальный суточный приход на Землю атофильного кометного вещества оценивается в 10^8 т [Голенецкий и др., 1981, 1984], и им пренебрегать нельзя.

В заключение отметим, что 18 мая 1910 г. комета Галлея находилась между Землей и Солнцем. Это вызвало увеличение месячной частоты гроз на территории нашей страны и особенно ЦЧО. Частота гроз равна числу дней с грозой по всем станциям района, деленному на число метеостанций, на которых производились метеонаблюдения. Месячная частота гроз в апреле (20 апреля комета Галлея прошла перигелий) и в мае 1910 г. на территории ЦЧО и на территории всей страны была большей, чем за эти же месяцы в 1909 и 1911 годах. Данные об атмосферных осадках и грозах на территории ЦЧО и продолжительность солнечного сияния на территории нашей страны во время сближения кометы Галлея с Зем-



лей в мае 1910 г. приведены на рис. 4. Во время сближения кометы с Землей 18 мая наблюдался рост количества осадков и грозовой активности, а также минимум продолжительности солнечного сияния.

21 мая, во время прохождения Земли через сгусток хвоста кометы [Полак, 1920], наблюдался пик осадков на территории ЦЧО и минимум продолжительности солнечного сияния на территории нашей страны.

О том, что повышение грозовой активности во время прохождения кометы между Землей и Солнцем не случайно, говорит наличие положительной корреляции между годовой частотой гроз на территории ЦЧО и индексами кометной активности (число комет, прошедших перигелий; число комет, сближившихся с Землей). С 1891 по 1965 г. в период с апреля по сентябрь на территории ЦЧО месячная частота гроз при наличии комет, удаленных от Солнца и Земли не более чем на 1 а. е., была больше, чем средне-месячная частота гроз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андриенко Д. А., Ващенко В. Н. Кометы и корпускулярное излучение Солнца.— М.: Наука, 1981.— 164 с.
- Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет.— М.: Физматгиз, 1958.— 575 с.
- Всехсвятский С. К. Абсолютные величины комет. 1954—1960 гг. // *Астроном. журн.*— 1962.— Т. 39.— С. 10—84.
- Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет. 1961—1965 гг. // *Астроном. журн.*— 1966.— Т. 43.— С. 1292.
- Гирская Э. И., Сазонов Б. И., Крепин Е. И. Показатели метеорологических засух // *Труды ГГО.*— 1979.— Вып. 403.— С. 14—16.
- Голенецкий С. П., Малахов С. Г., Степанок В. В. К вопросу о природе глобальных атмосферных аэрозолей // *Астроном. вестник.*— 1981.— Т. 15, № 4.— С. 226.
- Голенецкий С. П., Степанок В. В. Некоторые особенности локальной структуры следов Тунгусской катастрофы 1908 г. // *Метеоритные исследования в Сибири.*— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.— С. 63—67.
- Голубев В. А. Вспышки блеска комет и межпланетное магнитное поле // *Кометный циркуляр.*— 1979.— № 25.— С. 10.
- Ефремова Н. И. О долгопериодных колебаниях в ходе засушливых явлений // *Труды ГГО.*— 1984.— Вып. 471.— С. 62—67.
- Левин Б. Ю. Изменение блеска комет в зависимости от их гелиоцентрического расстояния // *Астроном. журн.*— 1948.— Т. 25.— С. 246.
- Покровская Т. В. К вопросу о циркулярных характеристиках засух // *Труды ГГО.*— 1981.— Вып. 458.— С. 28.
- Полак Ф. Хвост кометы Галлея в мае 1910 г. // *Известия Российской Академии наук.*— Пг., 1920.— С. 2203—2232.
- Раунер Ю. Л. Климат и урожайность зерновых культур.— М.: Наука, 1981.— 163 с.
- Трошичев Б. И. О возможном влиянии крупных космических тел на горные породы земной коры и на изменение условий в атмосфере Земли // *Изв. Всесоюз. геогр. о-ва.*— 1971.— Вып. 103.— С. 42.
- Marsden B. G. Catalogue of cometary orbits. Second Edition, 1975.
- Parter F. G. Catalogue of cometary orbits // *Mem. Brit. Astron. Assoc.*— 1961.— V. 39, N 3.— P. 5—7.

СТРУКТУРА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В РАЙОНЕ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТНОГО ЗАКАЗНИКА

С позиций естественно-исторического исследования район Тунгусского биосферного заказника (междуречье Подкаменной и Нижней Тунгусок) представляет особый интерес. Это связано с тем, что здесь сконцентрированы следы проявления уникального природного явления, известного под условным названием «падение Тунгусского метеорита». В то же время это район весьма своеобразных исторически обусловленных природных особенностей. Он удален от крупных источников промышленных и естественных атмосферных загрязнений. Наконец, это одна из наименее изученных в природном отношении территорий Сибири.

Действительно, в исследованиях Средней Сибири накопилась определенная дисгармония: эта территория весьма подробно изучена в геологическом отношении, но слабо с позиций географических и биологических наук. Здесь мало выполнено фаунистических и флористических работ, недостаточно проведено исследований ботанико-географического, геоботанического и почвоведческого планов, отсутствуют детальные ландшафтные характеристики, мало сведений по природной сезонной и многолетней ритмике развития природы и т. д.

Недостаточная изученность природы региона уже становится препятствием для рационального освоения этой территории, для организации сельскохозяйственного и лесного производства и для безысходительного использования природных ресурсов. Это одна из причин экологической напряженности как в южных, так и в северных регионах края. Промышленное строительство, в том числе строительство гигантских гидротехнических сооружений, добыча геологических ресурсов, технология лесоповала и т. д. проектируются и реализуются без учета природных особенностей конкретных районов края, по аналогии с ранее освоенными территориями, что в корне неправильно.

Сведения о структуре, строении и функционировании природных биогеоценозов лесной зоны Средней Сибири необходимы и для выяснения следствий падения Тунгусского метеорита. Дело в том, что эффекты Тунгусского метеорита представлены в основном следами взаимодействия космического тела с компонентами биосферы и наиболее отчетливо выражены в растительности, торфах и почвах. Выяснение общих и региональных свойств этих компонентов — необходимое условие в решении проблемы Тунгусского метеорита.

Основное значение в формировании географической специфики района имеют следующие его природные особенности. Это район активной былой (мезозойской) вулканической деятельности. Здесь широко распространены продукты вулканических выбросов и излияний — сибирские траппы; характерная черта рельефа — вулканические кальдеры, значительные площади составляют обнаженные пластовые магматические интрузии и продукты их разрушения — каменные россыпи или курумники. В эпохи оледенения район был вне области распространения ледникового покрова и находился под действием сухих и холодных атмосферных потоков, стекавших с ледника и обеспечивших глубокое промерзание грунтов.

Район заказника расположен на южной границе области распространения островной современной вечной мерзлоты, очаги которой приурочены к тяжелым, преимущественно торфяным почвам. Это полоса активного протекания криогенных процессов — накопления мерзлоты и ее деградации, нередко зависящих от местных причин, от структуры растительного покрова. Отчасти это связано с тем, что район относится к территории высокой континентальности климата с характерными для нее большими амплитудами суточных и сезонных температур воздуха и почвы, малым количеством атмосферных осадков, преимущественно летних, и отчетливо выраженными периодами летней засухи. Общая увлажненность большинства типов местообитаний (и доступность растениям потребной влаги) обеспечивается не столько атмосферными осадками, сколько непосредственной конденсацией влаги из воздуха холодной почвой благодаря структурным особенностям лесной и болотной растительной дернины и равномерным поступлением ее в корнеобитаемые горизонты за счет сезонного оттаивания мерзлоты.

Положение района вне ледникового покрова и впоследствии в полосе высокой континентальности климата способствовало тому, что в голоцене район Тунгусского заказника испытал значительно меньшие изменения климатической обстановки, чем многие другие районы Сибири, что позволило здесь сохраниться как отдельным организмам, так и сообществам организмов — реликтов ледниковой эпохи. Район заказника следует рассматривать, таким образом, не только как район космохимической аномалии, но и как репрезентативную территорию очагов реликтовых биогеоценозов и ландшафтов.

Важным обстоятельством, характеризующим природную среду района заказника, служит также то, что он удален от крупных промышленных центров и от территорий с высокой запыленностью воздуха, что позволяет рассматривать его как район аэрозольного земного фона и организовать здесь пункты наблюдения за состоянием атмосферы и ее аэрозольного компонента, доля космической фракции в котором повышена за счет низкой запыленности земного происхождения. Структура растительного покрова междуручья Подкаменной и Нижней Тунгусок позволяет широко использовать

для этой цели метод растительных аэрозольных планшетов, в частности моховой покров болот.

Анализ результатов исследования Тунгусской космохимической аномалии позволяет прийти к выводу, что приток космического вещества на поверхность Земли — не только одно из условий и одна из причин возникновения жизни на Земле, но и необходимое условие ее последующего поддержания и развития. Приток космического вещества обеспечивает нижний продукционный уровень биogeоценозов и биогидроценозов, доля его становится особенно заметной и существенной там, где вклад земного вещества снижен (верховые болота, эпифитные и эпилитные ценозы, центральные районы океана и т. д.).

Для понимания природных особенностей района заказника нам представляется совершенно необходимым развитие следующих направлений исследований и следующих видов научных исследовательских работ.

1. Анализ ландшафтной структуры заказника и его окрестностей, включая морфометрические оценки территории, типологическую характеристику ландшафтного покрова и закономерности его пространственной организации. Ландшафтная характеристика должна быть произведена на основе дробного районирования территории и на базе почвенного и геоботанического картирования.

2. Усиление исследования компонентов ландшафта, особенно компонентов биотической группы: зоологического, ботанического, почвенного.

3. Разработка региональных экологических шкал для оценки экологического состояния и динамических процессов биogeоценозов заказника. Основой для этого вида работ должен послужить массив геоботанических описаний как общих, так и выполненных специально для этой цели.

4. Многолетние полустационарные исследования динамики вечной мерзлоты, выяснения той суммы местных условий, при которых мерзлота возникает в грунтах и почвах и деградирует. Этот вид работ включает сеть закрепленных нивелировочных ходов для систематических повторных топографических промеров и систему точек наблюдения за состоянием температуры почвы и гидрологии деятельного горизонта почвы.

5. Исследования приземных слоев атмосферы как источника осаждаемых на поверхность Земли аэрозолей. Продолжение работ (в том числе методических) по изучению состава и количества аэрозольных осадений по моховым, торфяным и снежным планшетам, а также сезонной динамике аэрозолей с помощью природных планшетов и ловушек.

6. Продолжение сбора материала по использованию ретроспективных методов изучения динамики природы (торфяные колонки, дендроиндикация, анализ моховой дернины и пр.) и развертывание мониторинговых наблюдений.

Во всех этих работах ботанические исследования на растительном материале могут, а в ряде случаев должны иметь приоритет-

ное значение, поскольку в растительном покрове — конструктивной компоненте биогеоценоза — отражены в той или иной мере и форме свойства других компонентов и в наиболее чистом виде зафиксированы следы Тунгусского метеорита.

В прошедшие годы силами участников Комплексной самодеятельной экспедиции и сотрудников лаборатории биогеоценологии НИИ биологии и биофизики при Томском университете был накоплен полевой материал для ряда ботанических и экологических обобщений по территории заказника. Часть его составляют флористические сборы, выполненные Н. А. Олоновым, достаточные для составления конспекта флоры сосудистых растений, и сборы Е. Д. Лапшиной и Е. Я. Мульдиярова, характеризующие состав бриофлоры района. Эта флористическая база позволяет в настоящее время на хорошем качественном уровне выполнять геоботанические описания, проводить тонкие наблюдения за динамикой состава растительных сообществ, увеличить возможности ретроспективных анализов (ботанический состав торфа, спорово-пыльцевой анализ) и экологических характеристик района.

Имеющийся пакет геоботанических описаний, полученный Е. Д. Лапшиной, Ю. А. Львовым, С. Н. Киропотиним, М. Н. Черногриновым, Е. Я. Мульдияровым, достаточно полон для выполнения типологической характеристики растительных сообществ, как лесных и болотных, так и специфических сообществ каменистых обрывов, речных пойм и пр. Этот материал должен быть пополнен для комплекса кустарниковых сообществ, луговых ценозов и для растительности скелетных каменистых почв, своеобразной по флористическому составу и набору экологических групп. Для разработки региональных экологических шкал, позволяющих в системе стандартных экологических координат выявлять экологические различия растительных сообществ и реконструировать особенности их сукцессионной и восстановительной динамики, этот материал пригоден, но должен быть увеличен в объеме.

Накопленная сумма флористических и геоботанических сведений уже может служить типологической основой для составления геоботанической карты м-ба 1 : 25 000 и мельче и для выполнения дробного районирования территории заказника по признакам растительного покрова, но для этой цели также требуется увеличение массива конкретных сведений, особенно по периферийным частям заказника. Карта и схема районирования, наряду с геологическими морфометрическими показателями, должны стать основой выявления ландшафтной структуры заказника, а затем и выделения типов земель по их экологическим свойствам и составления соответствующей карты. Все эти виды исследований могут выполняться параллельно.

Выполнение указанных исследовательских процедур должно сопровождаться рядом дополнительных работ: подготовкой топоосновы масштаба 1 : 25 000 с использованием фотодистанционных материалов и средств, уточнением границ геоботанических выде-

лов и нанесением их на топооснову, разработкой схемы геобоганического, точнее биогеоценотического, описания. Это описание помимо общих признаков сообщества должно включать показатели специфических черт природы района (например, наличия мерзлоты и глубины ее залегания) и следы влияния Тунгусского метеорита. Должны быть указаны также признаки, позволяющие оценить природоохранительное значение тех или иных выделов.

Е. Я. Мульдияров, Е. Д. Лапшина

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БРИОФЛОРЫ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

С созданием Тунгусского заказника начинается качественно новый этап в изучении природы этого района: этап планомерной всесторонней характеристики ландшафтной структуры территории. Ботанические исследования — флористические, экологические, фитоценотические — имеют приоритетное значение, поскольку именно в растениях, растительном покрове или продуктах их жизнедеятельности (например, в торфе) в той или иной мере отражаются свойства абиотических компонентов ландшафта (биогеоценозов) и могут быть зафиксированы следы Тунгусского феномена.

Собранные за последние годы флористические материалы позволяют составить достаточно полный конспект флоры сосудистых растений района заказника, но бриофлора, к сожалению, до сих пор изучена слабо. Некоторые сведения о наиболее широко распространенных мхах имеются в работах Л. В. Шумиловой [1931, 1963], Ю. А. Львова и соавторов [Львов, Бляхарчук, 1983; Львов, Иванова, 1963], Е. Д. Лапшиной и др. (см. наст. сборник). В настоящей статье обобщены результаты предварительной обработки коллекции листостебельных мхов, собранных в 1977 и 1982 годах. Сборы проводились довольно случайно, попутно при выполнении маршрутных геоботанических работ, поэтому список выявленных мхов не может претендовать на полноту.

В настоящее время список включает 137 видов, что составляет, по нашим оценкам, немногим более половины видового состава бриофлоры района. Из них 23 вида относятся к сфагновым, остальные 114 — к бриевым (зеленым) мхам из 59 родов и 29 семейств. Относительное богатство бриофлоры связано с наличием разнообразных в экологическом отношении местообитаний, обусловленных геолого-геоморфологическими особенностями строения территории и климатическими условиями.

Район представляет собой возвышенное плато, покрытое мало-мощными четвертичными отложениями. Залегающие близко к поверхности древние породы выходят на дневную поверхность в виде трапových возвышений с каменистыми осыпями по их склонам — курумниками [Шумилова, 1963], а также обнажаются глубоко врезаемыми долинами рек. Плоские междуречные пространства (плакоры) заняты зональными светлохвойными, главным образом лиственничными, лесами. Присутствие темнохвойных пород (ели, изредка кедра) наблюдается лишь по долинам рек и «межгорным» распадам.

Болота развиваются почти во всех отрицательных формах рельефа. Наличие островной вечной мерзлоты в районе проявляется в явлениях пучения грунтов, промерзания торфяных залежей болот с образованием мерзлотных торфяников и термокарста — локального протаивания и оседания грунта (торфа) с образованием провальных ям, озерков, топких понижений — ерсеев.

Эколого-фитоценотическая характеристика мхов приведена в таблице. В ней все разнообразие местообитаний сведено в четыре типа: болотный, лесной, прибрежно-водный и петрофитный. Выделение экологических групп произведено по шкалам Л. Г. Раменского и соавторов [1956] по двум основным экологическим факторам: увлажнению (У) и активному богатству (АБ) (трофности) почвы. По фактору активного богатства местообитания разделяются на олиго- (1—4 ступени), мезо- (5—10) и эвтрофную (11—14) группы. Согласно такому делению, все болотные местообитания укладываются в области олиго- и мезотрофного типов питания, лесные размещаются в мезотрофных условиях, а эвтрофными оказываются лишь прибрежно-водные и петрофитные местообитания.

По экологическому фактору увлажнения (в порядке возрастания) выделяются следующие группы: субксерофиты, ксеромезофиты, мезофиты, гидромезофиты, субгидрофиты и гидрофиты.

Болотные олиготрофные гидромезофиты обитают на мерзлотных бугристых торфяниках и представлены в основном сфагновыми мхами, среди которых особое значение имеет сфагн бурый *Sphagnum fuscum* — мощный торфообразователь и эдификатор крайне олиготрофных болотных сообществ, широко используемый для датировки торфяных колонок [Мульдияров, Лапшина, 1983]. Олиготрофные субгидрофиты — мхи сфагновых, осоково-сфагновых топей, мочажин и ерсеев: *Sphagnum majus*, *S. balticum*, *S. flexuosum*.

Мезотрофные гидромезофиты слагают моховой покров заболоченных лесов и ерников, встречаются также на грядах грядово-мочажинных болот (*Sphagnum warnstorffii*, *Aulacomnium palustre* и др.), в то время как субгидрофиты занимают обводненные мочажины, периферийные и транзитные топи (*Sphagnum riparium*, *S. teres*, *Drepanocladus aduncus*, *D. vernicosus* и др.).

Лесные мхи представлены в основном напочвенными (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*) и эпиксильными (*Dicranum fuscescens*, *D. muehlenbeckii* и др.) мезофи-

Эколого-фитоценотическая характеристика мхов

Вид	Эколого-фитоценотические группы										
	Болотные				Лесные		Прибрежно-водные	Петрофитные			
	Олиготрофы		Мезотрофы					Эвтрофы			
	Гидромезофиты	Субгидрофиты	Гидромезофиты	Субгидрофиты	Напочвенные мезофиты	Эпиксильные мезофиты	Гидромезофиты	Гидрофиты	Эпигитные субксерофиты	Литофильные ксеромезофиты	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Сем. Sphagnaceae	2	+	1	1							
<i>Sphagnum angustifolium</i>	2	+	1	1							
<i>S. balticum</i>		2		1							
<i>centrale</i>			1								
<i>fallax</i>				1							
<i>flexuosum</i>		2		3							
<i>fuscum</i>	3										
<i>girgensohnii</i>			2	+							
<i>jensenii</i>		1									
<i>lindbergii</i>		1									
<i>magellanicum</i>	2		2								
<i>majus</i>		1									
<i>nemoreum</i>	1		+								
<i>orientale</i>				+							
<i>papillosum</i>				+							
<i>riparium</i>				3							
<i>rubellum</i>	2										
<i>russowii</i>	+		1								
<i>squarrosum</i>			1	+							
<i>subsecundum</i>			1	1							
<i>tenellum</i>			+								
<i>teres</i>				3							
<i>warnstorffii</i>			3	1							
<i>wulfianum</i>			1								
Сем. Polytrichaceae											
<i>Polytrichum alpinum</i>					+						+
<i>P. commune</i>			2								
<i>gracile</i>			1								
<i>juniperinum</i>					1						
<i>piliferum</i>					1						
<i>strictum</i>	2		+								
Сем. Ditrichaceae											
<i>Ditrichum cylindricum</i>							+				
<i>D. flexicaule</i>							+				
<i>Ceratodon purpureus</i>			+		2	+					+
<i>Distichium inclinatum</i>					+						
Сем. Dicranaceae											
<i>Anisothecium varium</i>						+					
<i>Dicranella cerviculata</i>					+		+				
<i>Oncophorus wahlenbergii</i>						+					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Dicranum affine</i>			+							
<i>D. bonjeanii</i>	1		+							
<i>elongatum</i>			+			+				
<i>fuscens</i>			+		+	2				+
<i>majus</i>			+			+				
<i>muehlenbeckii</i>						1				
<i>polysetum</i>	1					+				
<i>scoparium</i>			+			1				
<i>spadiceum</i>						1				+
Сем. Encalyptaceae										
<i>Encalypta ciliata</i>										1
<i>Bryobrittonia pellucida</i>							1			
Сем. Trichostomaceae										
<i>Barbula rigidula</i>										+
<i>Bryoerytrophillum recurvirostre</i>			+			1				+
Сем. Crimmiaceae										
<i>Scouleria rschewinii</i>								1		
<i>Schistidium agassizii</i>							+	1		
<i>S. apocarpum</i>							1			1
<i>confertum</i>									1	+
<i>Racomitrium sudeticum</i>									1	1
Сем. Bryaceae										
<i>Pohlia cruda</i>										1
<i>P. crudoides</i>										1
<i>sphagnicola</i>			+							
<i>nutans</i>			+		1	1				
<i>Microbryum wahlenbergii</i>							1			
<i>Bryum affine</i>			+							
<i>B. pallens</i>							+			
<i>pallesces</i>							+			
<i>pseudotriquetrum</i>			1	+			+			
Сем. Mniaceae										
<i>Mnium cinclidioides</i>			1				+			
<i>M. marginatum</i>										+
<i>rostratum</i>			+		+	+				
<i>rugicum</i>			1		+					
Сем. Aulacomniaceae										
<i>Aulacomnium palustre</i>	+		2			+	+			
<i>A. turgidum</i>			+							
Сем. Meesiaceae										
<i>Paludella squarrosa</i>			1	+						
<i>Meesia triquetra</i>				1						
<i>M. longiseta</i>				+						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сем. Bartramiaceae										
<i>Plagiopus oederi</i>										1
Сем. Timmiaceae										
<i>Timmia norvegica</i>							+			
Сем. Orthotrichaceae										
<i>Orthotrichum anomalum</i>									+	+
Сем. Fontinalaceae										
<i>Fontinalis antipyretica</i>								1		
<i>F. hypnoides</i>								1		
<i>nitida</i>								+		
Сем. Climaciaceae										
<i>Climacium dendroides</i>			1		+	+	1			
Сем. Hedwigiaceae										
<i>Hedwigia ciliata</i>									1	
Сем. Neckeraceae										
<i>Neckera pennata</i>									+	1
Сем. Leskeaceae										
<i>Leskea polycarpa</i>										+
<i>L. nervosa</i>										+
<i>Pseudoleskeella tectorum</i>										+
Сем. Thuidiaceae										
<i>Thuidium philibertii</i>			+		+					
<i>T. recognitum</i>			1							
<i>Abietinella abietina</i>									2	+
<i>Helodium blandowii</i>			2			+				
Сем. Cratoneuraceae										
<i>Cratoneurum commutatum</i>							+	+		
<i>C. filicinum</i>							1			
Сем. Amblystegiaceae										
<i>Campyllum chrysophyllum</i>										+
<i>C. hispidulum</i>			+			+				
<i>polygamum</i>			+				+			
<i>stellatum</i>			1			+				
<i>Leptodictyum riparium</i>							+	1		
<i>Amblystegium serpens</i>			+			1				+
<i>A. juratzkanum</i>			+			+				
<i>varium</i>			+			1				+
<i>Drepanocladus aduncus</i>			+	3			+			
<i>D. exannulatus</i>				2			1			
<i>fluitans</i>		+		1						
<i>lapponicus</i>				3						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>D. sendtneri</i>				1			+			
<i>uncinatus</i>			+	+		1				+
<i>vernicosus</i>				3						
<i>Hydrohypnum luridum</i>								1		
<i>H. ochraceum</i>								1		
<i>Calliergon cordifolium</i>			+	1			1			
<i>C. giganteum</i>			+	1			1			
<i>stramineum</i>		+	+	+						
<i>Calliergonella cuspidata</i>			+	1						
Сем. Brachytheciaceae										
<i>Tomenthypnum nitens</i>			3	+						
<i>Brachythecium albicans</i>					+	+				
<i>B. mildleanum</i>			+	1			1			
<i>populeum</i>						+				
<i>reflerum</i>			+			+				
<i>salebrosum</i>			+			+				
<i>turgidum</i>			+	+			+			
<i>Eurhynchium pulchellum</i>					+	+				
Сем. Entodontaceae										
<i>Pleurozium schreberi</i>	+		+		3	1				
Сем. Plagiotheciaceae										
<i>Plagiothecium laetum</i>			+			+				
<i>Isopterygium pulchellum</i>			+			+				+
<i>I. turfaceum</i>			+							
Сем. Sematophyllaceae										
<i>Heterophyllum haldanianum</i>					+					+
Сем. Hypnaceae										
<i>Hypnum bambergieri</i>									+	
<i>H. callichroum</i>			+							
<i>cupressiforme</i>			+			+				+
<i>lindbergii</i>			+	+			2			
<i>Ptilium crictacastrensis</i>			+		+	1				
Сем. Rhytidiaceae										
<i>Rhytidium rugosum</i>									+	+
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>					1					
Сем. Hylocomiaceae										
<i>Hylocomium splendens</i>			+		3	+				

Примечание. Фитоценотическая роль мхов указана в баллах: 3 — эдификаторы и доминанты, 2 — содоминанты, 1 — ассектаторы, + — единично встречающиеся виды. Названия мхов даны по «Определителю листостебельных мхов Арктики СССР» А. Л. Абрамовой и соавторов [1961] и «Определителю сфагновых мхов СССР» Л. И. Савич-Любичко и З. Н. Смирновой [1968].

тами. Исключение составляют лишь две группы мхов (они не включены в таблицу) лесных местообитаний: ксеромезофильные эпифиты *Pylaisia polyantha* (сем. Hypnaceae), *Drepanocladus uncinatus* (сем. Amblystegiaceae) и *Stroemia obtusifolia* (сем. Orthotrichaceae), из которых только последний — облигатный эпифит, и эвтрофные копрофильные мхи из сем. Splachnaceae, обитающие на экскрементах и останках животных: *Tetraplodon angustatus*, *T. mnioides*, *Splachnum rubrum* и *S. luteum*.

Тип прибрежно-водных местообитаний включает группу собственно водных мхов — гидрофитов (*Fontinalis*, *Scouleria*, *Hygrohypnum*) и группу гидромезофитов, обитающих по аллювию вдоль рек в условиях постоянно высокой влажности воздуха и почвы и периодического затопления (*Mniobryum wahlenbergii*, *Bryum pallescens* и др.).

В петрофитном типе местообитаний выделены субксерофильные эпилиты, растущие на открытых солнцу и ветру поверхностях скал и камней (*Hedwigia ciliata*), и ксеромезофильные литофильные мхи, обитающие в более или менее защищенных или затененных нишах каменистых обнажений или на отдельных камнях на мелкоземье.

Дальнейшие исследования бриофлоры района должны вестись в направлении уточнения и пополнения видового состава, установления экологических параметров и фитоценотической роли мхов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова А. Л., Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. П. Определитель листовых мхов Арктики СССР. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. — 715 с.
- Львов Ю. А., Бляхарчук Т. А. Мерзлотный торфяник в центре области выпадения вещества Тунгусского метеорита // Метеоритные и метеорные исследования. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. — С. 84—99.
- Львов Ю. А., Иванова Г. М. Провальные термокарстовые депрессии на крупнобугристых торфяниках района падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963. — С. 48—58.
- Львов Ю. А., Лагутская Л. И., Иванова Г. М. Болота района падения Тунгусского метеорита. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963. — С. 34—47.
- Мульдьяров Е. Я., Лапшина Е. Д. Датировка верхних слоев торфяной залежи, используемой для изучения космических аэрозолей // Метеоритные и метеорные исследования. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. — С. 75—84.
- Раменский Л. Г. и др. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. — М.: Сельхозгиз, 1956. — 472 с.
- Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. П. Определитель сфагновых мхов СССР. — Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. — 112 с.
- Шумилова Л. В. О бугристых торфяниках южной части Туруханского края // Изв. Томск. отд. Русск. бот. о-ва. — 1931. — Т. 3, № 1—2. — С. 1—13.
- Шумилова Л. В. Очерк природы района падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963. — С. 22—23.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Потребность изучения следов Тунгусского метеорита и организация Тунгусского комплексного биосферного заказника требуют тщательного исследования природных условий района падения и в первую очередь растительного покрова, тем более что сведений о растительности этого района крайне мало [Положий, 1972; Шумилова, 1931, 1962б]. В районе падения была проведена реконструкция лесотаксационных характеристик «докатастрофного» леса [Некрасов, Емельянов, 1967], а также изучались биологические последствия падения, в частности изменения скорости роста деревьев [Некрасов, 1962; Некрасов, Емельянов, 1963, 1964].

Данные обзорного характера о растительности междуречья Подкаменной и Нижней Тунгусок содержатся в работах Л. В. Шумиловой [1949, 1962а, б], Е. Л. Любимовой [1962], Ю. П. Пармузина [1962], В. И. Некрасова [1974], лесорастительное районирование края и характеристику лесов дает В. П. Кутафьев [1971]. В сопредельных районах работали Г. А. Боровиков [1912, 1913], В. В. Ревердатто [1940, 1965], А. В. Положий [1960, 1964; Положий, Мальцева, 1970]. На фитоценоотическом уровне растительный покров района совершенно не исследовался.

В 1982—1983 годах в районе падения Тунгусского метеорита было проведено геоботаническое обследование. В междуречье Чамбы, правого притока Подкаменной Тунгуски, и Кимчу, левого притока Чуни, выполнено более 150 описаний растительности, собран обширный гербарий мхов и высших растений и начато картирование растительного покрова района планируемого заказника.

Растительный покров района очень сложен, что обусловлено историей развития страны и особенностями ее физической географии. Согласно Л. В. Шумиловой [1962а, б], эта территория относится к Южно-Эвенкийской провинции Средней Сибири и занимает промежуточное положение между зоной южно-таежных сосновых лесов бассейна Ангары и зоной северотаежных лиственных лесов к северу от Нижней Тунгуски, а по условиям представляет собой нечто среднее между Западной и Восточной Сибирью с присущими им умеренно и резко континентальными типами климата. Следствие этого — взаимопроникновение и мозаичное смешение единиц растительного покрова, присущих смежным зонам и провинциям. С другой стороны, происходит наложение ареалов и широкое развитие гибридизации между отдельными видами. При этом некоторые из гибридов могут выступать

в качестве строителей растительных сообществ на значительных площадях, например *Larix sibirica* Ledeb. $\times$ *L. gmelini* Rupr., *Betula exilis* Sukacz. $\times$ *B. nana* L. *

Пестрота и сложность растительного покрова усугубляются низкорным рельефом местности и яркими проявлениями древнего вулканизма. Рельеф района исследований представляет собой расчлененное многочисленными долинами ручьев и рек холмистое плато, над которым возвышаются куполо- и конусообразные трапцевые тела, часто с курумниками на склонах и скалистыми выходами. Они представляют собой отпрепарированные денудацией палеовулканы [Лиханов, 1962]. Один из таких палеовулканов — Великая котловина в эпицентре падения Тунгусского метеорита [Сапронов, Соболенко, 1975]. Абсолютные отметки поверхности составляют 250—500 м, редко отдельные возвышенности достигают 600 м над ур. м., с чем связано проявление элементов вертикальной поясности. Формы поверхности и пестрота литологического состава материнских пород определяют глубину залегания мерзлоты, что также отражается на характере растительности.

Растительный покров района образован лесами, заболоченными кустарниковыми сообществами и редколесьями, болотами, лугами, группировками щебнистых склонов и курумников и водной растительностью.

Леса занимают около 70 % площади. Типологическое разнообразие их определяется приуроченностью к различным элементам рельефа, литологией пород, экспозициями склонов. Преобладают смешанные лиственнично-сосновые и березово-сосново-лиственничные древостой с хорошо выраженным кустарниковым ярусом и слабо развитым травяным покровом, а также всевозможные производные варианты лесов, находящиеся на разных стадиях послепожарного восстановления. За последние 200 лет в этом районе зарегистрировано пять крупных пожаров, включая пожар 1908 г. [Курбацкий, 1964; Фуряев, 1975]. Поэтому неоднородность возрастного состава и качественного состояния древостоев — одна из природных особенностей не только «послекатастрофных», но и исходных типов леса [Некрасов, Емельянов, 1967].

Светлохвойные леса в районе падения образованы сосной *Pinus sylvestris* L., гибридной формой лиственницы *Larix sibirica* $\times$ *L. gmelini*, которую многие исследователи рассматривают как самостоятельный вид — *Larix czekanowskii* Sza., и в меньшей степени лиственницей сибирской *L. sibirica*. Характерно небольшое участие в древесном ярусе берез: широколистной *Betula platyphylla* Sukacz. и саянской *B. sajanensis* V. Vassil. На однотипных местообитаниях леса с преобладанием сосны или лиственницы имеют сходные по составу и структуре напочвенные покровы.

* Все латинские названия растений даны по книге С. К. Черепанова «Сосудистые растения СССР» [1981].

Выделены толокнянковая, лишайниковая, спирейная, травяно-кустарничковая, кустарничково-зеленомошная и ольховниково-кустарничково-зеленомошная группы типов светлых лесов (табл. 1, колонки 2—6).

Толокнянковые леса (толокнянковые, бруснично-толокнянковые, спирейно-бруснично-толокнянковые) развиты на округлых открытых вершинах крупных холмов и гряд, которые тянутся обычно вдоль долин ручьев, реже встречаются на вершинах трап-повых гор. В этой группе лесов древостой, как и подрост, преимущественно сосновый разновозрастный и разновысотный с незначительной примесью лиственницы и березы. В напочвенном покрове господствует толокнянка *Arctostaphylos uva-ursi* (60—70 %), ей сопутствуют, иногда в значительном обилии, брусника *Vaccinium vitis idaea* и таволга средняя *Spirea media*. Единично встречается можжевельник сибирский *Juniperus sibirica*, шиповник иглистый *Rosa acicularis*, из травянистых растений *Festuca supina*, *Scorzonera radiata*, *Antennaria dioica*, *Pulsatilla multifida*, *Thesium repens*, *Euphorbia discolor*. Мхи *Ceratodon purpureus* и *Polytrichum piliferum* угнетены, покрывают не более 5 % площади или совсем отсутствуют.

Лишайниковые леса (лишайниковые, голубично-лишайниковые, бруснично-лишайниковые) встречаются на крутых склонах трап-повых поднятий южных экспозиций с маломощными скелетными почвами и занимают незначительную площадь. Древесный ярус этих лесов лиственничный или сосново-лиственничный, редко сосновый, но тогда с подростом из лиственницы. Кустарничковый ярус обычно хорошо развит и образован голубикой *Vaccinium uliginosum* (10—15 %), брусничкой (от 1 до 10 %), в меньшем обилии встречаются можжевельник, толокнянка и другие виды. Набор травянистых растений сходен с таковым предыдущей группы. Общее покрытие их не превышает 2—3 %. Напочвенный покров образован лишайниками (70 %), в виде примеси обычны мхи *Polytrichum piliferum*, *Pleurozium schreberi*.

Спирейные леса, преимущественно сосновые, покрывают щебнистые крутые склоны трап-повых гор. Они часто встречаются в Великой котловине, но в целом по району занимают небольшие площади. Данная группа лесов характеризуется развитием густого низкорослого яруса из таволги средней с покрытием (от 10—15 до 40 %), шиповника иглистого (2—7 %), брусники (6—20 %). Из травянистых растений рассеянно встречаются *Lathyrus humilis*, *Festuca supina*, *Galium boreale*, *Carex sabynensis*, *Viola montana*, *Arabis hirsuta*, *Thalictrum foetidum* и др. Моховой покров мелкопятнистый, в зависимости от экспозиции склона занимает от 0,5 до 15 %.

Кустарничковые и травяно-кустарничковые леса развиты на нижних и средних частях склонов южной экспозиции, а также западной и юго-западной. Эта группа лесов занимает большие площади и весьма разнообразна по набору входящих в нее типов. Она включает как первичные типы леса, так и производные вари-

анты кустарничково-зеленомошных светлохвойных лесов. Древесный ярус характеризуется примерно равным участием сосны и лиственницы и несколько меньшим обилием березы. Подрост сосновый, единично встречаются лиственница и кедр *Pinus sibirica* Du Roi. Кустарничковый ярус хорошо развит, полидоминантный, разделяется на два — три подъяруса. В разных сочетаниях и обилиях встречаются: можжевельник сибирский, брусника, водяника *Empetrum sibiricum*, голубика, жимолость Палласа *Lonicera pallasii*. Проективное покрытие трав достигает 3—5, редко 10 %. Видовой состав разнообразен и непостоянен. Наиболее часто встречаются *Lathyrus humilis*, *Chamerion angustifolium*, *Euphorbia discolor*, *Cimicifuga foetida*, *Atragene sibirica*, *Lilium martagon*, *Carex macroura*. Мохово-лишайниковый покров развит слабо.

Кустарничково-зеленомошные леса занимают те же высотные уровни, что и предыдущая группа, но в основном склоны северной и восточной экспозиции. В древесном ярусе преимущество получает лиственница, древостой березово-сосново-лиственничный и березово-лиственничный с примесью сосны. Подрост разнообразный по составу с преобладанием сосны или лиственницы, единично встречается кедр, реже ель *Picea obovata* Ledeb. Доминантами и содоминантами густого кустарничкового яруса выступают голубика (15—70 %), брусника (5—30 %), багульник *Ledum palustre* (5—45 %), реже другие виды. Травяной покров не выражен. Характерная черта этой группы лесов — хорошо развитый моховой покров из *Pleurozium schreberi*. В виде значительной примеси (от 5 до 20 %) встречается *Hylocomium splendens*, в меньшем количестве *Dicranum polysetum*, *Drepanocladus uncinatus* Warnst и другие виды.

Ольховниково-кустарничково-зеленомошные леса развиты на плоских водораздельных траптовых возвышенностях и в верхней части их склонов. Они занимают более высокие абсолютные уровни, чем кустарничковые и зеленомошно-кустарничковые типы лесов, и замещают их вверх по склону. На вершинах до 400—500 м над ур. м. эти леса образуют пояс. Древесный ярус — березово-лиственничный, березово-сосново-лиственничный, реже лиственнично-сосновый. Значительную примесь иногда дает осина *Populus tremula* L., встречаются кедр и ель. Обязательно присутствие и хорошее состояние темнохвойных пород в древесном подросте, наряду с сосной, березой и лиственницей. В лесах этой группы хорошо развит подлесок из кустов ольховника *Duschekia fruticosa*, покрытие ее может колебаться от 0,5 до 20—25 %. Единично растет рябина *Sorbus sibirica*. В кустарничковом ярусе абсолютно доминирует брусника, проективное покрытие ее достигает 40—70 %, в небольшом обилии (от 3—5 до 15—20 %) обычны можжевельник, багульник, сопутствуют голубика, водяника, роза иглистая, жимолость, таволга средняя. Из травянистых растений наряду с обычными для светлохвойных лесов видами, такими как *Festuca supina*, *Euphorbia discolor*, *Cimicifuga foetida*, *Atragene sibirica*, встречаются элементы таежного мелко-

Фитоценотическая характеристика напочвенного

Вид	Типы растительности				
	Леса				
	Группы формаций				
	сосновые, листвен- ничные		березово-сосново-лиственнич- ные		
	Типы местообитаний				
	суходольные				
	вершины и щербистые склоны трап- повых высот	округлые вершины холмов и гряд	нижн. и ср. части скло- нов южн. и зап. экспо- зиции	нижн. и ср. части скло- нов сев. и вост. экспо- зиции	плоские во- дораздель- ные трапо-
	Группы типов фитоценозов				
спирейные и бруснично- спирейные	лишайнико- вые и толло- княнковые	травяно-ку- старничко- вые	кустарничко- во-зелено- мошные	ольховнико- во-кустар- ничково-зе- леномошные	
1	2	3	4	5	6
<i>Травяно-кустарничковый по- кров</i>					
<i>Arctostaphylos uva ursi</i> Spreng.		1—5	2		
<i>Spirea media</i> Schmidt.	4	2—4	4	2	1—2
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	2—3	1—4	1—3	1	1—2
<i>Vaccinium vitis idaea</i> L.	3—4	3—4	4	2—5	3—5
<i>Juniperus sibirica</i> Burstd.	2	2	2—3	2	2—4
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	1			1	1—2
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.		1—3	2	2—5	2
<i>Empetrum sibiricum</i> V. Vassil.			3—4	1—3	2—3
<i>Rubus sachalinensis</i> Levl.	1		1—2	1	
<i>Duschekia fruticosa</i> Pouzar.					1—4
<i>Lonicera pallastii</i> Ledeb.	1		2	1—2	1
<i>Ledum palustre</i> L.				1—5	1—4
<i>Carex sabyensis</i> Less et Kunth.	1—2	1			
<i>Pulsatilla multifida</i> Juz.	1—2	1			
<i>Viola montana</i> L.	1	1	1	1	
<i>Crepis tectorum</i> L.	1		1	1	
<i>Campanula glomerata</i> L.		1	1	1	
<i>Senecio integrifolius</i> Clairv		1	1	1	1
<i>Festuca sphangicola</i> B. Keller	1	1—2	2	1—2	1
<i>Hedysarum arcticum</i> B. Fedtsch.		1—2	1—2		
<i>Antennaria dioica</i> Gaetn.	1	1	1	1	1
<i>Euphorbia discolor</i> Ledeb.	1	1	1	1	1
<i>Scorzonera radiata</i> Fisch. ex Led.		1—2	1	1	
<i>Thesium repens</i> Ledeb.	1	1	1	2	1
<i>Galium boreale</i> L.	1	1	1	2	1
<i>Lathyrus humilis</i> Spreng.	2—3	1—2	2—4	2	1—2

Equisetum scirpoides Michx.

Cimicifuga foetida L.

Poa pratensis L.

Pedicularis labradorica Wir-
sing

Thalictrum minus L.

Thalictrum foetidum L.

Chamerion angustifolium Ho-
lub.

Lilium martagon L.

Hieracium farinirimum Juxin.

Pyrola incarnata Freyn.

Polemonium boreale Adam.

Goodiera repens R. Pir.

Carex macroura Meish.

Orthilia obtusata Jurtz.

Atragene sibirica L.

Achillea millefolium L.

Viola uniflora L.

Linnaea borealis L.

Maianthemum *bifolium*

F. W. Schmidt

Herminium monorchis R. Br.

Calamagrostis obtusata Trin.

Diphasiastrum complanatum
Holub.

Lycopodium annotinum L.

Trientalis europaea L.

Mitella nuda L.

Equisetum sylvaticum L.

Ranunculus borealis Trautv.

Saussurea subendorffii Herd.

Salix saposhnikovii

A. Skvortz.

Betula humilis Schrank.

Betula exilis Sukacz. × *B. na-*
na L.

Chamaedaphne calyculata Mo-
ench

Spiraea salicifolia L.

Pentaphylloides *fruticosa*
O. Schw.

Salix myrtilloides L.

S. rosmarinifolia L.

Ribes procumbens Pall.

Salix pentandra L.

Calamagrostis *langsdorffii*
Trin.

Lathyrus palustris L.

Trisetum sibiricum Rupr.

Delphinium elatum L.

Petasites frigidus Cass.

Smilacina trifolia Desf.

Comarum palustre L.

Galium uliginosum L.

G. palustre L.

7	8	9	10	11	12	13	14
1—2	2		1				
		1	1		1	1	
1	1	1			1	1 1	
1—2 1		1				1	
1—2	2			1—2	1		
1—2	1						
1—2	1						
1—2	1	1					
2							
2—3	1		1	1			
2							
1							
2		2					
1							
1—4			1—2			1	
1—2							
1—2							
1—3	2						
			1			1	
1	2		2	1	1	2	1
	2	2	3—4	2	2—3	2—4	2—3
1—2		2	2	2—3	3—5	4—5	1—2
			1—4	3—4	1—2	1—2	4—5
	1		2	2—3			1—2
1—3		1—3	2		1	1	1
	1		1	1	1—2	2	1—2
						1—2	1—2
			1—2		2—3 2—3	2—3	1—2
					1		1
	2	4—5	1		1	2	1—2
		1		1	1	1	
		2		1	1	1—2	
		2		1	1	1	1
			1—2	1	1—2	1	1
			1—2		1—2	1	1
		1		1	1		1
		1	1		1	1	
		1			1		1

1	2	3	4	5	6
<i>Carex redowskiana</i> C. A. Mey.					
<i>Ranunculus monophyllus</i> Ovcz.					
<i>Carex capitata</i> L.		1	1		
<i>Tanacetum vulgare</i> L.					
<i>Lycopodiella inundata</i> Holub.				1	
<i>Carex globularis</i> L.					
<i>Equisetum patense</i> L.					
<i>Rubus arcticus</i> L.				1	
<i>Vicia cracca</i> L.				1	
<i>Peucedanum salinum</i> P. et Spreng.					
<i>Carex juncella</i> Th. Fries			1		
<i>Stellaria peduncularis</i> Bunge					
Мохово-лишайниковый покров, лишайники	4	2--5	3		1--4
<i>Ceratodon purpureus</i> Brid.	3	2	1		
<i>Pleurozium schreberi</i> Mitt.	1--2	1	2	4--5	4--5
<i>Dicranum polysetum</i> Mich.	1--2		2	1--2	2--4
<i>Hylocomium splendens</i> Br. Sch. Gmb.			1--2	2--5	4
<i>Sphagnum wulfianum</i> Girg.					
<i>S. warnstorffianum</i> Du Rietz					
<i>Aulacomnium palustre</i> Schwagr.				1--3	
<i>Tomenthypnum nitens</i> Loeske					
<i>Mnium cinclidioides</i> Hüb.					

Примечание. Приведены только фитоценоотически значимые или широко %: 1 — <1, 2—1—5, 3—5—15, 4—15—40, 5—> 40.

травья: *Maianthemum bifolium*, *Orthilia obtusata*, *Linnaea borealis*. Сплошной моховой покров почти в равном соотношении образуют *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*. В производных вариантах этих лесов значительное разнообразие получают лишайники. Некоторые типы данной группы являются восстановительными стадиями темнохвойно-лиственничных лесов, с которыми они имеют большое сходство.

Лиственничные леса со значительной долей в древостое и подросте ели и кедра — *субори* [Шумилова, 1963] — сочетают в себе черты бора и тайги (см. табл. 1, колонка 7). В коренном виде они встречаются относительно редко по плоским или слегка пониженным участкам траптовых возвышенностей и представлены елово-лиственничными, кедрово-елово-лиственничными, березово-елово-лиственничными мелкотравно-зеленомошными и ольховниково-бруснично-зеленомошными лесами. В древостое этих лесов, как и их производных, участвует береза широколистная. В подлеске обычен ольховник (от 1 до 30 % покрытия), единично встречается рябина. Типичные представители травяного яруса — *Maianthemum bifolium*, *Mitella nuda*, *Trientalis europaea*, *Orthilia obtusata*,

7	8	9	10	11	12	13	14
					1	1	
			1	1	1	1	1
			1		1—2	2	1
						1	
			3—4	2—3	2—3	1	2—3
1	1—2	2	1			1—3	
	2	2	1—2	1	1—2	1	1—2
	1—2	1	2	1	1	1	
			1		1	1—2	1
		4				1—2	1
			1	1	1	1	
						1—2	
4—5	2		1	1	1	1	1
2—4	1				1		1
4—5	5		2	5	1—2	1—3	1—2
			3—5				
		3	3—5	1—2	1—2		4—5
2	1—2		2—3	1—3	4—5	2—4	1—3
			2—3	1—2	2—5	4—5	1—3
		4					

распространенные виды растений, Обилие видов дано в баллах проективного покрытия,

Diphasiastrum complanatum, *Goodiera repens*, *Linnaea borealis*, из кустарничков обильна брусника. В моховом покрове характерно сочетание *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens* или преобладание последнего.

Редко, небольшими массивами, в районе встречаются *темно-хвойные леса*: березово-елово-кедровые и елово-кедровые мелко-травно-зеленомошные. Они, как правило, укрыты в защищенных местах: неглубоких распадках, у основания склонов. Участки таких лесов сохранились в центре района катастрофы — у подножия горы Вюльфинг. Соотношение пород в древостое и древесном подросте примерно одинаково и отвечает формуле 4КЗЕЗБ. Кустарничковый ярус развит слабо, образован брусникой (5 %), рассеянно растут можжевельник, шиповник иглистый, жимолость Палласа. В редком травяном покрове встречаются *Viola uniflora*, *Equisetum sylvaticum*, *Calamagrostis obtusata*, *Lycopodium annotinum*, *Herminium monorchis* и др. Моховой покров образован этажным мхом *Hylocomium splendens*.

Особую группу образуют *прирусовые елово-лиственничные бруснично-зеленомошные леса*. Они развиты повсеместно в виде

узких полос шириной 5—20 м по прирусловым валам рек. Древо-стой этих лесов двухъярусный. Первый ярус образован редкими высокоствольными лиственницами, второй — довольно густой еловый с незначительной примесью кедра и лиственницы. Подрост кедрово-еловый. Кустарничковый ярус многовидовой, из обычных лесных видов: голубики, можжевельника, ивы Сапожникова *Salix saposhnikovii*, таволги средней; кроме того, появляются красная смородина *Ribes hispidulum* Pojark, березка приземистая *Betula humilis*, курильский чай *Pentaphylloides fruticosa*, абсолютный доминант — брусника, покрытие которой достигает 50—60 %. Своеобразен видовой состав редкого травяного яруса прирусловых лесов. Чаше других встречаются *Valeriana officinalis*, *Senecio nemorensis*, *Hedysarum arcticum*, *Astragalus schumilovae* Polozh., *Calamagrostis langsdorffii*, *Elymus jacutensis* Tzvel., *Cacalia hastata* и др. Характерно обогащение травостоя луговыми видами, такими как *Alopecurus pratensis*, *Bromopsis inermis* Holub., *Sanguisorba officinalis*, *Heracleum dissectum*. В сплошном моховом покрове доминирует этажный мох *Hylocomium splendens*, реже *Rhytidio delphus triquetrus* Warnst. Вторичный вариант светлохвойных лесов и суборей — мелколиственные березовые и осиновые леса с большим и меньшим участием лиственницы и сосны.

Остальные типы древесной и кустарниковой растительности заболочены и составляют естественный переход к торфяным болотам (см. табл. 1, колонки 9—14). Наиболее распространены *лиственничные и елово-лиственничные редколесья* с низкорослым фауным древостоем. Они занимают около 10 % площади и приурочены к долинам рек, нижним частям склонов и глубоким логам. Нами описана одна из групп елово-лиственничных редколесий, представленная двумя типами: кустарничково-осоково-зеленомошные и ерничково-зеленомошные редколесья. Они приурочены к долинам рек и часто сменяют прирусловые леса в направлении от реки к краю долины. Кустарничковый ярус редколесий многовидовой, наиболее характерны березка карликовая *Betula nana* × *B. exilis* (в обилии от 10 до 40 %), брусника (25 %), голубика (3—7 %), березка приземистая (3—10 %), кассандра *Chamaedaphne calyculata* (1—7 %). В меньшем обилии и непостоянно встречаются багульник, ива Сапожникова, жимолость, курильский чай. В травяном покрове характерно присутствие осоки шарообразной *Carex globularis*, остальные виды единичны. Сплошной моховой покров образован этажным мхом, но в виде примеси встречаются разнообразные болотные мхи: *Aulacomnium palustre*, *Tomenthypnum nitens*, *Helodium blandowii* Warnst., *Sphagnum warnstorffianum*, *Sph. squarrosum* и др. Разнообразие заболоченных редколесий в данном районе значительно больше и они требуют дальнейшего изучения.

Другую группу заболоченных типов растительности составляют заболоченные березовые леса и мелколесья из березы саянской и пушистой *Betula pubescens* Ehrh. Выделено три группы таких типов лесов: кустарничково-осоково-политриховые, кустарнич-

КОВО-ОСОКОВО-МОХОВЫЕ И КУСТАРНИЧКОВО-ДЕРНИСТООСОКОВО-ВЕЙНИКОВЫЕ.

Кустарничково-шароподноосоково-политриховые березовые мелкоколосья занимают незначительные площади и встречаются по окраинам верховых торфяников. Древостой тонкоствольный, низкорослый (3—5 м), образован куртинами порослевого происхождения. Обычные лесоболотные кустарнички — багульник, голубика, кассандра, брусника — образуют хорошо выраженный ярус. Травянистые растения представлены только осокой шароплодной, покрытие которой может достигать 20 %. Моховой покров образован *Polytrichum affine* (50—60 %), *P. commune* Hedw. (10—20 %), в виде примеси встречаются *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum nemoreum*, *Sph. warnstorffianum*, *Pleurozium schreberi*.

Кустарничково-шароподноосоково-моховые сфагновые и сфагново-буромошные мелкоколосья развиваются полосами по периферии крупных болотных и ерниковых массивов. Из кустарничков обычны ива Сапожникова, ива черничная *Salix myrtilloides*, голубика, брусника, реже таволга иволлистая *Spirea salicifolia*, карликовая березка, кассандра и др. Травяной покров более богат, чем в предыдущей группе. Сфагны образуют сплошной моховой покров, основные доминанты *Sph. wulfianum*, *Sph. warnstorffianum*. В отдельных типах заболоченных лесов значительную роль играют мхи так называемой буромошной группы [Шумилова, 1962 а, б]: *Aulacomnium palustre*, *Tomenthypnum nitens* и др.

Кустарничково-кочкарноосоково-вейниковые березовые леса занимают незначительные площади в приустьевых частях долин ручьев. Кустарниковый ярус многовидовой, общее покрытие его 15—20 %, образован *Saxex pyrolifolia* Ledeb., ивой Сапожникова, жимолостью, обильно разрастаются черная (*Ribes nigrum*) и красная смородина. В травяном покрове доминируют вейник Лангсдорфа *Calamagrostis langsdorffii* и осока *Carex cespitosa*, в меньшем обилии встречаются *Trisetum sibiricum* Rupr., *Delphinium elatum*, *Lactuca sibirica*, *Senecio erucifolius* L., *Equisetum pratense* L. Моховой покров пятнистый. Основной фон образует *Mnium cinclidioides*, на кочках и приствольных повышениях растут *Sphagnum warnstorffianum*, *Climacium dendroides* и др.

К заболоченным типам растительности относятся кустарничковые заросли из березки приземистой и березки карликовой — ерники (см. табл. 1, колонки 12—14). Они являются одним из характерных и своеобразных элементов растительного покрова района, хотя и занимают всего 5—7 % площади. Ерниковые заросли приурочены к долинам мелких речек, ручьев, лощинам и логам и развиваются на торфяно-болотных почвах, подстилаемых мерзлыми грунтами. Выделено три основные группы типов ерников: залесенные лиственничные и елово-лиственничные буромошные и осоково-буромошные ерники из березки приземистой; травяно-буромошные из той же березки и буромошно-сфагновые и сфагновые ерники из карликовой березки. Типологическое разнообразие ерниковых фитоценозов в пределах групп очень вели-

ко. Это определяется многими факторами: разработанностью долин, в которых они развиваются, режимом увлажнения, глубиной оттаивания вечной мерзлоты, экспозицией склонов, стадией развития ерников и другими причинами.

Лиственничные и елово-лиственничные буромошные и осоково-буромошные ерники развиты по днищам долин рек и крупных ручьев. Они характеризуются хорошо выраженным древесным ярусом из лиственницы и ели. Древостой угнетен, не сомкнут, со слабо развитыми фаутными кронами. Лиственницы достигают 3—4 м высоты, единичные экземпляры до 8—10, ель — не более 1,5—2 м. Основу фитоценозов образует березка приземистая высотой до 1,5 м. Проективное покрытие ее колеблется до 20—50 %. По площади кусты распределены неравномерно, образуют сгущения и открытые участки. Постоянно рассеянно встречаются из кустарничков — ива розмаринолистная *Salix rosmarinifolia*, ива Сапожникова, жимолость Палласа, смородина *Ribes procumbens*, реже курильский чай, таволга иволистная; из травянистых растений обычны *Saussurea stubendorffii*, *Peucedanum salinum*, *Smilacina trifolia*, *Ranunculus monophyllus*, *Petasites frigidus* и различные виды осок. В некоторых фитоценозах обилие осок возрастает до 10—15 %. Наиболее обычные доминанты яруса — *Carex globularis*, *C. juncella*, сопутствуют им *C. redowskiana*, *C. capitata*, *C. heleonastena*. Сплошной моховой покров образован болотными гипновыми мхами *Aulacomnium palustre*, *Tomenthypnum nitens*, реже *Paludella squarrose* Brid., *Helodium blandowii*.

Травяно-буромошное ерники развиваются на относительно более дренированных пологих склонах долин ручьев, по плоским древним ложбинам с временными водотоками. Флористически данная группа типов ерников близка предыдущей, но отличается отсутствием древесного яруса и относительно богатым и разнообразным травяным покровом. Общее проективное покрытие трав иногда достигает 10—15 %. Наряду с обычными ерниковыми видами здесь встречаются такие растения, как *Luzula palescens* Sw., *Sedum telephium* L., *Erygeron polites* Fries., *Aconitum barbatum* Pers., *Lycopodiella inundata*, *Botrychium lunaria* Sw., а также некоторые луговые виды: *Trollius asiaticus* L., *Polygonum viviparum* L., *Astragalus schumilovae* и мн. др.

Буромошно-сфагновые и сфагновые ерники из карликовой березки географически более северные и далее к северу они вытесняют ерники из березки приземистой, становясь постепенно господствующим типом растительности [Шумилова, 1964]. В обследованном районе на южной границе своего распространения они представлены в основном сфагновой группой. Эти ерники развиваются в верховьях лощин, вокруг верховых торфяников и имеют более мезотрофный облик, чем предыдущие группы. На них встречаются одиночные угнетенные деревья лиственницы, реже берез саянской и пушистой. Карликовая березка образует густые заросли высотой 0,8—1 м с проективным покрытием до 70 %. Из других кустарничков изредка встречаются ива черничная,

кассандра, багульник, ива пятитычинковая высотой не более 1,5 м. Эти ерники наиболее бедны по набору травянистых растений. В моховом покрове доминирует *Sphagnum warnstorffianum*, в виде примеси до 5—10 % встречаются *Tomenthypnum nitens*, *Polytrichum strictum*, *Hylocomium splendens*, *Sphagnum subsecundum* Nees. и другие виды.

Болота занимают около 15—20 % площади района. Они разнообразны по условиям залегания, типам питания и соответственно по растительному покрову. Наиболее типичны для района мелкобугристые мерзлые торфяники, развивающиеся у основания склонов долин рек и ручьев, и крупно- и плоскобугристо-топяные комплексы, занимающие крупные депрессии рельефа на склонах долин, террасах рек и водораздельных плато. Строение и растительный покров такого типа болот описаны в литературе [Львов, Бляхарчук, 1983; Львов, Иванова, 1963; Львов и др., 1963; Шумилова, 1931]. Широко распространены также мелкозалежные торфяники верхового типа, покрывающие ровным плащом обширные плоские участки долин и заползающие по типу «висячих болот» на их склоны. Встречаются также эвтрофные и мезоэвтрофные грядово-мочажинные комплексы [Львов и др., 1963] и плоские эвтрофные гипновые топяные болота.

Наряду с элементарными болотными массивами широко распространены и крупные, сложной конфигурации болотные системы. Огромное значение в истории формирования и современном развитии болот района имели и имеют процессы мерзлотного пучения и термокарста [Львов, Иванова, 1963]. Обобщая все разнообразие типов болотных местообитаний, можно разделить их на четыре группы, которым соответствуют и определенные группы типов болотных фитоценозов: плоские мерзлые болота, мерзлые выпуклые поверхности бугров и торфяников, вторичные термокарстовые просадки на их поверхности и первично талые, не подвергавшиеся мерзлотному пучению участки болот (табл. 2 и 3). В каждом типе болотные фитоценозы находятся на разных стадиях развития, чем определяется их большое разнообразие.

Кустарничково-сфагновые олиготрофные сообщества в основе из *Sphagnum fuscum*, ранее широко были распространены в этом районе. В настоящее время они развиты на болотах или их участках, недавно перешедших в верховую стадию развития. Флористически они сходны со следующей группой типов, отличие заключается в соотношении в покрове мхов и лишайников (см. табл. 1, колонка 1).

Кустарничково-сфагново-лишайниковая группа типов болотных фитоценозов (см. табл. 2, колонки 2—7) развита на буграх крупно- и плоскобугристых болот и на выпуклых мелкобугристых торфяниках. Они представляют собой разные стадии деградации кустарничково-сфагновых сообществ. Для всех фитоценозов этой группы характерно преобладание лишайников над мхами. На плоских буграх и слабо выпуклых торфяниках покрытие лишайников составляет от 30 до 60 %, а сфагнум фускум — 20—50 %;

Видовой состав и обилие видов (%) фитоценозов мерзлотных бугров и мерзлых торфяников

Вид	Тип поверхности									
	плоский	мелкобугристый	плоскобугристый			крупнобугристый				
Торфяник										
Чековский	Маки-тинский	Каровый	Чургим-ский	Чамбин-ский	Круглый	Северный	Бугры Южного болота			
<i>Betula exilis</i> B. <i>nana</i>	10	20	15	50	30—40	30	5	5—70	0,1	3—5
<i>Ledum palustre</i>	10—15	10	30	5—10	10	60	40	5—10	0,2—1,2	
<i>Andromeda polyfolia</i> L.	0,2		0,2		5					
<i>Oxycoccus microcarpa</i>	5—10	10	10	20	1—2		1			
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	3—5	5	10		3—5	0,1	10	5	3—5	
<i>Vaccinium vitis idaea</i>	1	3			5	3	0,3			
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	1—5	5	1				1			
<i>Vaccinium uliginosum</i>			0,2							
<i>Drosera rotundifolia</i> L.					0,2					
<i>Calamagrostis langsdorffii</i>		1				0,1				
<i>Rubus arcticus</i>										50 15—20
Лишайники	5	35	60	60	30—60	80	70	60	80	20
<i>Sphagnum fuscum</i> Klinggr.	80	30	35—40	30	35—65	10—15	20—25	20	—	—
<i>Sph. nemoreum</i> Scop.	5	5	5	5—7	5		5	1—3		
<i>Polytrichum strictum</i> Funck	1—2	15	2—5	15	1—3	30	1—3	5—10	10	20
<i>Aulacomnium palustre</i>				1—5				3		30
Деградированные участки	—	15	2—3	10	1	0,5	0,5	5	10	3—5

на буграх крупнобугристых болот соответственно 60—80 и 10—25 %. Постоянные обязательные элементы мохового покрова — *Sphagnum nemoreum*, обилие которого колеблется от 2 до 10 %, и кукушкин лен *Polytrichum strictum* с покрытием от 1—3 до 30 %. Последний может образовывать как собственные кочки, так и густо пронизывать дернину сфагновых мхов. На участках с разрушенным сфагновым покровом поселяются *Ceratodon purpureus* и печеночные мхи. Кустарничковый покров из багульника и карликовой березки обычно хорошо развит, за исключением крайних стадий деградации. В качестве доминанта могут выступать оба кустарничка. Общее проективное покрытие их колеблется от 30—45 до 70—80 % в разных типах фитоценозов. В значительном обилии встречаются морошка *Rubus chamaemorus*, клюква мелкоплодная *Oxycoccus microcarpa*, единично подбел *Andromeda polifolia*, брусника, кассандра, голубика, травянистые растения практически отсутствуют. Древесный ярус не выражен, встречаются лишь единичные угнетенные экземпляры березы саянской, реже сосны и лиственницы.

Крайние формы деградации кустарничково-сфагновых сообществ — с одной стороны, лишайниковые фитоценозы на локальных куполообразных поднятиях бугров, с другой — березово-вейниковые сообщества в обширных плоских термокарстовых понижениях (см. табл. 2, колонки 8, 9). Те и другие занимают незначительные площади на бугристых торфяниках.

Пушицево-сфагновые и осоково-пушицево-сфагновые мезотрофные и мезоолиготрофные топяные фитоценозы развиваются в ерсеях (талые термокарстовые мочажины) бугристых болот (см. табл. 3, колонки 2—6). В молодых округлой формы мочажинах моховую сплавину образуют, как правило, чистая дернина сфагна речного *Sphagnum riparium*, по поверхности которой часто разрастается клюква болотная *Oxycoccus palustris*. Травяной покров может отсутствовать или представлен пушицей *Eriophorum brachyantherum* и осокой носатой *Carex rostrata*. Обилие их колеблется обычно от 3—5 до 30—40 %. Реже встречаются сфагново-гипновые сообщества из *Drepanocladus exannulatus*, *Sphagnum teres*, *Calliergon stramineum*. Широко распространены топяные фитоценозы в основе из сфагна извилистого *Sph. flexuosum*, которые занимают обширные ерсеи преимущественно на плоскобугристых болотах. Встречаются также мезоолиготрофные сообщества из сфагна балтийского *Sph. balticum*. При этом по периферии ерсея вдоль основания бугра разрастается смешанная дернина из *Sph. flexuosum* и *Sph. teres*. Из травянистых растений обычны: пушица рыжецветная *Eriophorum russeolum*, осока топяная *Carex limosa*, реже пушица *E. brachyantherum* и шейхцерия *Scheuchzeria palustris*.

Фитоценозы ерсеев могут иметь и более сложное, комплексное строение, что наблюдается в тех случаях, когда термокарстовые просадки охватывают сразу обширные участки мерзлотных торфяников [Львов, Бляхарчук, 1983]. В целом в данной группе типов флористическое разнообразие невелико.

Видовой состав и обилие видов (%) топяных болотных фитоценозов

Вид	Группа типов фитоценозов								
	сфагновая				гипновая				
	Тип местообитаний								
	Вторичные ерси термокарстового происхождения					Первичноталые низинные топи			
	Группа ассоциаций								
	осоково-сфагновая	осоково-шейхецриево-сфагновая	осоково-пушицево-сфагновая	сфагновая	осоково-пушицево-сфагново-гипновая	кустарничково-гипновая	осоково-вахтово-гипновая	осоково-гипновая	вахтово-хвощово-гипновая
<i>Chamaedaphne calyculata</i>		5—10				70			
<i>Andromeda polyfolia</i>		2—5						5	
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.		5		0,3					
<i>Betula exilis</i> B. <i>nana</i>						5—7			
<i>Scheuchzeria palustris</i> L.		5—7							
<i>Carex rostrata</i> Stokes.	1—2		5—25	0,2	20				
<i>Eriophorum brachyantherum</i> Tr. et Mey		3	50	10	20				
<i>E. russeolum</i> Fries.	3—5		5						
<i>Carex limosa</i> L.	1—3	3			1—2	0,5—1	20	10	
<i>C. canescens</i>			0,1	0,5	5				
<i>diandra</i> Schrank.							1—5		1—2
<i>chororrhiza</i> Ehrh.							5	20	5—10

<i>Menyanthes trifoliata</i> L.						5—10	30	1—2	40
<i>Equisetum fluviatile</i> L.						1—2	2	5	30
<i>Comarum palustre</i> L.				1—3			1		
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.						1—2	1		
<i>Pedicularis palustris</i> L.						0,1	0,5	0,1	
<i>Epilobium palustre</i>						0,1	0,5	0,1	
<i>Eriophorum gracile</i> Koch.								1	2—3
<i>E. polystachyon</i> L.							0,5—2		
<i>Cicuta virosa</i> L.							0,1		2—3
<i>Utricularia intermedia</i> Hayne								2	0,5
<i>Mxu</i>									
<i>Sphagnum halticum</i> Russ.	80								
<i>Sph. angustifolium</i> C. Jens.		20							
<i>flexuosum</i> Dozy et Molk.		80	80						
<i>riparium</i> Aongstr.	5		20	100					
<i>teres</i> Aongstr.	10—15				20				
<i>Calliergon stramineum</i> Kindb.					10				
<i>Drepanocladus exannulatus</i> Warnst.					70				
<i>Dr. lapponicus</i> Z. Smirn.							100		
<i>vernicosus</i> Warnst.								95	90—95
<i>aduncus</i> Warnst.						60—70			
<i>Meesia triquetra</i> Angstr.						5		5	

Осоково-болотнотравно-гипновая группа объединяет евтрофные и мезоевтрофные типы фитоценозов, которые формируются в мочажинах грядово-мочажинных комплексов, в обводненных «языках» и периферийных топях плоских болот, а также на первично талых участках крупнобугристых торфяников. Наиболее распространены следующие типы данной группы: вильчато-осоково-гипновые, вахтово-хвощово-гипновые, топяноосоково- и кустарничково-гипновые. Характерная черта фитоценозов данной группы — развитие сплошного монодоминантного гипнового покрова из разных видов рода *Drepanocladus* (см. табл. 3, колонки 7—10). Доминантами травяного покрова выступают вахта *Manyanthes trifoliata*, хвощ *Equisetum fluviatile*, осоки вильчатая *Carex chordorrhiza*, двухтычинковая *C. diandra* и топяная *C. limosa*. В небольшом обилии кроме упомянутых в таблице видов встречаются карликовые ивы *Salix myrtilloides*, *S. kochiana* Trautv. и травянистые растения *Triglochin palustre*, *Drosera anglica*, *Galium uliginosum*, *G. ruprechtii* Bred., *G. palustrel*, *Siellaria crassifolia* Ehrh. и др.

Менее 1 % площади района приходится на остальные типы растительности: луга, перитрофитные группировки, водные и прибрежно-водные сообщества. Растительные группировки каменистых и щебнистых местообитаний чрезвычайно разнообразны. Их можно объединить в три крупные группы типов: кустарничковые и камнеломково-кустарничковые сообщества сухих щебнистых вершин траптовых гор, кустарниковые заросли курумников (крупноглыбистых россыпей) и несомкнутые травянистые группировки скалистых выходов.

Из первой группы наиболее типичны для района падения травянисто-шиповниково-спирейные и шиповниково-спирейно-камнеломковые сообщества в основе из таволги средней (10—30 %), шиповника иглистого (1—5 %) и камнеломки *Saxifraga bronchialis*. Она имеет подушкообразную форму роста и придает специфический облик всему сообществу. Проективное покрытие камнеломки может достигать 5—10 %. На некоторых вершинах в значительном обилии встречается брусника 2—3-сантиметровой высоты. Из травянистых растений встречаются те же виды, что и в сухих типах светлохвойных лесов: *Campanula rotundifolia*, *Arabis hirsuta*, *Viola montana*, *Selene repens* patrin., *Carex sabynensis*, *Crepis tectorum* L., *Poa pratensis*, а также *Allium lineare* L., *Aster alpinus*. Моховой покров слабо выражен, здесь удерживаются наиболее ксерофитные виды: *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum piliferum*, реже *Polytrichum juniperinum* Hedw., *P. alpinum* Hedw., покрывая не более 3—5 % поверхности. Из лишайников преобладают накипные формы.

Кустарниковые заросли курумников образованы черной смородиной, бузиной *Sambucus sibiricus* Nakai, малиной сахалинской *Rubus sachalinensis*, кизильником *Cotoneaster melanocarpus*. Роль травянистых растений при этом незначительна.

Несомкнутые травянистые группировки траптовых выходов характеризуются специфическим флористическим составом. Здесь

выявлены такие виды: *Trisetum spicatum* K. Richt., *Veronica incana* L., *Rhodiola rosea*, *Saxifraga cernua* L., *Viola epipsiloides* A. et D. Löve, *Aster sibiricus*, *Carex media* R. Br., папоротники *Dryopteris fragrans* Schott, *Cystopteris fragilis* Bernch, *Woodsia ilwensis* R. Br., *Dyphasium sibiricum* Kurata. Наряду с ними встречаются растения и более широкой экологической амплитуды — *Gymnocarpium robertianum* Newm., *Saxifraga bronchialis*, *Selene repens*, *Carex sabynensis*, *Festuca supina*.

Первичные луга развиты узкими полосами вдоль русел крупных рек и ежегодно заливаются. Луговая пойма хорошо выражена у Чамбы и Подкаменной Тунгуски и практически отсутствует у мелких рек. Преобладают разнотравно-злаковые, лисохвостно-пырейно-разнотравные и вейниково-разнотравные луга. Основу лугов из злаков составляют лисохвост луговой *Alopecurus pratensis*, пыреи *Elytrigia repens*, *E. jacutensis* Tzyel, вейник Лангсдорфа, из многочисленного разнотравья обычны *Senecio erucifolius*, *Cacalia hostata*, *Lilium pensilvanicum* Ker Gawl, *Anemone silvestris*, *Veratrum lobelianum*, *Equisetum arvense*, *Serratula coronata*. Характерная особенность луговой флоры — обогащение ее многими относительно редкими для района видами: *Thymus reverdattoanus* Serg., *Aster alpinus*, *Galatella macrosciadia* Gand., *Astragalus schumi-lovae*.

Вдоль русел небольших рек луговые группировки встречаются фрагментами, а в излучинах развиваются кустарниковые и кустарниково-осоковые заросли прибрежно-водной растительности. Наиболее обычны из кустарников ива-ветла *Salix viminalis* и таволга иволистная. В зарослях кустарничков встречаются *Rorippa palustris* Bess., *Mentha arvensis* L., *Collytriche autumnalis* и некоторые другие. Вдоль берегов узкие полосы образуют осоки *Carex acuta*, *C. aquatilis* Wahlenh, *C. riparia* Curt.

В руслах речек по перекатам и шиверам разрастается калужница болотная *Caltha palustris* L. По дну рек на валунах обильно растут мхи: *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Leptodictium riparium* Warnst. В стоячих и медленно текущих водах формируются водные сообщества из *Nymphaea candida* I. et Presl., *Hippuris vulgaris*, *Sparganium minimum* Wallr., *S. emersum* Rehm., *S. hyperboreum* Laest., *Sagittaria natans* Pall., *Potamogeton perfoliatus* L., *P. lucens* L., *Ranunculus gmelinii* D. C. и других растений.

Растительный покров района прошел сложный и длительный путь развития. Разные типы растительности в различной степени сохраняют черты былых эпох, в частности плейстоценового оледенения, что позволяет судить об их возрасте и соответственно о последовательности палеогеографических событий. Важнейшие показатели для такого анализа в современном растительном покрове — степень флористического схождения, видовое разнообразие и соотношение древних и более молодых элементов в разных группах растительных сообществ и разных типах растительности (см. рисунок; табл. 4). Выделение реликтов проведено по данным

№ группы	19	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	17
19																
18	1,5															
1	4,1	51,2														
2	5,2	35,9	38,3													
3	4,3	26,9	29,6	35,4												
4	1,4	25,7	2,5	28,3	47,9											
5	1,3	17,5	27,1	26,8	40	52,8										
6	0	12,5	19,3	15,4	31,1	35,7	67,8									
7	1,4	13,1	15,8	18,7	29,1	31,2	25,5	22,5								
8	0	4,6	9,4	4,4	6,8	9,6	10,5	9,6	9,3							
9	1,9	11,9	15,2	16,9	16,7	27,1	16,2	18,2	15	19,3						
10	2,3	5,5	11,3	13,2	10,8	23,1	16,7	16,9	23,9	22,6	43,2					
11	1,6	7,0	9,8	14,5	13,5	19,3	13,2	10	24,4	29,2	40	III	46			
12	20	3,3	3,5	8,3	7,4	14,9	11,2	10,4	20,5	22,8	44,7	47,5	52,9			
13	2,4	7,7	12,3	17,4	18,3	16,3	10,6	6,8	2,4	20,4	28,4	20,2	40,7	28,2		
17	0	1,5	1,5	4,7	1,1	1,2	1,1	0	20	5,9	4,5	3,1	3,9	8,5	3,1	

Коэффициенты флористического сходства между группами типов фитоценозов по Жаккару.

I—III — комплексы флористически близких групп типов фитоценозов: сухие спирейные, толокнянковые, лишайниковые леса и кустарничковые петрофитные группировки вершин траптовых гор (I), светлехвойные кустарничково-зеленомошные, ольховниково-кустарничково-зеленомошные леса, субори и темнохвойные леса (II), ерниковые заросли и заболоченные редколесья и мелколесья (III).

Номера групп типов фитоценозов соответствуют номерам в табл. 4.

литературных источников [Положий, 1964, 1972; Положий, Мальцева, 1980; Ревердатто, 1940, 1965].

В растительном покрове района выделяются три флористически связанных комплекса растительных сообществ (см. рисунок: I — сухие спирейные, лишайниковые, толокнянковые леса и кустарничковые петрофитные группировки вершин траптовых гор; II — светлехвойные кустарничково-зеленомошные, ольховниково-кустарничково-зеленомошные леса, субори и темнохвойные леса; III — ерниковые заросли, заболоченные редколесья и мел-

Т а б л и ц а 4

Количество видов высших растений и их доля в разных типах растительности

№ п/п	Группа типов фитоценозов	Кол-во видов	Всего видов (из них реликтов, %)
Леса			
1	Спирейные	32	117(11,1 %)
2	Лишайниковые и толокнянковые	31	
3	Травяно-кустарничковые	55	
4	Кустарничково-зеленомошные	53	
5	Ольховниково-кустарничково-зеленомошные	57	
6	Темнохвойно-лиственничные ольховниково-бруснично-зеленомошные	42	
7	Прирусовые елово-лиственничные бруснично-зеленомошные	56	
Редколесья и мелколесья			
8	Березово-осоково-вейниковые	38	65(10,8 %)
9	Березовые сфагновые и сфагново-буромошные	36	
10	Елово-лиственничные кустарничково-зеленомошные	27	
Ерники			
11	Лиственничные и елово-лиственничные буромошные	46	82(15,9 %)
12	Сфагновые и сфагново-буромошные	46	
13	Травяно-буромошные	68	
Болота			
14	Сфагновые и сфагново-лишайниковые	17	
Болота			
15	Осоково-пушицево-сфагновые	18	47(6,3 %)
16	Болотнотравно-гишновые	22	
Луга			
17	Злаково-разнотравные	34	34(9 %)
Петрофитные группировки			
18	Травяно-кустарничковые на щебнистых вершинах гор	30	48(23 %)
19	Травянистые группировки скалистых выходов	18	

колесья) и три относительно флористически изолированные группы типов сообществ: травянистые группировки скалистых выходов, луга и болота (последние на рисунке не приводятся). Рассматривая более детально структуру взаимосвязей и взаимовлияний разных групп растительного покрова, можно сделать следующие заключения.

Образование первого комплекса сообществ связано, с одной стороны, с расселением ксерофитных видов с безлесых вершин гор в экологически близкие местообитания, занятые толокнянковыми и лишайниковыми лесами, с другой стороны, с относительно недавним, по-видимому, заселением ранее незалесенных трап-повых вершин лесом. Таким образом, спирейные и близкие к ним типы лесов вобрали в себя большинство элементов бывших петрофитных кустарничковых сообществ, напочвенный покров которых не претерпел еще существенных изменений в структуре и видовом составе. Выпали лишь наиболее светолюбивые виды, например камнеломка, тимьян, астра и др.

Большое флористическое сходство разных групп типов светл-хвойных лесов связано с их экологической и генетической близостью. Кустарничковые и травяно-кустарничковые типы лесов одинаково тесно связаны с двумя первыми выделенными комплексами (см. рисунок). Это обусловлено сборным характером лесов данной группы, которая включает как первичные типы, экологически близкие к сухим светлхвойным лесам, так и производные варианты темнохвойно-лиственничных лесов.

Максимальный коэффициент флористического сходства — 67,8 — отмечен между темнохвойными и темнохвойно-лиственничными лесами, что, вероятно, связано со вторичным характером некоторой части последних, а также с тенденцией к замещению остатков темнохвойных лесов лиственничными и формированием переходных типов лесов.

Флористическая общность ерников и заболоченных типов редко- и мелколесий объясняется сходством экологических условий местообитаний, а главное, их топологической и генетической близостью. Все они приурочены к долинам, ложбинам и логам и взаимопереходят друг в друга в пространстве и во времени.

Прирусловые леса занимают промежуточное положение между лесами и заболоченными типами растительности, находясь с первыми в генетической, а со вторыми в непосредственной топологической связи. В силу приуроченности их к водным артериям они оказываются под их непосредственным влиянием, что проявляется и в напочвенном покрове прирусловых лесов, а именно в обогащении их луговыми видами. Коэффициент сходства их состава с лугами равен 20.

Анализ видового разнообразия и соотношения древних и более молодых элементов в растительном покрове (см. табл. 4) позволяет предположить, что наиболее древние типы растительности данного района — растительные группировки каменистых выходов, безлесых вершин гор и ерники, а именно типы травяно-буромошной группы последних. Их можно рассматривать как реликтовые. Они характеризуются самым высоким числом реликтовых видов: 24 и 15,9 % соответственно. Если ерники за долгий путь своего развития существенно обогатились лесными, болотными и даже луговыми видами, которые внедрились в их сообщества, то петрофитные группировки в силу экологических осо-

бенностей их местообитаний сохранились в менее измененном виде. Это доказывают низкие коэффициенты флористического сходства их со всеми другими группами типов фитоценозов (см. рисунок).

Интересны в этом отношении темнохвойные леса. Разорванный характер их распространения (небольшими массивами, удаленными друг от друга на значительные расстояния), приуроченность их к защищенным укрытым местам и сохранение при этом всего комплекса присущих этой формации элементов таежного мелко-травья позволяют рассматривать их как рефугиумы более влажных и теплых периодов послеледникового времени. С этой точки зрения незаболоченные темнохвойные леса района заслуживают особого внимания и изучения.

В наибольшей степени отвечают современной климатической обстановке светлохвойные леса района. Они относительно молоды в геологическом отношении, наиболее пластичны и прогрессивно расселяются на новые типы местообитаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Боровиков Г. А. Очерки растительности Восточного Заангарья // Труды почвенно-ботанической экспедиции по исследованию колонизованных районов Азиатской России.— Спб., 1912.— Ч. 2: Ботанические исследования.— 93 с.
- Боровиков Г. А. Очерки растительности Западного Заангарья // Там же.— 1913.— Ч. 2: Ботанические исследования.— 207 с.
- Курбачкий П. О. О лесном пожаре в районе Тунгусского падения в 1908 году // Метеоритика.— 1964.— Вып. 24.— С. 168—172.
- Кутафьев В. П. Лесорастительное районирование и леса центральной части Средней Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Красноярск, 1971.— 18 с.
- Лиханов В. Н. Природное районирование. Средне-Сибирское плоскогорье // Средняя Сибирь.— М.: Наука, 1962.— С. 348—359.
- Львов Ю. А., Бляхарчук Т. А. Мерзлотный торфяник в центре области выпадения вещества Тунгусского метеорита // Метеоритные и метеорные исследования.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983.— С. 84—99.
- Львов Ю. А., Иванова Г. М. Провальные (термокарстовые) депрессии на крупнобугристых торфяниках района падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963.— С. 48—58.
- Львов Ю. А., Лагутская Л. И., Иванова Г. М. и др. Болота района падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963.— С. 34—47.
- Любимова Е. Л. Растительный покров // Средняя Сибирь.— М.: Наука, 1962.— С. 237—249.
- Некрасов В. И. Изучение роста леса в районе падения Тунгусского метеорита // Лесное хозяйство.— 1962.— № 1.— С. 22—24.
- Некрасов В. И. В районе Подкаменной Тунгуски. Ботанико-географические районы СССР // Перспективы интродукции растений.— М.: Наука, 1974.— С. 82—88.
- Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. Особенности роста древесной растительности в районе падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963.— С. 59—72.
- Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. Изучение роста леса в связи с проблемой Тунгусского метеорита // Метеоритика.— 1964.— Вып. 24.— С. 152—161.

- Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. К вопросу восстановления таксационных характеристик «докатастрофного» леса в районе падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 123—126.
- Пармузин Ю. П. Зона тайги // Красноярский край.— Красноярск: Кн. изд-во, 1962.— С. 190—219.
- Положий А. В. Леса прибрежной зоны нижнего и среднего течения р. Подкаменной Тунгуски // Труды по лесному хозяйству.— 1960.— Вып. 5.— С. 25—31.
- Положий А. В. Ледниковые реликты и ассоциации в нижнем течении рек Подкаменной Тунгуски и Чуни // Растительный покров Красноярского края.— Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1964.— Вып. 1.— С. 60—64.
- Положий А. В. К познанию истории развития современных флор в Приенисейской Сибири // История флоры и растительности Евразии.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972.— С. 136—144.
- Положий А. В., Мальцева А. Т. Еще один рефугиум ледниковых реликтов на юге Приенисейской Сибири // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.— 1970.— № 5, вып. 1.— С. 24—29.
- Ревердатто В. В. Основные моменты развития послетретичной флоры Средней Сибири // Советская ботаника.— 1940.— № 2.— С. 48—64.
- Ревердатто В. В. Плейстоценовые ледниковые и степные реликты во флоре Средней Сибири // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.— 1965.— № 4, вып. 1.— С. 3—14.
- Сапронов Н. Л., Соболенко В. М. Некоторые черты геологического строения Куликовского палеовулкана нижнетриасового возраста (район падения Тунгусского метеорита в 1908 году) // Проблемы метеоритики.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975.— С. 13—19.
- Фурьев В. В. Лесные пожары в районе падения Тунгусского метеорита и их влияние на формирование лесов // Проблемы метеоритики.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975.— С. 72—87.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения СССР.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1981.— 509 с.
- Шумилова Л. В. О бугристых торфяниках южной части Туруханского края // Изв. Томск. отдел. Гос. русск. бот. о-ва.— 1931.— Т. 3, № 1—2.— С. 1—18.
- Шумилова Л. В. Растительность Центрально-Сибирского плоскогорья // Тр. Втор. Всесоюз. геогр. съезда, т. 3.— М.: Географгиз, 1949.— С. 155—163.
- Шумилова Л. В. Ботаническая география Сибири.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1962а.— 439 с.
- Шумилова Л. В. Схема ботанико-географического районирования Красноярского края // Вопросы географии Сибири, сб. 4.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1962б.— С. 159—170.
- Шумилова Л. В. Очерк природы района падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963.— С. 22—33.
- Шумилова Л. В. К характеристике растительности северной части Средне-Сибирского плоскогорья // Томское отделение Всесоюзного ботанического общества.— 1964.— Т. 5.— С. 3—11.

К ВОПРОСУ ОБ УСКОРЕННОМ ПРИРОСТЕ ДЕРЕВЬЕВ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Ускоренный после 1908 г. прирост деревьев района падения Тунгусского метеорита был обнаружен ранее других биологических последствий катастрофы [Емельянов, Некрасов, 1960; Некрасов, Емельянов, 1963; Флоренский и др., 1960], но причины его до сих пор не имеют исчерпывающего объяснения. Одни исследователи [Бережной, Драбкина, 1964] ускоренный прирост соотносили с улучшением экологических условий в результате вывала и лесного пожара, другие, не отрицая важности этой причины, считают, что весь комплекс фактов по ускоренному приросту нельзя объяснить с такой позиции, и не исключают возможности стимулирующего действия вещества метеорита [Емельянов, Некрасов, 1960; Некрасов, Емельянов, 1963].

В. И. Некрасов и Ю. М. Емельянов дают следующий перечень особенностей роста древесных растений в районе падения Тунгусского метеорита, трудность объяснения которых послужила основанием для предположения о стимулирующем действии метеоритного вещества: различные по экологическим требованиям древесные породы (сосна, ель, лиственница, береза) в одинаковой степени положительно отозвались на изменение условий; значительно поврежденные в 1908 г., а также спелые и перестойные деревья после катастрофы увеличили прирост; в лесах различных типов от сухих до болотных, на разных элементах рельефа наблюдается одинаковая реакция древесной растительности на изменившиеся в связи с катастрофой условия; понижение бонитета 40—50-летних насаждений с увеличением расстояния от центра катастрофы; неравномерное влияние катастрофы на усиление роста деревьев по сторонам света [Некрасов, Емельянов, 1963].

Однако имеется ряд обстоятельств, которые не позволяют считать факты, изложенные в первых трех пунктах цитированного перечня, серьезными аргументами в пользу гипотезы о действии вещества метеорита как стимулятора прироста. Во-первых, в случае действительного улучшения экологических условий в результате снятия конкуренции, изменения светового и гидротермического режима местообитаний может происходить ускорение прироста независимо от видовой, возрастной и типологической принадлежности деревьев [Абражко и др., 1983; Малоквасов, 1986]. Во-вторых, как будет показано ниже, в местообитаниях, не измененных во время катастрофы, ускоренного прироста не наблюдается. И третье, очень важное для понимания ситуации, обстоятельство следует из результатов дендроиндикационных работ,

позволяющих судить об амплитудах погодичной, внутривековой и вековой изменчивости прироста деревьев до и после катастрофы [Ловелиус, 1979].

Анализ наиболее положительной (с 1683 г.) серии годичных колец по лиственнице показал, что изменчивость прироста деревьев района падения Тунгусского метеорита подчинена ритмическим колебаниям, близким к 60 и 120 годам, выявленным Н. В. Ловелиусом ранее на материалах обобщенной серии годичных колец хвойных горных районов СССР [Ловелиус, 1972]. Он считает, что разногласия в объяснении причин улучшения условий произрастания деревьев в районе катастрофы связаны с отсутствием сравнений прироста с другими регионами и с недостаточным учетом ритмической изменчивости природных условий. Увеличенный прирост в районе падения Тунгусского метеорита совпал с фазой подъема внутривековой и вековой изменчивости прироста деревьев на северной и вертикальной границах леса и лишь стимулирован улучшением экологических условий после катастрофы.

Улучшение экологических условий произрастания деревьев, переживших катастрофу, связано, по нашему мнению, прежде всего со снижением конкуренции между деревьями в результате вывала части сообщества.

Результаты опытов по экспериментальному устранению конкуренции и внесению удобрений [Абражко и др., 1983] показывают, что увеличение прироста происходит как в угнетенной, так и в господствующей частях древостоя, причем во всех случаях максимальная реакция была на устранение корневой конкуренции. Внесение в почву азотных удобрений без устранения корневой конкуренции даже снижает прирост в угнетенной части древостоя по сравнению с контрольными участками.

Можно полагать, что в районе падения Тунгусского метеорита наиболее заметное увеличение прироста произошло у деревьев, которые до 1908 г. входили в состав сообществ с выраженными конкурентными отношениями, т. е. в состав сомкнутых древостоев, и после катастрофы испытали резкое снижение конкурентного пресса ввиду вывала соседних деревьев.

Для оценки влияния катастрофы на динамику прироста мы использовали данные о ширине годичных колец деревьев, произраставших в местообитаниях, степень изменения которых в результате взрыва заведомо различна. Лиственницы Л-87 и ЛП-80 входили в состав сомкнутых древостоев, изреженных частичным вывалом в 1908 г. Напротив, лиственницы Л-89 и ЛБ-80 произрастали в сообществах с очень редким древесным ярусом, по сути дела это одиночно стоящие деревья, и поэтому после 1908 г. их положение в сообществе не изменилось.

Лиственница Л-87. Находилась на южном берегу Южного болота, в 100 м от его кромки. Березово-лиственничный кустарничково-зеленомошный лес. Формула леса 4Б6Л. Средняя высота деревьев 15 м, диаметр 15—20 см. Возраст 60—65 лет. На 100 м²

шесть-восемь стволов. Среди молодого, послекатастрофного поколения выделяются редкие экземпляры лиственницы, пережившие катастрофу. Диаметр лиственницы Л-87 35 см, высота — 19,5 м. Спилена в 1978 г. На срезе, сделанном на высоте 50 см от поверхности почвы, 160 годичных колец, значит, в 1908 г. дерево имело возраст не менее 95—100 лет. В непосредственной близости от Л-87 на расстоянии от 5 до 10 м имеется несколько стволов вывала 1908 г. диаметром 30—40 см.

Лиственница ЛП-80. Находилась в пойме рч. Хушма у устья руч. Чургим. Березово-елово-лиственничный кустарничково-хвощовый лес. В первом ярусе лиственницы, пережившие катастрофу, высотой до 28 м, диаметром 45—50 см. На 100 м² 0,5 дерева. Есть вывал 1908 г. Второй ярус 15—20 м высотой. Формула леса 3БЗЛ4Е. Диаметр ЛП-80 53 см, высота 28 м. Спилена в 1980 г. Срез на высоте 1,3 м имеет 327 годичных колец, т. е. в 1908 г. возраст дерева был не менее 280 лет.

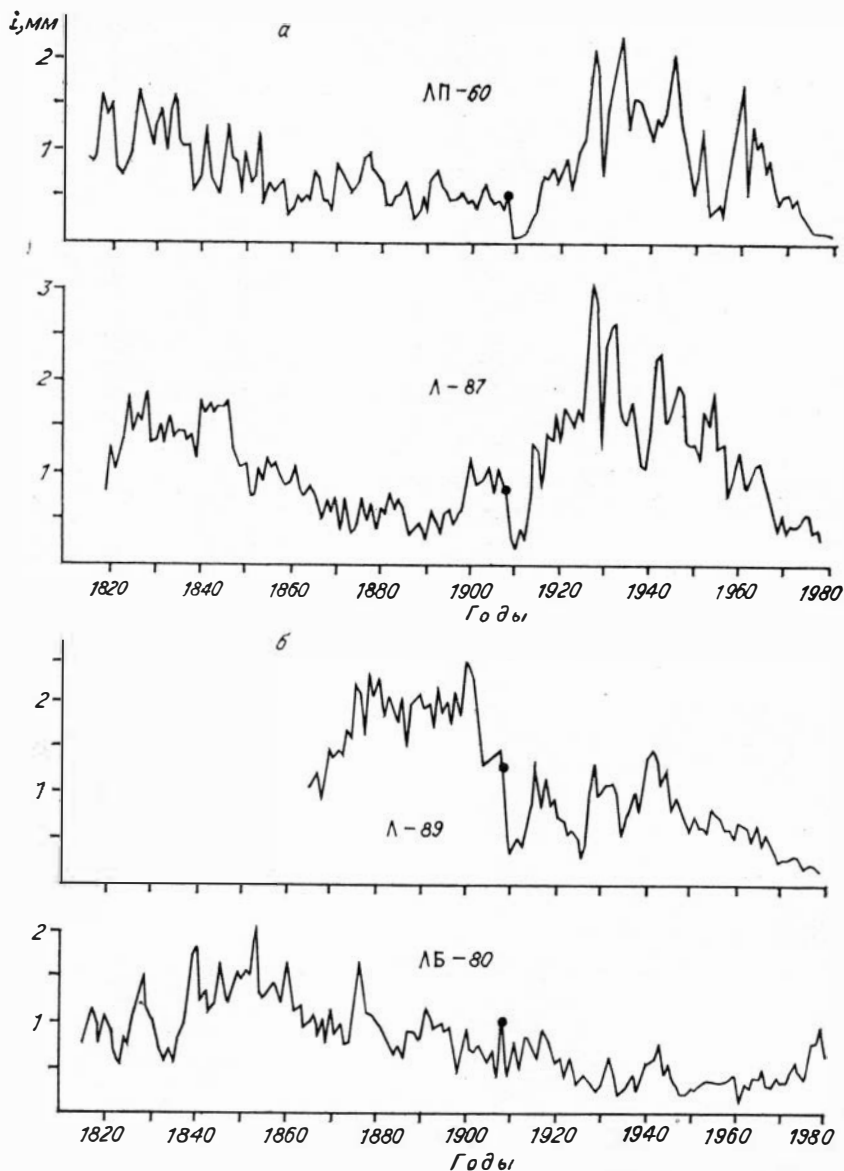
Лиственница Л-89. Находилась в пойме рч. Хушма на противоположном от «Пристани» берегу в краевой полосе кустарничково-зеленомошного лиственничного редколесья. Крупные деревья высотой 16—20 м стоят в 15—20 м друг от друга. Диаметр Л-89 равен 25 см, высота — 16,5 м. Спилена в 1978 г. На срезе 113 годичных колец, значит, возраст дерева в 1908 г. был не менее 60 лет.

Лиственница ЛБ-80. Находилась в юго-восточной части болотного массива Бублик [Львов, Бляхарчук, 1983], в нижней части пологого склона мерзлотного бугра у начала осоково-сфагновой ерниковой периферийной топи. Древостой в этой части болота крайне разреженный: по подножию бугра на расстоянии 20—30 м друг от друга растут старые лиственницы высотой 10—15 м. Диаметр лиственницы ЛБ-80 29 см, высота 14,5 м. Спилена в 1980 г. На срезе, взятом на высоте 50 см от поверхности почвы, 175 годичных колец, т. е. в 1908 г. возраст дерева был 120—130 лет.

Явных внешних повреждений в виде пожарных подсушин на стволах, слома вершин у взятых нами деревьев нет. Однако выражено так называемое «рыхлое кольцо», т. е. годичное кольцо 1908 г. состоит только из крупных, ранних трахеид и не имеет элементов поздней древесины. Наиболее вероятная причина этого поражения — гибель хвои под действием мощного теплового потока [Цынбал, Шнитке, 1988].

Ширину годичных колец измеряли с точностью до 0,05 мм на микроскопе МБС-9 по двум радиусам с последующим осреднением.

Графики динамики ширины годичных колец до и после 1908 г. приведены на рис. 1. Графики прироста лиственниц Л-87, ЛП-80 и ЛБ-80 до 1908 г. фиксируют закономерное снижение скорости роста в связи с возрастом. Дерево Л-89 находилось в периоде возрастного максимума прироста. Кольцо 1908 г., состоящее, как уже отмечалось, только из элементов ранней древесины, тем не менее по ширине немногим отличается от колец предыдущих лет, а у ЛП-80 и ЛБ-80 даже превышает их. Это означает, что погодные условия лета 1908 г. были благоприятны для прироста древесных



Р и с. 1. Динамика ширины годичных колец деревьев, переживших катастрофу в сомкнутых древостоях (а) и одиночно стоящих деревьев (б).

растений. Годичные кольца 1909—1912 годов очень узкие: в 5—10 раз меньше кольца 1908 г. Исключение составляет лиственница ЛБ-80, у которой единственное свидетельство повреждения — отсутствие поздней древесины в кольце 1908 г.

После катастрофы на фоне синхронных циклических колебаний ширины годичных колец наблюдается значительное различие

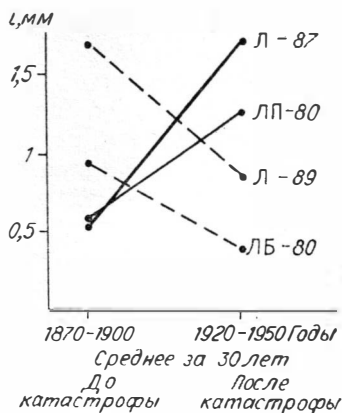
Р и с. 2. Изменение средней многолетней ширины годовичных колец деревьев, переживших катастрофу.

в общем ходе кривых. Деревья, находившиеся до 1908 г. в сомкнутых древостоях (Л-87 и ЛП-80), после 4—5-летнего периода очень низкого прироста, связанного с восстановлением ассимиляционного аппарата, значительно увеличили прирост. Средняя ширина годовичных колец за период с 1920 по 1950 г. у этих деревьев в 2—3 раза выше, чем в аналогичный ему в многолетнем ходе циклических колебаний прироста период с 1870 по 1900 г. (см. рис. 1, а; рис. 2). У одиночно стоящих деревьев ширина годовичных колец в это же время уменьшилась в 2 раза по сравнению с периодом 1870—1900 гг., что можно интерпретировать как проявление кривой большого роста (см. рис. 1, б, 2). Значительное снижение ширины годовичных колец лиственниц Л-87 и ЛП-80 к концу 70-х годов связано с отрицательным экстремумом в 60-летнем цикле естественной динамики прироста древесных растений района [Ловелиус, 1979], увеличением конкурентного влияния на пережившие деревья со стороны нового, послекатастрофного поколения деревьев.

Таким образом, анализ динамики ширины годовичных колец показывает, что ускоренный прирост наблюдается только у деревьев, произраставших в сомкнутых древостоях, это следствие резкого нарушения установившихся фитоценологических конкурентных взаимодействий. В динамике ширины годовичных колец одиночных деревьев ускоренный прирост не проявляется, хотя в случае стимулирующего действия вещества Тунгусского метеорита они должны были увеличить прирост.

Сбор более представительного массового материала по одиночно стоящим деревьям для проверки гипотезы о стимулирующем действии метеоритного вещества в настоящее время вряд ли оправдан ввиду относительной малочисленности и большой ценности деревьев, переживших катастрофу, для будущих исследований.

В целом ряде работ показано, что эффект ускоренного прироста дифференцирован по площади как у деревьев, переживших катастрофу [Емельянов и др., 1967, 1976; Некрасов, Емельянов, 1967; Шаповалова и др., 1967], так и у насаждений, появившихся гораздо позже 1908 г. [Васильев, Батищева, 1976; Некрасов, Емельянов, 1967]. Несовпадение границ зон вывала, пожара и ускоренного прироста, а также ориентированность зоны с увеличенным приростом молодых сосен вдоль проекции траектории при этом рассматривают как свидетельство в пользу гипотезы о стимулирующем действии метеоритного вещества [Васильев,



1988; Васильев, Батищева, 1976]. Однако, на наш взгляд, такой подход нельзя считать достаточно обоснованным. Особенности топографии биологических эффектов, тяготение многих из них к проекции траектории или особым точкам района [Васильев и др., 1980; Васильев и др., 1980; Драгавцев и др., 1975] не могут быть серьезными аргументами в пользу связи с Тунгусской катастрофой без сопоставления с природными характеристиками территории, сложность геологического, геоморфологического строения которой очень велика [Васильев, Львов, 1986].

Не исключено [Васильев, 1988], что именно раскрытие механизмов биологических последствий Тунгусского взрыва заставит пересмотреть взгляды на природу всего явления в целом. Решение такой задачи может быть выполнено только на фоне тщательного изучения природных характеристик района. Необходимо многопрофильное и разномасштабное картирование и районирование территории Тунгусского биосферного заказника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абражко В. И., Карпов В. Г., Трескин П. П. Анализ конкуренции между деревьями // Факторы регуляции экосистем еловых лесов. — Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. — С. 128—179.
- Бережной В. Г., Дабкина Г. И. Изучение аномального прироста леса в районе падения Тунгусского метеорита // Метеоритика. — 1964. — Вып. 24. — С. 162—169.
- Васильев Н. В. История изучения проблемы Тунгусского метеорита (1980—1985 гг.) // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. — С. 3—31.
- Васильев Н. В., Батищева А. Г. О связи ускоренного возобновления леса с траекторией падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. — С. 149—160.
- Васильев Н. В., Дмитриенко В. К., Федорова О. П. О биологических последствиях Тунгусского взрыва // Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. — С. 188—195.
- Васильев Н. В., Кухарская Л. К., Бояркина А. П. и др. О механизме стимуляции роста растений в районе падения Тунгусского метеорита // Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. — С. 195—202.
- Васильев Н. В., Львов Ю. А. О необходимости заповедывания района Тунгусской катастрофы 1908 г. // Космическое вещество и Земля. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. — С. 34—44.
- Драгавцев В. А., Лаврова Л. А., Плеханова Л. Г. Эколого-генетический анализ линейного прироста сосны обыкновенной в районе Тунгусской катастрофы 1908 г. // Проблемы метеоритики. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — С. 132—141.
- Емельянов Ю. М., Лукьянов В. Б., Шаповалова Р. Д. и др. Использование многофакторного дисперсионного анализа для оценки факторов, оказавших влияние на изменение хода роста древесной растительности в районе Тунгусского падения // Проблема Тунгусского метеорита. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967. — С. 134—136.
- Емельянов Ю. М., Лукьянов В. Б., Шаповалова Р. Д. и др. О расположении зоны с увеличением после 1908 года прироста старых деревьев в СЗ секторе района падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. — С. 161—165.
- Емельянов Ю. М., Некрасов В. И. Об аномальном росте леса в районе падения Тунгусского метеорита // Докл. АН СССР. — 1960. — Т. 135, № 5. — С. 1266—1269.

- Ловелиус Н. В. Ритмическая изменчивость прироста хвойных на верхней границе леса в горных районах СССР // Дендроклиматохронология и радиоуглерод.— Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972.— С. 106—110.
- Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1979.— 230 с.
- Львов Ю. А., Бляхарчук Т. А. Мерзлотный торфяник в центре области выпадения вещества Тунгусского метеорита // Метеоритные и метеорные исследования.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983.— С. 84—99.
- Малоквасов Д. С. К методике дендроклиматического изучения колебаний радиального роста в разновозрастных древостоях кедров корейского // Дендрохронология и дендроклиматология.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.— С. 39—43.
- Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. Особенности роста древесной растительности в районе падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963.— С. 59—72.
- Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. Некоторые итоги и задачи изучения роста леса в районе падения Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 127—133.
- Флоренский К. П., Вронский Б. И., Емельянов Ю. М. и др. Предварительные результаты работ Тунгусской метеоритной экспедиции 1958 г. // Метеоритика.— 1960.— Вып. 19.— С. 103—134.
- Цынбал М. Н., Шнитке В. Э. Об ожоге и пожаре в районе падения Тунгусского метеорита // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988.— С. 41—72.
- Шаповалова Р. Д., Лукьянов В. Б., Емельянов Ю. М. и др. Биостатистическая обработка данных из района падения Тунгусского метеорита с использованием критериев знаков // Проблема Тунгусского метеорита.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967.— Вып. 2.— С. 137—140.

Е. Д. Лапшина

К ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТУНГУССКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАКАЗНИКА

Междуречье Подкаменной Тунгуски и Чуни в ботанико-географическом отношении занимает промежуточное положение между зонами южно-таежных сосновых и северотаежных лиственных лесов Средней Сибири, с одной стороны, с другой — между провинциями Западной и Восточной Сибири [Шумилова, 1962]. Взаимопроникновение единиц растительного покрова смежных зон и провинций, а также ряд специфических особенностей, сложившихся в процессе длительного исторического развития, делает эту территорию весьма своеобразной по ландшафтному облику и по многим природным характеристикам.

Несмотря на большой интерес к этому району в связи с падением Тунгусского метеорита, он остается слабо изученным с биологических и ландшафтно-экологических позиций. Организация в районе катастрофы биосферного заказника позволяет развернуть

на его территории широкое комплексное изучение природного фона и естественной динамики природных процессов, что, в свою очередь, будет способствовать успешному решению вопросов, связанных с проблемой Тунгусского метеорита.

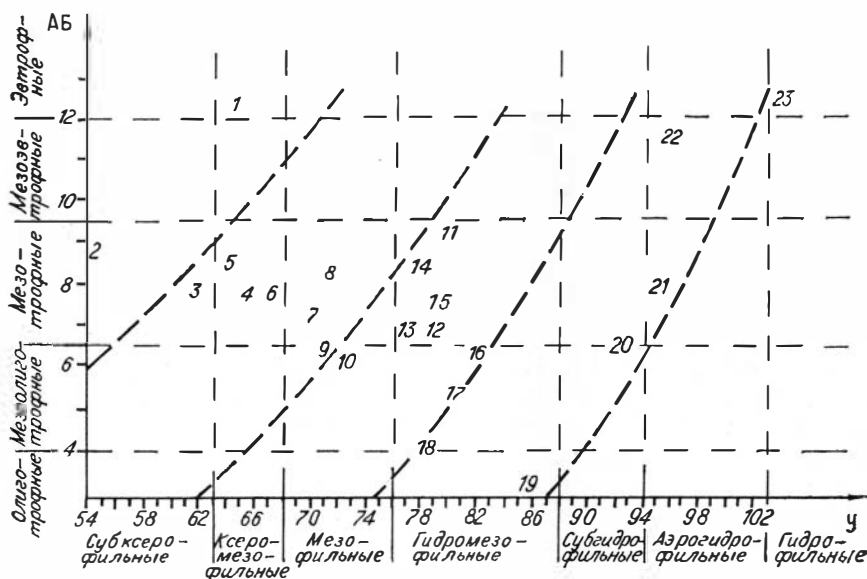
Основой комплексного изучения природных особенностей района должна стать экологическая оценка его территории. Осуществить такую оценку возможно прежде всего по растительному покрову: наиболее чувствительному и доступному для наблюдения компоненту ландшафта. Зная видовой состав и обилие растений в сообществе, с помощью экологических шкал можно с достаточной точностью определить значения основных экологических факторов местообитания, принимая мерой напряженности фактора ступень.

Наиболее разработаны и надежны экологические шкалы, составленные для европейской части СССР [Раменский и др., 1956]. Использование их в других географических районах ограничено различиями во флоре и особенностями климата, влияющего на экологические потребности видов растений в конкретных местообитаниях. Своеобразие флоры Средней Сибири велико. Наиболее ярко оно выражено в сообществах скальных обнажений и курумников, где доля не изученных в экологическом отношении видов достигает 70 %, в остальных типах растительности их количество сокращается до 40 %, а на болотах составляет всего около 10 %. Соответственно повышается точность, с которой может быть произведена экологическая оценка местообитаний. Кроме того, в условиях Средней Сибири многие виды растений по сравнению с европейской частью СССР перемещаются в более влажные местообитания.

Наш опыт показывает, что при учете этих особенностей в Средней Сибири возможно использование экологических шкал Л. Г. Раменского для предварительной оценки территории на уровне крупных единиц растительного покрова. Более детальные экологические исследования требуют разработки региональных шкал.

Нами выполнена типологическая характеристика растительного покрова района заказника (см. ст. Е. Д. Лапшиной и др. в наст. сб.). Для основных групп биogeоценозов рассчитаны значения двух экологических факторов и определено положение в системе экологических координат — активное богатство почв (АБ) — общая увлажненность местообитания (У) (см. рисунок). По нарастанию фактора АБ вычлeняются олиготрофные, мезоолиготрофные, мезотрофные, мезозвтрофные и звтрофные местообитания, а по шкале У — субксерофильные, ксеромезофильные, мезофильные, гидромезофильные, субгидрофильные, аэрогидрофильные и гидрофильные. Прямоугольной сеткой границ между типами местообитаний все выявленные группы биogeоценозов по этим двум факторам разбиваются на 11 классов.

Различные в экологическом отношении биogeоценозы построены растениями разных жизненных форм (деревьями, кустарниками, травами, мхами), что выражается в различии их ландшафт-



Положение основных групп биогеоценозов в системе экологических координат.

1 — злаково-разнотравные луга; 2 — спирейно-камнеломковые безлесые сообщества; 3—7 — С, ЛС, БЛС леса: 3 — спирейные, 4 — лишайниковые, 5 — толокнянковые, 6 — травяно-кустарничковые, 7 — кустарничково-зеленомошные; 8—11 — леса: 8 — прирусловые ЕЛ-зеленомошные леса, 9 — БСО-ольховниково-кустарничково-зеленомошные леса, 10 — КЕЛ-ольховниково-зеленомошные леса, 11 — Б-осоково-вейниковые леса; 12 — ЕЛ-кустарничково-зеленомошные редколесья; 13 — Б-кустарничково-зеленомошно-сфагновые мелколесья; 14—16 — ерники: 14 — разнотравно-буромошные, 15 — буромошные слабо залесенные, 16 — буромошно-сфагновые и сфагновые; 17 — Б-кустарничково-осоково-долгомошные мелколесья; 18, 19 — мерзлотные бугры и торфяники; 18 — кустарничково-сфагново-лишайниковые, 19 — кустарничково-сфагновые; 20 — пушицево-осоково-сфагновые топи (ерсей) крупнобугристых болот; 21 — гипновые топи; 22 — прибрежно-водная растительность; 23 — водная растительность.

ного облика. По этому признаку они объединяются в пять структурно-морфологических типов, границы между которыми направлены вкрест экологическим рубежам. Ранее эта закономерность была установлена для болотных сообществ [Львов, Мульдьяров, 1984]. Дальнейшее совершенствование представлений о структуре растительного покрова и отражении ее в системе экологических координат позволит дать подробную ландшафтно-экологическую классификацию сообществ.

Экологический анализ позволил выявить следующие закономерности. Луговые биогеоценозы (см. рисунок, 1) вдоль русел крупных рек развиваются в значительно более сухих (в среднем на шесть-восемь ступеней) условиях, чем пойменные луга лесной зоны Западной Сибири, но не несут элементов остепнения, свойственных поймам рек бассейна р. Лены [Шумилова, 1962]. Обилие луковичных и видов мезоксерофильного разнотравья свидетельствует об отсутствии длительного затопления, однако залесения луговых сообществ не происходит. Вопросы устойчивости интразональной травянистой растительности в поймах рек района требуют дополнительных специальных исследований.

Самые сухие в районе местообитания (53—58 ступени) занимают кустарничково-травянистые группировки щебнистых вершин трапповых гор (см. рисунок, 2). Незначительные абсолютные высоты и своеобразие флористического состава не позволяют рассматривать их как аналоги подгольцового пояса. Развитию лесной растительности здесь препятствует прежде всего недостаток влаги, быстро испаряющейся и стекающей по поверхности почвы. Высокий коэффициент флористического сходства безлесых группировок с напочвенным покровом расположенных ниже по склону спирейных сосновых лесов (см. рисунок, 2, 3) свидетельствует о подвижности верхней границы леса, связанной, по-видимому, с ритмичкой увлажненности климата.

Светлохвойные лишайниковые, кустарничковые, кустарничково-зеленомошные леса района (см. рисунок, 4—7), занимающие возвышенные элементы рельефа, по сравнению с аналогичными типами сосняков средней тайги Западной Сибири развиваются в сходных с ними условиях увлажнения, но на более плодородных (в среднем на 1,5—2,5 ступени) почвах, что связано с активными процессами выветривания горных пород и освобождения доступных растениям элементов питания. Максимальными значениями характеризуются пирогенные (толокнянковые) варианты этих лесов (см. рисунок, 5), а также узкие полосы лиственнично-еловых лесов (см. рисунок, 8), обогащенных за счет речного аллювия.

Самые бедные (6—6,5 ступени) по условиям активного богатства почв среди лесных типов местообитаний — наиболее зрелые в возрастном отношении березово-сосново-лиственничные и темнохвойно-лиственничные леса (см. рисунок, 9, 10) на плоских водоразделах трапповых возвышенностей. Развитие сплошного мохового покрова в них способствует резкому понижению температуры почв, и их потенциальное богатство становится недоступным растениям.

Все разнообразие лесов района представляет собой возрастные и сукцессионные стадии небольшого числа типов. Можно полагать, что в ходе возрастной динамики лесов, благодаря полидоминантности древостоя и чувствительности напочвенного покрова к изменениям древесного яруса, происходят направленные изменения экологических условий их местообитаний. Условия экоотопа при этом меняются от более сухих и богатых к более увлажненным и бедным. Немаловажная роль для возвращения их в исходное состояние и поддержания экологической стабильности территории принадлежит, по-видимому, лесным пожарам.

Заболоченные группы биогеоценоза занимают промежуточное положение между лесными и болотными ландшафтами. Они развиваются преимущественно в местообитаниях мезотрофных гидромезофильных типов (11—17). Относительно высокое активное богатство почв обеспечивается размещением их в топологически подчиненных элементах рельефа: долинах ручьев, глубоких логах, куда осуществляется постоянный приток поверхностно-сточной влаги или речных вод. Наибольшим плодородием среди них отличаются березово-кочкарно-осоково-вейниковые сообщества

(см. рисунок, 11) приустьевых частей долин ручьев с признаками застойного увлажнения и глубоким протаиванием почв. В мезо-олиготрофных условиях развиваются биогеоценозы (см. рисунок, 16, 17), которые питаются обедненными болотными водами, поступающими с верховых (олиготрофных) болот. Всестороннего изучения заслуживают сообщества кустарничковых березок — ерники (см. рисунок, 14, 15), которые характеризуются чрезвычайно разнообразным в экологическом отношении видовым набором и сохранением в своем облике ряда реликтовых черт плейстоценового времени.

Наиболее бедные доступными элементами питания типы местообитаний в районе занимают биогеоценозы молодых растущих верховых болот и мерзлых торфяных бугров (см. рисунок, 18, 19). Достижение буграми и торфяниками в результате мерзлотного пучения критических высот вызывает деградацию мохового покрова, обсыхание и частичное разрушение верхних слоев торфяной залежи, что приводит к вторичному повышению трофности субстрата.

Гипновые топи болот района (см. рисунок, 21) оказались беднее (на одну ступень) аналогичных болот южной тайги Западной и Средней Сибири, в то время как сфагновые топяные сообщества (см. рисунок, 20), развивающиеся в ерсеях и мочажинах крупно- и плоскобугристых болот, существенно богаче (на 1,5—2 ступени) по сравнению с сообществами тех же эдификаторов на болотах Западной Сибири. Это проявляется в особом составе моховой дернины, в которой одновременно сочетаются олиго-, мезо- и эвтрофные виды сфагнов, и связано с относительной молодостью многих ерсеев и особенностями их питания.

Биогеоценозы водных и прибрежно-водных местообитаний указаны на схеме весьма обобщенно (см. рисунок, 22, 23) и по мере накопления данных могут быть разделены на биогеоценозы стоячих и проточных водоемов, галечниковых, глинистых и торфянистых отмелей. Экологические характеристики каменистых обнажений и выходов не рассчитывались.

Экологическая оценка растительного покрова Тунгусского заказника показала значительное своеобразие природы района. Распространять на него закономерности, установленные для других, даже смежных районов, следует с большой осторожностью. Необходимо проведение дальнейших более детальных исследований в этом направлении на основе региональных шкал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Львов Ю. А., Мульдьяров Е. Я. Экологическая характеристика видов торфа // Материалы VII Всесоюзного совещания по болотоведению. — Калинин, 1984. — С. 82—90.
- Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижилов О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. — М.: Сельхозгиз, 1956. — 471 с.
- Шумилова Л. В. Ботаническая география Сибири. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1962. — 440 с.

Э. П. Изох

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ УДАРНОГО КРАТЕРА ЖАМАНШИН*

ВВЕДЕНИЕ

Выяснение геологического возраста нестратифицированных объектов, таких как внедренные магматические тела, различные тектонические дислокации и т. п., зачастую затруднительно, так как требуется установление с большой точностью нижней и верхней возрастных границ в узком возрастном интервале. Между тем геологические реперы есть далеко не всегда. В таких случаях важным, а иногда единственным, остается метод абсолютной геохронологии. Именно к данной категории объектов относятся ударные кратеры, время образования которых чаще всего устанавливается только по радиогенному возрасту импактных стекол, возникших за счет расплавления земных пород в момент удара. Обращаться для контроля к геологическим данным при этом, как правило, нет необходимости, так как сама мысль о каком-либо расхождении радиогенных и геологических датировок с точки зрения общепринятых моделей импактного кратерообразования была бы абсурдной.

Кратер Жаманшин, однако, в ряду всех прочих астроблем является исключением. Это единственный на Земле кратер, в котором, наряду с бесспорными импактитами, обнаружены стекла тектитового состава и загадочного генезиса. Есть основания подозревать здесь и присущий тектитам парадокс возраста, т. е. резкую разницу между возрастом формирования (последнего плавления) тектитов и временем их падения на Землю (земным возрастом) [Изох, 1985, 1986]. Поэтому всецело доверять одним лишь радиогенным датировкам, игнорируя геологические данные, в данном случае не следует.

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Для первооткрывателя кратера П. В. Флоренского [Флоренский, Дабижа, 1980; Флоренский и др., 1979] особой проблемы с его возрастом, судя по всему, не было. Во-первых, даже весь-

* Здесь и далее термин «ударный кратер Жаманшин» сохранен по просьбе автора (Ред.).

ма грубая, примерная его датировка как четвертичной структуры в то время была приемлемой; во-вторых, вскоре после открытия были получены первые радиогенные датировки, согласные с имевшимися на тот момент геологическими данными. Было установлено следующее:

К—Аг возраст стекол менее 1 млн лет;

трековый их возраст $0,81 \pm 0,16$ млн лет [Флоренский, Дабижа, 1980] и $1,07 \pm 0,05$ млн лет [Störzer, Wagner, 1977];

обратная намагниченность импактитов (основных жаманшинитов) сопоставима с эпохой Матуяма: 0,69—2,42 млн лет тому назад;

кратер был сформирован после отложения чаграйской свиты P_3 ;

наконец, современный рисунок гидросети в кратере возник, вероятно, 1,0—0,5 млн лет назад, не позже 0,1 млн лет [Флоренский и др., 1979, с. 26—32].

Первые четыре положения этого перечня сохраняют валидность и сегодня, хотя и с оговорками. Прежде всего надо иметь в виду, что все радиогенные даты, приведенные в работах [Флоренский, Дабижа, 1980; Флоренский и др., 1979; Störzer, Wagner, 1977], относятся только к стеклам тектитового состава, т. е. к иргизитам и кислым жаманшинитам [Изох, Ле Дык Ан, 1988]. Затем надо помнить, что эпох обратной намагниченности, хотя и более коротких, чем Матуяма, было несколько. Смысл пятого положения, касающегося гидросети, П. В. Флоренский оставил нераскрытым, доказательной силы для уточнения возраста мы в нем не видим.

В более поздних публикациях вопросы возраста кратера практически не затрагивались, если не считать работ Э. П. Изоха [1985, 1986; Isoh, Le Dyk An, 1988], где были упомянуты признаки крайней геологической молодости кратера: наличие в пределах насыпного вала небольших компактных ареалов тектитов и импактитов со всеми особенностями залегания на месте выпадения (возможность воссоединения в одно целое фрагментов отдельных бомб или глыб, отсутствие признаков окатанности и вообще перемещения стекол и т. п.); поразительная сохранность как самого насыпного вала, сложенного очень рыхлыми, мягкими глинами и песками, так и роя кратеров-сателлитов, размещенных целиком в мягких пластичных глинах чиликтинской свиты, и т. д. Казалось странным, как все эти весьма непрочные образования сумели избежать водной эрозии или ветровой абразии за предполагаемый почти 1 млн лет с момента формирования, несмотря на неоднократную смену в данном регионе сухих и влажных климатических обстановок, обусловленных приближением или отступанием покрывавших весь север континента ледников.

Приведенные интуитивные соображения, естественно, нуждались в проверке, которая шла по двум направлениям: путем уточнения геологического возраста кратера и с помощью попыток получения радиогенного возраста собственно импактитов — единст-

венно пригодных для поставленной цели стекол Жаманшина. Первый путь обсуждается ниже, второму посвящена отдельная статья данного сборника [Э. П. Изох и др.: «Возраст стекол ударного кратера Жаманшин...»].

ПУТИ РЕШЕНИЯ

Наша задача, как уже сказано, состоит в определении с максимальной точностью нижней и верхней возрастных границ импактного события. Поскольку это событие по своей сути мгновенно, то нижняя и верхняя границы должны полностью совпадать. Однако если иметь в виду послειмпактные явления, например медленное осажждение поднятых при взрыве в воздух облаков пыли, сажи от пожаров и т. п., то время события удлинится, хотя в геологическом смысле этим эффектом вполне можно пренебречь. Простых путей решения задачи немного. В самом кратере это, с одной стороны, определение возраста (по гумусу, другим органическим остаткам) той дневной поверхности, на которую был брошен насыпной вал; с другой стороны, датировка осадков, накопившихся выше аллогенной брекчии сразу после взрыва. Наиболее эффективным казался другой подход: прослеживание стратифицированного горизонта, содержащего продукты взрыва, за пределами кратера, лучше всего в обстановке непрерывного осадконакопления, т. е. в пониженных частях или депрессиях. Наиболее удобной для решения задачи представлялась межгорная депрессия, непосредственно примыкающая к кратеру с востока. Соответствующая задача была предусмотрена специальной Программой изучения кратера [Изох, 1985] и затем была поставлена перед геологами московской Аэрокосмогеологической экспедиции № 1, которая в 1985—1987 годах была специально ориентирована на детальное изучение Жаманшина. К сожалению, по некоторым причинам целый ряд поставленных перед экспедицией задач, касающихся возраста кратера, выполнен не был, и поэтому в июне 1988 г. во время очередной поездки на кратер мы попытались хотя бы часть этих задач решить сами.

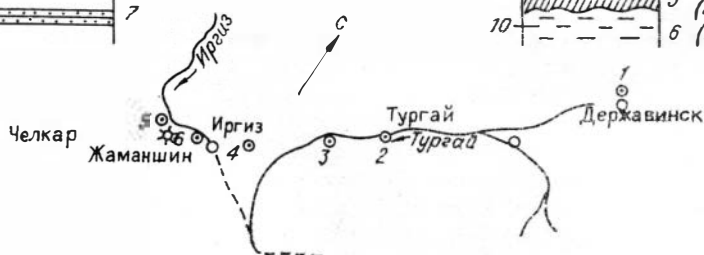
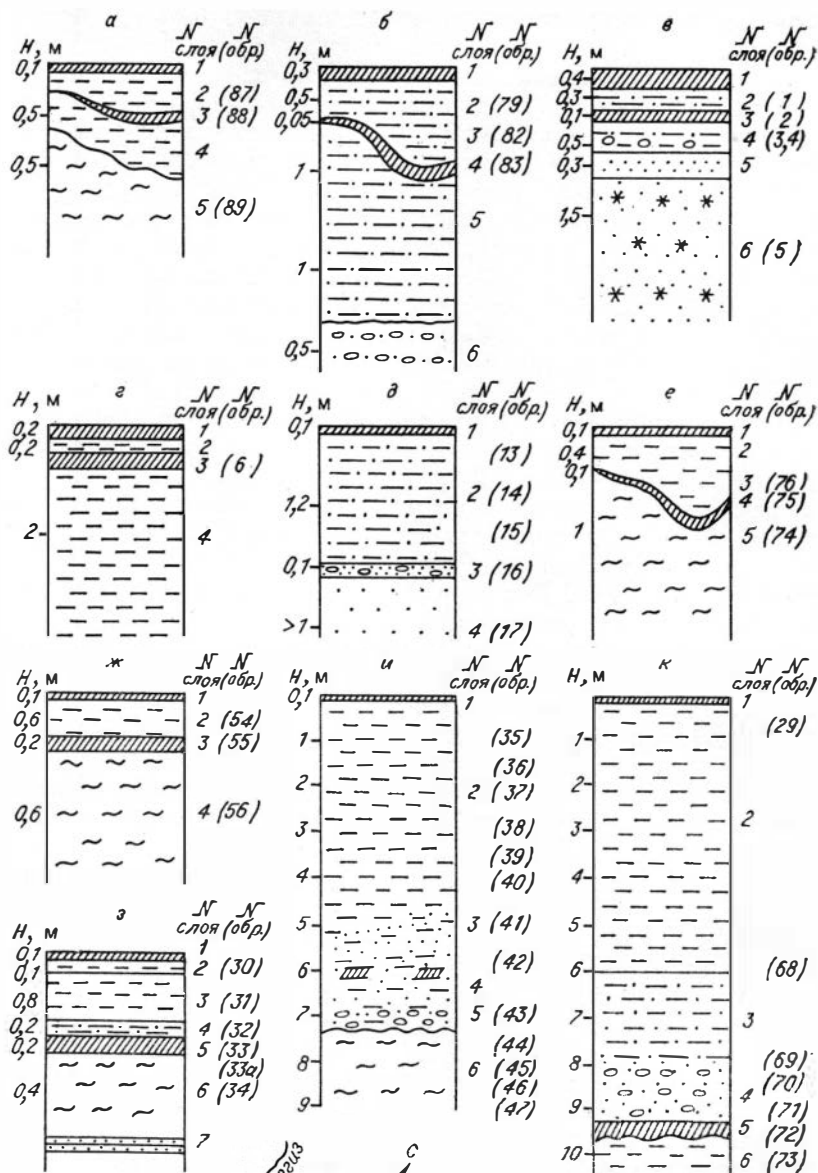
Попытки найти нижнюю границу импактного события в самом кратере были для нас непосильны, поскольку необходимы специальные горные выработки для вскрытия подошвы насыпного вала. Задача уточнения верхней возрастной границы решалась проще: потребовалась лишь детальная документация керн глубоких скважин, проходка которых осуществлялась в это же время Средне-Орской партией п/о «Запказгеология» под руководством А. М. Зайцева. Из трех разбуриваемых скважин последняя (третья) была заложена прямо при нас, и мы имели возможность тщательно описать первые десятки метров керна, наиболее нас интересовавшие. Керна двух других скважин, пройденных ранее, были просмотрены еще в марте 1988 г., но с меньшей детальностью (см. рис. 2).

Задача поиска слоя, синхронного импакту, была решена на удивление легко. Первая встреча с этим слоем произошла еще на пути из Новосибирска в Иргиз в 170 км от кратера, в террасе р. Тургай. Тут, однако, следует сказать, что еще в 1982 г. во время первой поездки на Жаманшин автор уже пытался найти горизонт, синхронный импактному событию, исходя из идеи П. В. Флоренского о выпадении тектитов-иргизитов из плазменного взрывного облака. Основываясь на представлении об относительной древности кратера, все внимание тогда было направлено на низы четвертичного разреза в районе Аркалыка, на высоких террасах Тургай и Иргиза, на высоко поднятые поверхности выравнивания и т. п. Поиск закончился безрезультатно. На этот раз, однако, мы намеренно сконцентрировали внимание на самых поздних членах четвертичного разреза, проверяя идею о крайней геологической молодости кратера. При этом обнадеживающим и стимулирующим обстоятельством было то, что еще осенью 1987 г. сотрудник Аэрокосмогеологической экспедиции № 1 В. Г. Пронин сообщил нам о находке «горелого», как он его назвал, слоя вблизи кратера, всего в 1 м от поверхности, т. е. в самом верху современного стратиграфического разреза. Кроме того, нам уже были известны данные Л. Л. Кашкарова о крайне малом трековом возрасте импактитов-жаманшинитов [Kashkarov et al., 1987].

После фактически случайной встречи с импактным слоем в террасе р. Тургай, приближаясь к Жаманшину, мы осматривали все встреченные на пути береговые обрывы (террасы), уступы дорожных выемок, карьеры и канавы и т. п. на любых поверхностях выравнивания, где возможности для консервации и сохранения искомого слоя были наилучшими. Импактный слой был зафиксирован нами вдоль автодороги Нура — Иргиз, вдоль трассы Актюбинск — Аральск в окрестностях кратера, а также вдоль проселочных дорог между кратером и пос. Иргиз (см. рис. 1). Вдоль трассы Иргиз — Челкар слой слабо выражен. В самом кратере он легко был опознан в керне скв. 3 в самом основании покровной послειмпактной толщи.

Для обнаружения интересующего нас слоя особый интерес, как уже указано, представляла депрессия, куда сходились временные водотоки (сухие русла), берущие начало в кратере Жаманшин и на прилегающих возвышенностях. К счастью, в момент нашего приезда к буровикам подъехала самоходная буровая установка для поисков воды. По нашей просьбе проезжие буровики пробурили две скважины непосредственно к востоку от кратера, за так называемыми «воротами», где насыпной вал прорезан руслами. В обеих скважинах импактный слой был подсечен и опознан, несмотря на то, что выход керна оставлял желать лучшего.

На обратном пути в Новосибирск импактный слой был зафиксирован неожиданно очень далеко: в 230 км от кратера, у районного центра Тургай. Еще далее на северо-восток, почти в 500 км от кратера у г. Державинска в той же геологической позиции отмечены только погребенные почвы.



РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Главным результатом полевых работ стали стратиграфические колонки (разрезы) позднечетвертичных отложений более чем в десяти участках вдоль сделанного маршрутного пересечения региона (рис. 1, 2), а также простая, вполне очевидная корреляция их друг с другом, несмотря на значительную удаленность. Наилучшим репером или маркирующим горизонтом при сопоставлении служит сам импактный горизонт. Однако им одним ограничиться нельзя, чтобы не попасть в замкнутый круг аргументов. В связи с этим важно подчеркнуть, что вторым независимым маркирующим горизонтом служит покров лессовидных суглинков-супесей, согласно перекрывающих импактный слой и повсеместно тесно с ним спаянных. Они очень устойчивы по облику и составу, спутать их с более ранними отложениями трудно, тем более что это последний член стратиграфического разреза, непосредственно на котором развивается почвенный слой.

Р и с. 1. Разрезы четвертичных отложений в окрестностях кратера Жаманшин.

а: 10 км севернее г. Державинска (~ 500 км к северо-востоку от кратера Жаманшин). Вертикальная стенка сухого русла высотой 3 м возле моста у автодороги. 1 — гумусовый слой, 2 — лессовидный суглинок, 3 — темный гумусовый слой 3—5 см (погребенная почва), 4 — лессовидный суглинок с примесью гумуса, 5 — бурые известковистые глины.

б: 2 км к западу от пос. Тургай (230 км к северо-востоку от кратера Жаманшин). Вертикальная стенка оврага высотой 3 м. 1 — гумусовый слой (почва), 2 — палевый лессовидный суглинок, 3 — желто-бурая супесь, 4 — сажистый темный «импактный» слой мощностью 3—5 см, 5 — бурая супесь, 6 — песок с гравием.

в: 8 км к запад-юго-западу от д. Туемойнак (~170 км к северо-востоку от кратера Жаманшин). Обрыв 5-метровой надпойменной террасы р. Тургай, правый берег близ проселочной дороги. 1 — почва, гумус, 2 — палево-серая супесь, 3 — темный «импактный» слой, обогащенный марганцем, 4 — бурая супесь с мелкими марганцовистыми конкрециями, 5 — бурый речной песок с гипсовыми стяжениями — «розами», 6 — то же, белый.

г: ~45 км к северо-востоку от пос. Иргиз (~80 км к северо-востоку от кратера). Траншея для прокладки кабеля у дороги Нура — Иргиз глубиной 2,5 м. 1 — гумусовый слой, 2 — лессовидный суглинок, 3 — то же, переходный к супеси, «импактный» слой с темными марганцовистыми «примазками», слабо загипсованный; 4 — палевые лессовидные суглинки (аналогии слоя 2).

д: 38 км к западу от пос. Иргиз у трассы Иргиз — Челкар (20 км к север-северо-западу от кратера). Стенка карьера в сухом русле высотой 2,5 м. 1 — почва, 2 — палевые лессовидные суглинки, 3 — «импактный» слой: гравийник с обломками бордовых вулканитов C_1 и кремней Pz_1 , 4 — белый песок.

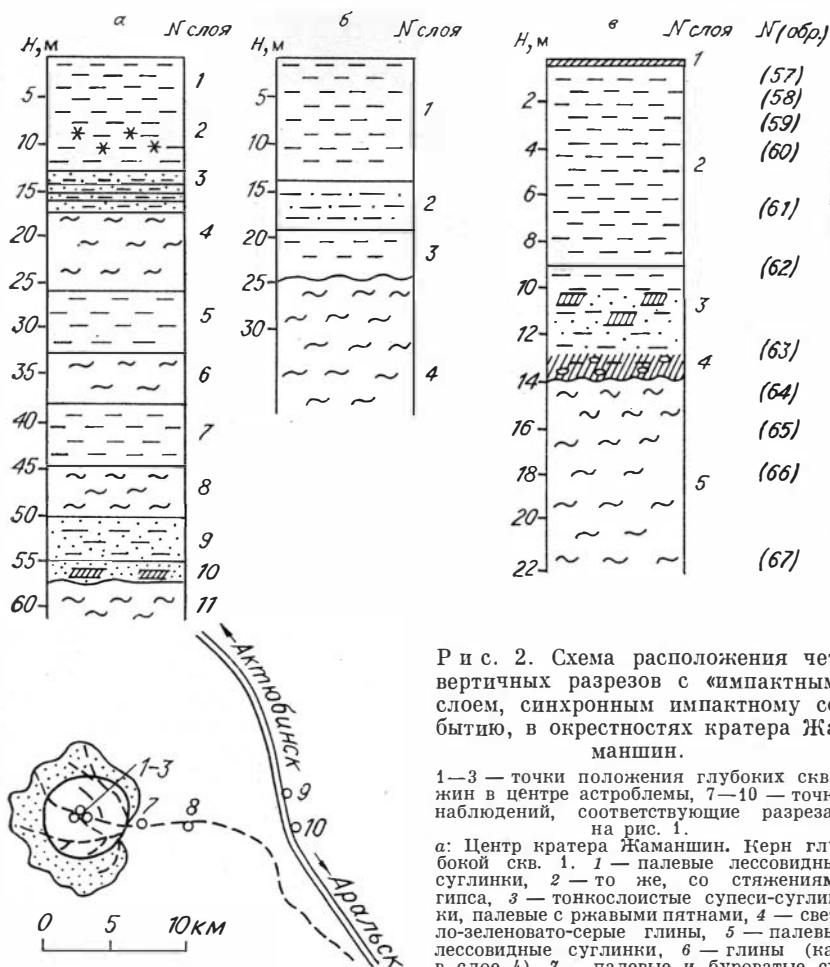
е: ~20 км к запад-юго-западу от пос. Иргиз (~20 км к северо-востоку от кратера). Берег запруды, вертикальная стенка высотой 1,5 м. 1 — почва, 2 — палево-лессовидный суглинок, 3 — песок с редким гравием, 4 — темный «импактный» слой, обогащенный марганцем, 5 — тонкослоистые пластинчатые зеленоватые глины с желтыми линзами.

ж: 10 км к востоку от «ворот». Стенка дорожной выемки на трассе Актюбинск — Аральск близ столба 1098 км. 1 — почва, 2 — палево-лессовидный суглинок, 3 — темный «импактный» слой, обогащенный марганцем, 4 — жирные зеленоватые глины с желтыми линзами.

з: ~9 км к востоку от «ворот». Стенка карьера, заполненного водой, на трассе Актюбинск — Аральск близ столба 1102/1164 км (место, указанное на в. Г. Прониным). 1 — гумус, 2 — палево-лессовидный суглинок, 3 — то же, с гипсом, 4 — светло-бурая слоистая супесь, 5 — темный марганцовистый «импактный» слой, 6 — жирная белая глина, комковатая, 7 — плитчатые белые сливные кварциты.

и: 4 км к востоку от восточного края кратера Жаманшин (от «ворот»), равнина на пересечении проселочной дороги и сухого русла, дренирующего кратер. Керн буровой скважины глубиной 9 м. 1 — почва, 2 — палево-лессовидный суглинок, 3 — палево-супесь (на 5—6 м выход зерна неполный), 4 — палево-лессовидный суглинок с марганцовистыми налетами, 5 — ржаво-бурый гравелит — слабо сцементированный грубозернистый песчаник, 6 — жирные пластичные зеленоватые глины с желтыми пятнами.

к: 2 км к востоку от «ворот», на равнине возле русла, дренирующего карьер. Керн буровой скважины глубиной 10 м. 1 — почва, 2 — бесструктурные палевые лессовидные суглинки, 3 — палевые супеси, 4 — песок с гравием и марганцовистыми налетами, 5 — темный «импактный» марганцовистый слой, 6 — палевые слоистые суглинки.



Р и с. 2. Схема расположения четвертичных разрезов с «импактным» слоем, синхронным импактному событию, в окрестностях кратера Жаманшин.

1—3 — точки положения глубоких скважин в центре астроблемы, 7—10 — точки наблюдений, соответствующие разрезам на рис. 1.

а: Центр кратера Жаманшин. Керна глубокой скв. 1. 1 — палевые лессовидные суглинки, 2 — то же, со стяжениями гипса, 3 — тонкослоистые супеси-суглинки, палевые с ржавыми пятнами, 4 — светло-зеленовато-серые глины, 5 — палевые лессовидные суглинки, 6 — глины (как в слое 4), 7 — палевые и буроватые супеси, 8 — глины (как в слое 4), 9 — светлые зеленоватые суглинки, переходящие в супесь, 10 — то же, с темными марганцовистыми примазками («импактный» слой), 11 — смесь глины, супесей, песков с включениями обломков палеозойских пород (аллогенная брекчия).

б: Центр кратера, керн глубокой скв. 2. 1 — палевые лессовидные суглинки, 2 — палевые супеси, 3 — суглинки (как в слое 1), 4 — аллогенная брекчия (глины, пески).

в: Центр кратера, керн глубокой скв. 3. 1 — почва, 2 — палевые лессовидные суглинки, 3 — то же, с темными марганцовистыми примазками, 4 — темный «импактный» слой с гравием и галечкой разных пород, 6 — перемятые глины с разнородными включениями (аллогенная брекчия).

Еще один независимый маркирующий элемент — резкое несогласие в основании импактного слоя, т. е. перерыв в седиментации, обусловленный тем, что данный слой выпал на самые разные отложения, обнажившиеся в то время на поверхности: третичные глины и пески, четвертичные террасовые речные пески и гравийники, а в самом кратере — на аллогенную брекчию. Одновременное использование всех трех маркирующих элементов делает корреляцию стратиграфических разрезов на обсле-

дованной обширной территории весьма надежной. Связь описываемого слоя с кратером подчеркивается следующими наблюдениями. В непосредственной близости к кратеру (см. рис. 1, *к, о, п*) импактный слой обогащен мелким гравием и щебенкой твердых палеозойских пород, выброшенных из кратера при взрыве; в удалении от него роль грубообломочного материала быстро сходит на нет. Характерная черта импактного слоя — железо-марганцовистые примазки, пленки, иногда мелкие конкреции, придающие слою более темную окраску. Присутствие железо-марганцовистых примазок в самом основании послепимпактного покрова непосредственно в кратере (см. рис. 2), — ближайших окрестностях (см. рис. 1), а также в большом удалении от него (см. рис. 1) — самое яркое свидетельство связи между импактным слоем и кратером.

Покровные лессовидные отложения, судя по полевым наблюдениям, сравнительно однородны и однообразны на всей обследованной территории. Это палевые, желтоватые, буроватые или сероватые бесструктурные породы, образующие вертикальные стенки, как это присуще типичным лессам. На возвышенностях (поверхностях выравнивания) их мощность превышает 0,5, реже 1 м. В межгорной впадине наблюдается увеличение их мощности до 7—9 м, а в кратерной воронке — до 14—25 м. Очевидно, эти явно субаэральные осадки легко заполняли углубления в рельефе, существовавшие в момент импакта, тогда как возвышенности они покрыли в виде однородного тонкого плаща.

Глубокая скв. 1 в центре кратера вскрыла покровную толщу мощностью 56 м. На сегодня это наибольшая достоверно задокументированная мощность послепимпактных отложений. П. В. Флоренский указал мощность больше: порядка 115—154 м [Флоренский и др., 1979]. Поскольку речь идет о том же самом месте в центре кратера, то эти цифры вызывают сомнение. Судя по всему, скв. 1 вскрыла заполнение глубокой ямы, оставшейся в кратерной воронке после того, как она была завалена аллогенной брекчией и сползшими с боков блоками рыхлых третичных отложений. Эта яма представляла собой периодически высыхавшее озерцо, поскольку в разрезе наблюдается чередование субаэральных лессовидных суглинков и субаквальных слоистых глин озерного типа. Разрез этих отложений предоставляет единственную в своем роде возможность детального восстановления послепимпактной истории астроблемы. Это — задача ближайшего будущего.

Импактный слой, судя по полевым наблюдениям, разнообразен по облику и составу. Мощность его, как правило, не превышает 5—10 см, обычно он резко выделяется среди ниже- и вышележащих отложений более темной окраской, из-за чего он поначалу был принят за «горелый» слой. После того как выяснилось, что сажа или углистые частицы в нем редки, а темный цвет обусловлен железисто-марганцевыми примазками, более удобно называть его темным слоем. Но поскольку и этот признак по латерали

неустойчив, предпочтение отдано названию «импактный слой», хотя точнее было бы назвать его «последимпактным», что еще точнее отражает сущность вещей. Основу слоя составляют лессовидные суглинки-супеси, к которым примешано то или иное количество более грубого материала. Иногда слой представлен преимущественно или даже целиком этим последним (см. рис. 1, к). В центре кратера он фиксируется в самой подошве последимпактного покрова, выделяясь благодаря темным марганцовистым призмам. Рядом с кратером слой более всего обогащен грубообломочной фракцией (см. рис. 1), с удалением от кратера примесь этого материала заметно уменьшается. В наибольшем удалении от кратера импактный слой представлен таким же лессовидным суглинком, как выше и ниже него, но обогащен черным сажистым материалом, благодаря чему слой в виде темной полосы очень резко выделяется на светлом фоне палевых суглинков. Еще далее на восток, как уже отмечалось, встречены лишь погребенные почвы.

Таким образом, импактный слой возник одновременно и чуть позже кратера Жаманшин и представляет собой осаждение на дневную поверхность продуктов взрыва, местами — сажи от горевшей степной растительности, а возможно, также и чуждого, космогенного материала. Распространение слоя выходит далеко за пределы зон влияния выбросов самого кратера, поэтому причина его образования — вряд ли лишь единичное импактное событие.

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ ИМПАКТНОГО СЛОЯ

Вещество импактного слоя и соседствующих с ним пород сейчас изучается широко и всесторонне, работа эта еще далека от завершения. Ниже приведены лишь некоторые уже имеющиеся данные.

Лессовидный покров, как уже указано, представлен исключительно суглинками, переходными к супесям. Содержание SiO_2 в них варьирует между 65—75 % для суглинков и 75—80 % для супесей. Глинозем (5—11 %) и железо (4—6 %) меняются в зависимости от содержания кремнезема. Количество извести (от 0,5 до 9,0 %), напротив, резко колеблется и связано с различной степенью загипсованности покрова, что, в свою очередь, зависит, по-видимому, от характера подстилающих пород. Калий всегда явственно преобладает над натрием, как это вообще присуще лессам.

Импактный слой по валовому химическому составу почти неотличим от описанного выше покровного слоя. По существу это те же суглинки-супеси, но с примесью грубообломочного материала. Спектральный анализ часто показывает высокие содержания (более 1 %) марганца, нередко также повышенное (по сравнению с соседствующими слоями) количество никеля и хрома. В тяжелой фракции присутствуют самородные металлы. Чужеродность и са-

мобильность некоторых компонентов импактного слоя, по сравнению с окружением, бросаются в глаза уже при первом знакомстве с ним.

ВОЗРАСТ ИМПАКТНОГО СЛОЯ

Отобраны две пробы импактного слоя, пригодные для определения возраста по ^{14}C : обр. 83 — сажистый прослой среди лессовидных суглинков (см. рис. 1) и обр. 88 — погребенная почва (см. рис. 1). По причине безвременной кончины В. А. Панычева определения возраста сильно задержались. Поэтому далее рассматриваются только те оценки возраста, которые базируются целиком на геологических данных.

Напомним, что далее предстоит сделать выбор относительно возраста: 0,7—1,0 млн лет или же 10 тыс. лет. Легко видеть, что все изложенные выше факты свидетельствуют в пользу второй из них. Вот эти факты:

импактный слой подстилает или, что то же самое, начинает собой последний для данного региона член стратиграфического разреза: покровные лессовидные суглинки-супеси, которые, по словам В. С. Волковой, на всех региональных стратиграфических схемах относятся только к голоцену;

резкое региональное несогласие, приходящееся как раз на подошву импактного слоя, на этих схемах отвечает рубежу плейстоцена и голоцена;

импактный слой вместе с лессовидным покровом наблюдается в разрезе 3—5-метровых надпойменных речных террас Иргиза и Тургая, которые в момент импакта представляли собой базисную поверхность (пойму). Это было, если исходить из весьма малой (доли миллиметра в год) скорости воздымания платформенных областей в четвертичную эпоху [Никонов, 1977], не ранее 10 тыс. лет тому назад. При возрасте импакта 0,7—1,0 млн лет отвечающий этому событию слой был бы приурочен к террасам и плоскостям выравнивания, ныне приподнятым на 100—200 м относительно базисной поверхности. В местах непрерывного или длительного осадконакопления он был бы перекрыт мощными и притом самыми разнообразными по составу и литологии средними и позднечетвертными отложениями. Такого рода данных не имеется.

Изучение спорово-пыльцевых комплексов выполнено В. С. Волковой. По ее данным, в лессовидном покрове обнаружена пыльца только степных растений современного типа, присущих голоцену. Признаков смены холодо- и теплолюбивых, засушливых и влажных растительных сообществ, присущих ледниковым эпохам Q_{2-3} , в покровных отложениях в кратерной воронке или в удалении от нее не обнаружено. Тем самым геологических аргументов в пользу раннечетвертичного возраста кратера не остается. Напротив, все данные указывают на границу плейстоцена и голоцена, т. е. на рубеж примерно 10 тыс. лет тому назад.

ВЫВОДЫ

1. С формированием ударного кратера Жаманшин было тесно сопряжено выпадение тонкого слоя субаэральных осадков, названного нами импактным слоем. Вблизи кратера в нем содержится грубозернистый материал, выброшенный непосредственно в момент взрыва. В удалении от кратера импактный слой сложен тонкозернистым (лессовым) материалом с примесью железа и марганца, иногда сажи. Принадлежность слоя и кратера к одному и тому же событию, помимо отмеченной зональности, доказывается корреляцией стратиграфических разрезов, в которых зафиксирован импактный слой, и разреза выполнения кратерной воронки.

2. Импактный слой везде перекрыт однообразным покровом лессовидных суглинков-супесей, вероятнее всего, представляющих собой отложения интенсивных пылевых бурь, возникших после импакта и, по-видимому, сходных с современными пылевыми бурями, вполне здесь обычными.

3. Происхождение железо-марганцевых пленок, примазок и конкреций, характерных для импактного слоя, еще не ясно. Возможно, они произошли путем переотложения материалов железистых конгломератов, гравелитов и песчаников чаграйской свиты неогена, распространенной в районе кратера. Более вероятно, что в данном случае мы имеем дело с космогенным веществом. Диагностика, выделение и детальное изучение космогенной (по нашим представлениям, кометной) компоненты импактного слоя — важная задача уже начатых и будущих исследований.

4. Таким образом, возраст импактного слоя, а следовательно и кратера Жаманшин, судя по всем геологическим наблюдениям, не древнее голоцена. Это доказывается: расположением слоя в самой верхней части стратиграфического разреза, в основании маломощного покрова лессовидных суглинков-супесей; приуроченностью к 3—5-метровым надпойменным речным террасам, но не более высоким поверхностям выравнивания; наличием в покровном горизонте пылицы только голоценовых, идентичных современным, степных растений при отсутствии более древних растительных сообществ, присущих ледниковым и межледниковым эпохам.

5. В итоге и возраст, и геологическая позиция импактного слоя в северо-западном Казахстане и тектитового слоя во Вьетнаме [Изох, Ле Дык Ан, 1983] и в Австралии [Изох, 1984, 1985] оказываются практически идентичными, что позволяет Австрало-Азиатский пояс выпадения тектитов и кратер Жаманшин считать следствием одной и той же причины: столкновения с Землей роя ледяных глыб — фрагментов крупной кометы, доставившей на Землю тектиты [Изох, 1984]. Предполагается, что одна из таких глыб, в свою очередь, окруженная роем мелких фрагментов, «вырыла» кратер Жаманшин, тогда как из других глыб, пролетевших относительно поверхности Земли по касательной, выпали тектитовые «ливни» (см. статью Изоха и др. в наст. сборнике).

6. Достаточно очевидно, что сам кратер как единичное точечное импактное событие вряд ли мог стать причиной наблюдаемого весьма широкого (более 500 км) распространения импактного слоя. Вероятнее всего, он представляет собой результат совокупного взаимодействия кометного роя с атмосферой и поверхностью Земли. Важно подчеркнуть, что масштабы явления, наблюдаемые в Казахстане и в Австрало-Азиатском поясе, теперь оказываются вполне сопоставимыми.

7. Предполагаемая кометная трасса к югу от Жаманшина проходит восточнее Аральского моря мимо Балхаша и Иссык-Куля через Тибет и Гималаи в сторону Южного Китая и Индокитаия. На отрезке трассы, приходящемся на территорию нашей страны, мы планируем продолжить поиск импактного слоя, других астроблем, сходных с Жаманшином, а также вполне вероятных здесь отдельных ареалов выпадения тектитов. Их обнаружение будет служить подтверждением гипотезы.

8. И во Вьетнаме, и в Казахстане выпадение тектитов и формирование импактного горизонта сопровождалось мощными пылевыми бурями, пожарами, а во многих областях также катастрофическими наводнениями [Изох, Ле Дык Ан, 1983]. Все эти события запечатлены в стратиграфических разрезах. Привлекательной и вполне корректной с точки зрения естествоиспытателя представляется попытка отыскания причинных связей между космогенной катастрофой, обусловленной вторжением кометы на рубеже плейстоцена и голоцена, и «великим вымиранием» на этом рубеже, происшедшем уже на глазах человечества (мамонты, гигантские олени и т.п.). Интересно также удивительное совпадение по месту и времени этой катастрофы и легенд о Всемирном потопе. Наконец, вовсе не случайным может оказаться бурное развитие человечества, цивилизаций как раз после космогенной катастрофы и Потопа.

Сделанные выводы допускают любой контроль и проверку любыми путями и методами. Одним из подтверждений служат данные о наличии возрастного парадокса в кратере Жаманшин, полученные по трековым возрастам раздельно тектитов и импактитов (см. статью Изоха и др. в наст. сборнике).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Изох Э. П. Научная программа комплексного изучения ударного кратера Жаманшин. — Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1984. — 13 с.
- Изох Э. П. Парадокс возраста тектитов и полей их выпадения // Метеоритика. — М.: Наука, 1985. — Вып. 44. — С. 127—134.
- Изох Э. П. Петрохимия пород мишени, импактитов и тектитов астроблемы Жаманшин // Космическое вещество и Земля. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. — С. 159—203.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Тектиты Вьетнама. Гипотеза кометной транспортировки // Метеоритика. — М.: Наука, 1983. — Вып. 42. — С. 158—169.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Геологическая позиция тектитов и их значение для четвертичной геологии и геоморфологии Вьетнама // Актуальные вопро-

- сы метеоритики в Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988.— С. 205—230.
- Никонов А. А. Голоценовые и современные движения земной коры.— М.: Наука, 1977.— 240 с.
- Флоренский П. В., Дабига А. И. Метеоритный кратер Жаманшин.— М.: Наука, 1980.— 127 с.
- Флоренский П. В., Перельгин В. П., Баженов М. Л. и др. Комплексное определение возраста метеоритного кратера Жаманшин // Астроном. вестник.— 1979.— Т. 13, № 3.— С. 178—186.
- Kashkarov L. L., Genaeva L. I., Izokh E. P. Fission track dating for glasses from Zhamanshin astrobale // Abstr. 2 Intern. Conferen. on natural glasses.— Prague, 1987.— P. 32—33.
- Störzer D., Wagner G. A. Fission track dating of meteorite impacts // Meteoritics.— 1977.— V. 12, N 3.— P. 368—369.

Э. П. Изох, Л. Л. Кашкаров, Л. И. Генаева

ВОЗРАСТ СТЕКОЛ УДАРНОГО КРАТЕРА ЖАМАНШИН ПО ДАННЫМ ТРЕКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стекла, обнаруживаемые в насыпном вале кратера Жаманшин, весьма разнообразны по объему, составу и текстурно-структурным особенностям, что свидетельствует о большом разнообразии условий их выплавления и последующей закалки. Происхождение их трактуется по-разному. П. В. Флоренский [Флоренский и др., 1979] выделял здесь основные и кислые импактиты-жаманшиниты, возникшие путем прямого ударного плавления пород мишени, и тектиты-иргизиты, представляющие собой, по его гипотезе, результат конденсации силикатных паров из взрывного облака.

Все другие исследователи в дальнейшем основные жаманшиниты также относят к бесспорным импактитам, происшедшим из вулканогенно-осадочной толщи раннего карбона, входящей в состав мишени. Происхождение кислых жаманшинитов и иргизитов трактуется по-разному. В. Боушка [Bouška et al., 1981] считает их продуктами плавления осадочного чехла, В. Л. Масайтис [Масайтис, Селивановская, 1987] — терригенно-кремнистой толщи фундамента, состоящей из переслаивания кремнистых, глинистых и зеленых сланцев (метавулканитов). Э. П. Изох развивает гипотезу о внеземном происхождении стекол тектитового состава, которая опирается на аналогию кислых жаманшинитов и иргизитов с тектитами Австрало-Азиатского пояса, в том числе Вьетнама, где получены прямые доказательства возрастного парадокса: резкой разницы между радиогенным возрастом самих тектитов и моментом их выпадения на земную поверхность [Аракелянц и др., 1988; Изох, 1985, 1986; Изох, Ле Дык Ан, 1983, 1988]. Упомянутая выше аналогия находит себе весьма серьезное подкрепление в ряде

новых фактов, свидетельствующих о геологически весьма юном возрасте кратера Жаманшин, а следовательно, о проявлении и в этом объекте парадокса возраста тектитов (см. ниже). Кроме того, важно подчеркнуть, что основные жаманшиниты почти непзмнно переполнены включениями или остатками исходных для них карбоновых вулканитов, тогда как в кислых стеклах остатков исходных пород не бывает. Они, как это присуще тектитам во всем мире, чужды своему окружению. Один лишь этот факт позволяет подозревать принципиально иной генезис кислых (тектитовых) стекол Жаманшина по сравнению с основными, бесспорно импактными стеклами.

Таким образом, в дискуссии о земном или же внеземном происхождении тектитов Жаманшина ключевым оказывается вопрос о радиогенном возрасте отдельно взятых тектитов и импактитов, а также о геологических данных, удостоверяющих возраст самого кратера. Как показано в статье Э. П. Изоха (см. наст. сборник), геологические данные с большой вероятностью указывают на голоценовый, но никак не более древний возраст кратера (т. е. не более 10 тыс. лет), что близко совпадает с возрастом тектитоносного горизонта во Вьетнаме и в Австралии [Изох, Ле Дык Ан, 1988]. Поэтому были основания ожидать, что столь же юный возраст, практически близкий к нулю, должны иметь и основные жаманшиниты как заведомые импактиты.

В публикациях, касающихся радиогенного возраста стекол Жаманшина [Аракелянц и др., 1988; Флоренский, Дабига, 1980; Флоренский и др., 1979; Störzer, Wagner, 1969, 1977, 1979], приводился возраст только кислых стекол тектитового состава в диапазоне 0,6—1,1 млн лет. Данные по основным и вообще по заведомо импактным стеклам отсутствовали, причем были основания подозревать, что они в процессе анализа не давали ожидаемых (сравнимых с тектитам) результатов и выбраковывались.

Таким образом, перед авторами настоящей статьи встала задача заполнить имеющийся пробел, предвидя при этом возможность получения парадоксальных определений возраста. Это предвидение, как показано ниже, подтвердилось.

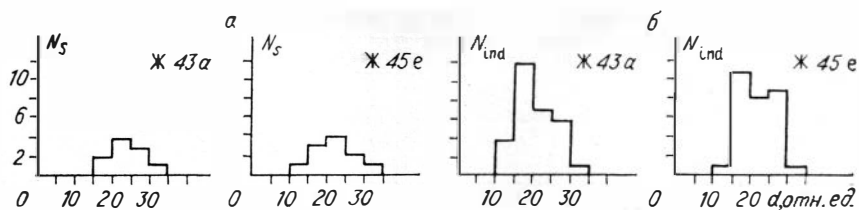
Для трековых исследований были выбраны два образца типичных, достаточно гомогенных, кислых жаманшинитов, по облику и составу неотличимых от тектитов типа Муонг-Нонг из Вьетнама (образцы Ж7-6 и Ж20-5), а также четыре образца вполне типичных основных жаманшинитов (Ж33-м, Ж43-а, Ж45-а, Ж45-е). Последние представляют собой массивные бомбы размером до 10—15 см в поперечнике со жгутово-канатной поверхностью, с плотным шероховатым матовым стеклом на изломе, в котором ясно видны участки и полосы гладкого блестящего стекла, обычно на периферии бомб. Эти блестящие гладкие участки наиболее бедны пузырьками-пустотами и лучше всего пригодны для выявления и подсчета треков. По химическому составу они неотличимы от матовых полос, в шлифах более прозрачны и гомогенны [Изох, Ле Дык Ан, 1983].

Методика определения времени накопления треков осколков спонтанного деления урана с учетом возможного термического отжига треков в течение всей истории их существования к настоящему времени достаточно хорошо разработана и неоднократно применялась для датирования различных природных стекол, в том числе тектитов [Кашкаров и др., 1969; Carpenter, 1972; Störzer, Wagner, 1969]. Отметим лишь некоторые характерные особенности трековой методики при ее применении для датирования природных стекол. Так как треки в стеклах протравливаются не на полную длину, то фигуры травления, наблюдаемые на исследуемой поверхности, в зависимости от угла наклона трека к поверхности травления имеют форму от вытянутых эллипсов до округлых образований. Наличие сферических пузырьков воздуха тех же размеров, что и треки в исследуемых образцах стекол, крайне затрудняет задачу безошибочного подсчета треков. Это особенно важно при определении очень низких (менее ~ 100 трек·см⁻²) плотностей треков спонтанного деления. Поэтому для возможно более полного исключения этого эффекта для измерения выбирались лишь те участки бомб, содержание пузырьков воздуха в которых, как уже сказано выше, было минимальным.

Для оценки и учета числа треков спонтанного деления, ориентированных к поверхности перпендикулярно и образующих круглые ямки травления, мы исходили из того, что треки спонтанного и нейтронно-индуцированного деления имеют одинаковое изотопное распределение. Поэтому, подсчитав с достаточно высокой статистической точностью соотношение числа круглых и эллиптических треков для случая нейтронно-индуцированного деления, мы использовали затем эту величину при подсчете полного числа треков спонтанного деления. В среднем для изученных нами основных стекол доля треков, фигуры травления которых практически не отличаются от сферических пузырьков воздуха, составила 10—20 %, что позволило ввести соответствующую поправку к числу безошибочно наблюдаемых треков спонтанного деления, имеющих четко идентифицируемые эллиптические фигуры травления на поверхности образца.

Содержание урана в образцах определялось путем сопоставления плотностей треков нейтронно-индуцированного деления ядер урана в образцах (ρ_i) и в эталоне ($\rho_{\text{эт}}$), одновременно облучаемых тепловыми нейтронами ядерного реактора. Для измерений использовался эталон серии NBS-612, содержание урана в котором известно с высокой точностью CU , $\text{эт} = (37,38 \pm 0,08) \cdot 10^{-6}$ г/г [Carpenter, 1972].

Особое внимание было уделено определению возможного термического отжига треков спонтанного деления урана, что привело бы к частичному или полному их исчезновению и, следовательно, к занижению возраста исследуемых стекол. С целью контроля и учета эффекта отжига треков было проведено измерение диаметров треков спонтанного и нейтронно-индуцированного деления. Результаты измерений приведены в виде гистограмм на рисунке.



Гистограмма распределения диаметров треков осколков спонтанного (а) и нейтронно-активированного (б) деления урана в двух образцах основных жаманшинитов.

Сопоставление полученных распределений диаметров треков показывает, что между треками спонтанного и нейтронно-индуцированного деления существенного различия не наблюдается. Исходя из этого можно заключить, что, несмотря на крайне малую статистику для числа измеренных спонтанных треков, не наблюдается какого-либо заметного термического отжига треков в исследуемых образцах основных стекол.

Результаты измерений приведены в таблице, из которой видно, что трековый возраст, определенный нами для кислых и основных жаманшинитов, различается в среднем на порядок величины: для двух образцов кислых стекол типа тектитов возраст накопления треков составил 0,75—1,1 млн лет, что согласуется с результатами более ранних работ [Аракелянц и др., 1988; Флоренский и др., 1979; Флоренский, Дабижа, 1980; Störzer, Wagner, 1977, 1979]; величины трекового возраста четырех изученных образцов основных жаманшинитов не превышают 0,1 млн лет.

Таким образом, впервые полученные в настоящей работе низкие значения ($< 0,1$ млн лет) трекового возраста основных жаманшинитов — первое независимое от геологических наблюдений и соображений указание на существование в кратере Жаманшин такого же возрастного парадокса, как во Вьетнаме и в Австралии, а следовательно, на принадлежность кратера к той же цепи космогенных событий, которые привели к выпадению тектитов в гигантском Австрало-Азиатском поясе.

Данное исследование было выполнено еще в начале 1987 г. [Kashkarov et al., 1987]. Сразу после этого те же образцы были отданы Е. М. Колесникову с целью контрольного измерения возраста стекол калий-аргоновым методом. По его данным [Kolesnikov et al., 1987], возрасты импактитов и тектитов кратера близки. К такому же выводу, но уже опираясь на трековый метод, судя по предварительным сведениям, пришел также Д. Шторцер, исследовавший по нашей просьбе те же образцы. Причина расхождений пока не ясна. Тем временем Л. Л. Кашкаров провел ряд дополнительных экспериментов методического характера с целью проверки эффекта вторичного нагрева (отжига) треков в стеклах разного состава. Эти эксперименты позволили снять сомнения в том, что полученная разница в возрасте кислых и основ-

Трековый возраст стекол метеоритного кратера Жаманшин

№ обр.	C_U , 10^{-6} г/г	Число треков спонтанного деления	Плотность треков, $см^{-2}$		Возраст, млн лет
			спонтанного деления	нейтронно-индуцированного деления	
Ж7-6	$2,5 \pm 0,3$	34	$(1,1 \pm 0,2)10^3$	$(5,0 \pm 0,2)10^5$	$1,1 \pm 0,2$
Ж20-5	$2,3 \pm 0,2$	126	$(7,7 \pm 0,7)10^2$	$(3,1 \pm 0,2)10^5$	$0,75 \pm 0,1$
Ж33-М	$2,3 \pm 0,2$	11	$(0,7 \pm 0,3)10^2$	$(4,6 \pm 0,3)10^5$	$0,07 \pm 0,03$
Ж43-а	$1,3 \pm 0,1$	4	$< 1 \cdot 10^2$	$(2,6 \pm 0,3)10^5$	$\leq 0,1$
Ж45-а	$1,6 \pm 0,2$	10	$(0,7 \pm 0,3)10^2$	$(3,4 \pm 0,3)10^5$	$0,1 \pm 0,03$
Ж45-е	$2,0 \pm 0,2$	10	$(1 \pm 0,3)10^2$	$(3,9 \pm 0,3)10^5$	$0,1 \pm 0,03$

ных стекол обусловлена какими-то внешними причинами. Важно иметь в виду, что малый (менее 100 тыс. лет) трековый возраст основных жаманшинитов-импактитов хорошо согласуется с имеющимися на сегодня геологическими данными о весьма юном голоценовом возрасте самого кратера Жаманшин.

Наличие различных, в том числе диаметрально противоположных, точек зрения на возраст кратера и на природу сосредоточенных в нем стекол на первых этапах исследования вполне естественно. Столь же неизбежно, что дальнейшее изучение проблемы при условии строгого и объективного арбитража выявит правоту лишь одной из сторон. Остается надеяться, что произойдет это в не очень отдаленном будущем. Сейчас налицо все предпосылки для плодотворного и интересного решения проблемы возрастного парадокса и загадки тектитов на примере кратера Жаманшин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аракелянц М. М., Шуколюков Ю. А., Данг Ву Минь, Изох Э. П. К — Аг возраст тектитов Вьетнама и астроблемы Жаманшин // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. — С. 239—244.
- Изох Э. П. Парадокс возраста тектитов и полей их выпадения // Метеоритика. — 1985. — Вып. 44. — С. 127—134.
- Изох Э. П. Петрохимия пород мишени, импактитов и тектитов астроблемы Жаманшин // Космическое вещество и Земля. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. — С. 159—203.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Тектиты Вьетнама. Гипотеза кометной транспортировки // Метеоритика. — 1983. — Вып. 42. — С. 158—169.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Геологическая позиция тектитов и их значение для четвертичной геологии и геоморфологии Вьетнама // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. — С. 205—230.
- Кашкаров Л. Л., Генаева Л. И. О возможности исследования интенсивности первичного космического излучения по трекам ядерных частиц в метеоритах и тектитах // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1966. — Т. 30, № 11. — С. 1799—1801.

- Кашкаров Л. Л., Генаева Л. И., Лаврухина А. К. и др. Возраст вьетнамских тектитов по трекам осколков деления урана // Метеоритика.— 1966.— Вып. 45.— С. 165—170.
- Масайтис В. Л., Селивановская Т. В. Петрохимические типы импактных расплавов кратера Жаманшин и их реконструируемые исходные субстраты // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва.— 1987.— Ч. CXVI, вып. 1.— С. 52—59.
- Флоренский П. В., Дабижа А. И. Метеоритный кратер Жаманшин.— М.: Наука, 1980.— 127 с.
- Флоренский П. В., Перельгин В. П., Баженов М. Л. и др. Комплексное определение возраста метеоритного кратера Жаманшин // Астроном. вестник.— 1979.— Т. 13, № 3.— С. 178—186.
- Bouska V. V., Povondra P., Florensky P. V., Randa Z. Irghizites and zhaman-shinites: Zhamanshin crater, USSR // Meteoritics.— 1981.— V. 16, N 2.— P. 171—184.
- Carpenter B. S. Determination of trace concentration of boron and uranium in glass by nuclear track technique // Anal. Chem.— 1972.— V. 44, N 5.— P. 600—602.
- Kashkarov L. L., Genaeva L. I., Izoch E. P. Fission track dating for glasses from Zhamanshin astrobleme // Abstr. 2-nd Intern. Confer. on natural glasses.— Prague, 1987.— P. 32—33.
- Kolesnikov E. M., Izoch E. P. et al. The potassium-argon isotopic age of glass samples from crater Zhamanshin // Abstr. 2-nd Intern. Confer. on natural glasses.— Prague, 1987.— P. 42.
- Störzer D., Wagner G. A. Correction of thermally lowered fission track ages of tektites // Earth Planet. Sci. Lett.— 1969.— V. 5, N 7.— P. 463—468.
- Störzer D., Wagner G. A. Fission track Dating of meteorite impacts // Meteoritics.— 1977.— V. 12, N 3.— P. 368—369.
- Störzer D., Wagner G. A. Fission track dating of Elgygytgyn, Popigai and Zhamanshin impact craters: no sources for Austral-Asian or North-American tektites // Meteoritics.— 1979.— V. 14, N 4.— P. 541—542.

*Н. Н. Короткова, Л. Л. Кашкаров,
В. Г. Кашкарова, Э. П. Изох*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПОВЕРХНОСТНОГО НАГРЕВА (АБЛЯЦИИ) ТЕКТИТОВ МЕТОДАМИ ТРЕКОВОГО И ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗОВ

ВВЕДЕНИЕ

Задача поиска следов возможного поверхностного нагрева тектитовых телец при помощи трековой методики возникла в связи с проблемой происхождения тектитов [Изох, 1985; Изох, Ле Дык Ан, 1983, 1988]. Одним из способов проверки гипотезы внеземного происхождения тектитов могло быть обнаружение частичного или полного отжига природных треков только в самых поверхностных слоях тектитовых телец во время их скоростного прохождения через земную атмосферу. Такое кратковременное — в течение нескольких секунд — воздействие температуры, когда

не успевают прогреться внутренние слои тектитных тел, было бы легко объяснить прохождением земной атмосферы и очень трудно — образованием тектитов исключительно в земных условиях.

Известно, что у тектитов, в отличие от метеоритов, нет следов явной абляции, коры плавления, регмаглиптов, струй и капель расплавленного и мгновенно застывшего вещества на поверхности. Абляционные структуры, как принято считать, есть лишь у тектитов-австралитов, имеющих форму «пуговиц» с фланцами. Однако близость К—Аг возрастов внутренних участков пуговиц и их фланцев (0,7—1,0 млн лет [Fleisher, Price, 1964; McDougall, Lovering, 1969]), с одной стороны, и значительно более молодой возраст выпадения тектитов этой группы на Землю (5—10 тыс. лет [Chalmers et al., 1976; Gill, 1970]), с другой, свидетельствуют о том, что вся эта форма телец с фланцами образовалась в первичном процессе выплавки 0,7—1,0 млн лет назад, а не при более позднем вторжении в атмосферу Земли. Это не означает, однако, что данная группа тектитов и другие группы не могли испытывать вторичного разогрева при встрече с Землей. Экспериментальной проверке этого предположения, прямо вытекающего из гипотезы Э. П. Исоха [1985] о внеземном происхождении тектитов, и посвящена данная работа.

Треки заряженных частиц — в данном случае осколков спонтанного деления ^{238}U , содержащегося в тектитовом стекле, обладают способностью исчезать или залечиваться при нагреве. Эффект теплового залечивания может быть зарегистрирован по уменьшению плотности (ρ , тр/см²) и диаметров треков (d , мкм), протравленных раствором HF на полированной поверхности образца тектита. Сопоставление двух трековых параметров, измеренных в периферийном и центральном участках шлифа, позволяет выявить градиент степени нагрева по сечению образца.

ОБРАЗЦЫ И МЕТОДИКА

Для исследования были взяты следующие образцы тектитов: четыре шлифа (толщина ~ 500 мкм) индивидуальных телец в форме капель размером 1—2 см; три из района г. Винь, Вьетнам (А 81-18, А 81-14, А 81-7) и один австралит-пуговица из Порт-Кэмпбелл с фланцем (1170); два толстых среза (~ 2 мм) индивидуальных телец: одного австралита (М 11362, лодочка без фланцев и скульптур поверхности, в сечении 1,5 см) и индошинита из района Йен-Бай, Сев. Вьетнам (30-5, лепешка диаметром 7 см с ямчатой поверхностью); обломок бомбы кислого жаманшинита с характерной внешней поверхностью «хлебная корка» (Ж 45в); осколки стекол 300—500 мкм отбирались вручную из двух мест этого куска: с поверхности и на глубине ~ 2 см.

Отбирались хорошо сохранившиеся образцы без следов земного выветривания и окатанности при переносе. На поверхности некоторых из них (например, М 11362) имеются «лысые пятна», т. е. участки без скульптуры, но не как следствие окатанности при

переносе, так как эти пятна имеют ограниченную площадь и соседствуют с хорошо сохранившейся скульптурой. Согласно предположению Дж. О'Кифа [O'Keefe, 1976], эти пятна — результат частичной абляции телец при их входе в земную атмосферу. Нам предстояло проверить это предположение, исследовав параметры естественных треков деления в области «лысых пятен» и в соседних с ними участках.

Отполированные образцы травились в 10%-ном растворе HF при 20 °C 20—40 с. Для всех образцов проводилось облучение контрольных участков осколками деления от искусственного источника ^{252}Cf . Энергии и массы осколков деления ^{252}Cf и ^{238}U сопоставимы, в связи с чем протравленные в одинаковых условиях в одном детекторе — стекле — неотожженные треки деления обоих нуклидов имеют одинаковые спектры диаметров. Спектры треков деления ^{252}Cf были, таким образом, индикатором параметров неотожженных осколочных треков в данном образце. Образцы просматривались под оптическим микроскопом МБИ-3 при ув. 990. Ошибка измерения диаметров $\pm 0,5$ мкм.

Из-за низких величин плотностей треков спонтанного деления ^{238}U в тектитах (порядка 10^3) необходимое условие для количественных измерений трековых параметров — просмотр достаточно больших площадей образца. Например, для построения одной гистограммы диаметров, включающей 50 треков, необходимо просмотреть от 1,5 до 20 мм² поверхности. Имевшиеся в нашем распоряжении шлифы сечений телец площадью $\sim 1,3\text{—}3$ см² позволяли проводить такие измерения.

Необходимо отметить также, что при поиске градиента параметров естественных треков по сечению шлифов учитывался факт гомогенного распределения концентрации урана в тектитах, установленный при изучении большого количества образцов в работах Л. Л. Кашкарова с сотрудниками (см., например, [Кашкаров и др., 1986]). Известно, что химический состав тектитов также достаточно однороден. Эффективность регистрации и травления треков в краевых и центральных участках шлифов контролировалась в предварительных экспериментах с облучением осколками деления ^{252}Cf . Выявленные при одинаковых режимах облучения и травления искусственные треки деления обнаруживали в разных участках шлифов практически постоянные величины ρ и d , что свидетельствует о постоянстве эффективности регистрации и травления треков по сечениям образцов. Учет перечисленных особенностей позволял относить обнаруженные изменения параметров естественных треков к внешним воздействиям, прежде всего к влиянию температуры.

Образцы, в которых были зарегистрированы изменения параметров треков под действием нагрева, исследовались дополнительно методом термолюминесценции (ТЛ). Измерение проводилось на высокочувствительной установке, позволяющей регистрировать крайне низкие уровни ТЛ-свечения при линейном нагреве образца на платиновой ленте со скоростью 5 °C/с в интервале от

20 до 500 °С. Необходимые для измерения навески тектитов составляли 2—5 мг. Регистрация ТЛ-интенсивности проводилась при помощи фотоумножителя ФЭУ-82 с кварцевым и зелено-голубым фильрами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

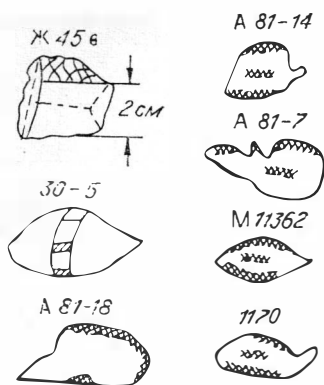
Результаты измерений параметров треков в образцах тектитов представлены в таблице и на рис. 1—5. Из данных таблицы следует, что в пяти из семи изученных образцов величины плотностей треков ^{238}U в периферийном и центральном участках шлифов в пределах ошибок измерений практически совпадают. То же самое можно сказать и о спектрах диаметров треков тех же пяти образцов. Спектры для двух из них (жаманшинита Ж 45в и австралита М 11362) приведены на рис. 2 (левая часть). Диапазоны изме-

Плотности треков осколков спонтанного деления ^{238}U в образцах тектитов

Характеристика образца	Условия травления	Площадь счета, см^{-2}	Кол-во треков	Плотность треков, $\text{о}, \text{см}^{-2}$
Ж45в край образца	10%-ная HF, 40 с	$5,9 \cdot 10^{-2}$	26	$(0,43 \pm 0,08) 10^3$
2 см от поверхности	То же	$8,42 \cdot 10^{-2}$	57	$(0,68 \pm 0,09) 10^3$
Индонинит 30—59 край	10%-ная HF, 20 с	$1,29 \cdot 10^{-2}$	38	$(2,95 \pm 0,48) 10^3$
центр	То же	$7,2 \cdot 10^{-3}$	25	$(3,47 \pm 0,7) 10^3$
Индонинит А 81-18 край	»	$1,3 \cdot 10^{-1}$	43	$(0,33 \pm 0,05) 10^3$
центр	»	$1,26 \cdot 10^{-1}$	33	$(0,26 \pm 0,04) 10^3$
Индонинит А 81-14 край	»	$6,3 \cdot 10^{-3}$	11	$(1,75 \pm 0,5) 10^3$
центр	»	$6,4 \cdot 10^{-3}$	14	$(2,18 \pm 0,6) 10^3$
Индонинит А 81-7 край	»	$6,58 \cdot 10^{-2}$	23	$(3,49 \pm 0,7) 10^2$
центр	»	$6,51 \cdot 10^{-2}$	35	$(5,38 \pm 0,9) 10^2$
Австралит М 11362 край	»	$12 \cdot 10^{-2}$	67	$(0,56 \pm 0,07) 10^3$
центр	»	$6 \cdot 10^{-2}$	34	$(0,57 \pm 0,1) 10^3$
Австралит 1170 край	»	$10,26 \cdot 10^{-2}$	43	$(0,42 \pm 0,06) 10^3$
центр	»	$5,33 \cdot 10^{-2}$	61	$(1,14 \pm 0,14) 10^3$

Примечание. Положение участков тектитов, на которых измерялись параметры треков, показаны на рисунке.

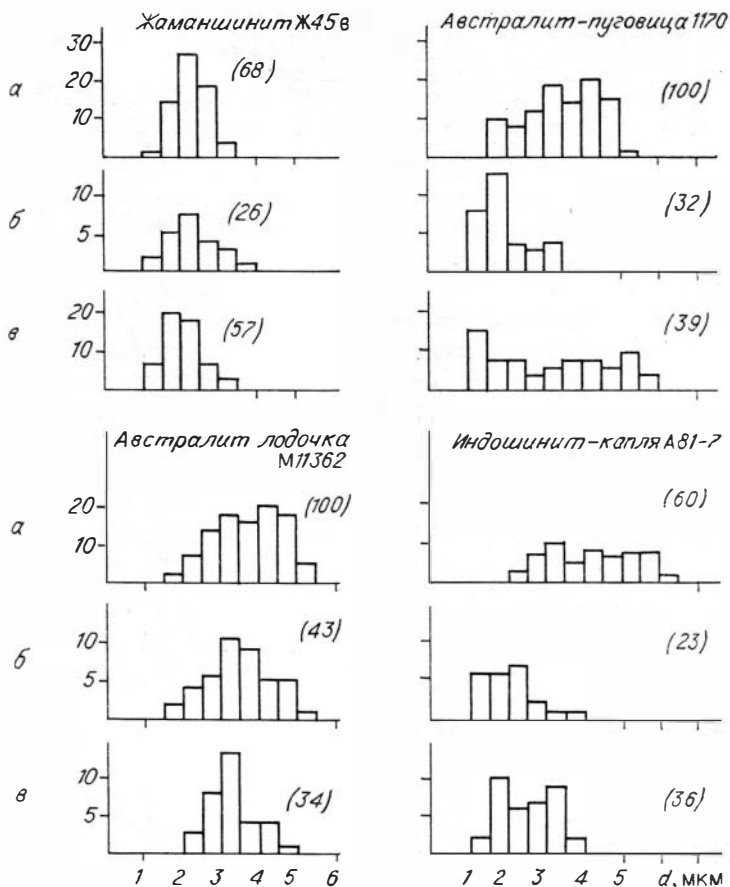
Р и с. 1. Зарисовки сечений исследованных образцов жаманшинита (Ж 45 в), четырех индошинитов и двух австралитов (М 11362 и 1170). Заштрихованы участки, на которых измерялись параметры треков.



нения диаметров треков в приповерхностном участке жаманшинита и отстоящем от поверхности на ~ 2 см совпадают (см. рис. 2, Ж 45в) и оба соответствуют диапазону изменения искусственных треков деления ^{252}Cf , что свидетельствует об отсутствии нагрева данного образца за время накопления осколочных треков. Для австралита М 11362 также наблюдается совпадение диапазонов изменения диаметров искусственных и естественных треков деления (см. рис. 2, М 11362), но относительное число треков с большими (≥ 4 мкм) диаметрами внутри распределения естественных треков занижено, что может указывать на слабый нагрев всего образца.

Совершенно иное распределение величин ρ и d наблюдается у двух других тектитов. Для австралита-пуговицы 1170 зарегистрирована примерно в 3 раза большая плотность естественных треков в геометрическом центре, т. е. в слое толщиной ~ 1 мм с линией ММ в середине (рис. 3) по сравнению с периферийным участком толщиной ~ 520 мкм от края. Размеры и форма треков в периферийном участке также резко отличаются: у них узкий спектр диаметров по сравнению с треками в центре шлифа и искусственными треками деления ^{252}Cf (см. рис. 2, обр. 1170), а также характерная форма, от овальной (рис. 4, в) до вытянутых игл, напоминающих скорее треки в кристаллических минералах, чем в стекле. Данные наблюдений явно свидетельствуют о частичном отжиге треков только в поверхностном слое толщиной ~ 520 мкм; действие нагрева, очевидно, было не настолько продолжительным, чтобы достичь центра сплюсненной сферы толщиной $\sim 0,8$ см.

Предварительное изучение $\text{ТЛ}_{\text{ест}}$ и $\text{ТЛ}_{\text{иск}}$ для двух осколков обр. 1170, взятых с края и из центральной части, показало, что характер $\text{ТЛ}_{\text{ест}}$ для обеих проб идентичен: температура максимума пика кривой ТЛ приходится на $375 \pm 10^\circ\text{C}$, ширина пика на полувысоте $80 \pm 10^\circ\text{C}$; суммарная интенсивность ТЛ-свечения для пробы поверхностного слоя в 3 раза превышает ТЛ-свечение для пробы, находящейся на глубине 3—4 мм от поверхности тектита; $\text{ТЛ}_{\text{иск}}$ для обеих проб для дозы γ -квантов 50 крад крайне низка ($\leq 10^{-2} \text{ ТЛ}_{\text{ест}}$).

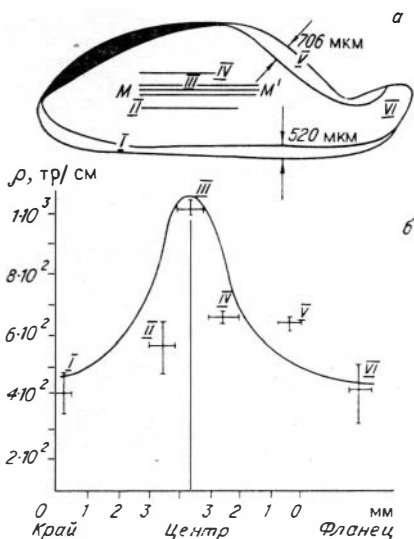


Р и с. 2. Распределения диаметров искусственных треков деления ^{252}Cf (а) и естественных ^{238}U в поверхностных (б) и внутренних (в) участках шлифов тектитов. Условия травления одинаковые. В скобках — число подсчитанных треков.

Обнаруженный эффект большого (3-кратного) различия $\text{TЛ}_{\text{ест}}$ для двух изученных проб однозначно указывает на то, что в термической истории данного образца тектита имело место событие кратковременного сильного нагрева с большим градиентом температуры по глубине тектита.

У индошинита-капли А 81-7 из района г. Винь (Вьетнам) также наблюдается термическое залечивание треков, но более равномерное по сечению по сравнению с обр. 1170. Плотность треков увеличивается от периферии к центру не более чем в 1,5 раза, а диапазоны диаметров треков в обоих случаях (см. рис. 2, б, в) в равной степени уменьшены по сравнению с калибровочными треками ^{252}Cf (см. рис. 2, а). Только увеличение относительной доли более крупных треков ($\geq 2,5$ мкм) в распределении центрального

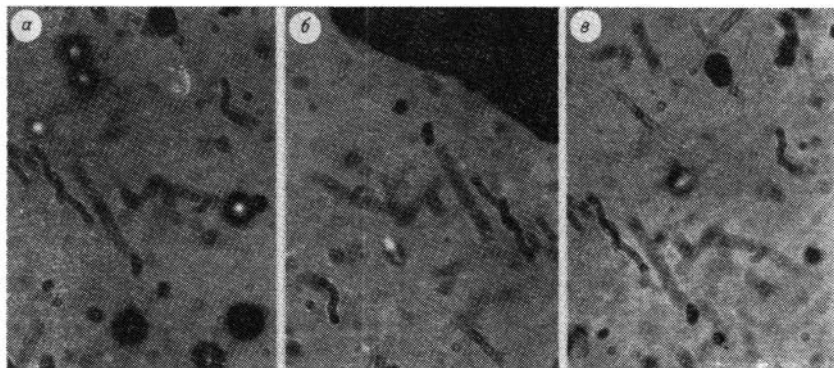
Р и с. 3. Схематическая зарисовка сечения австралита-пуговицы 1170 (а) и график изменения плотности естественных треков деления ^{238}U в этом сечении (б). Римскими цифрами отмечены соответственно расположение участков в сечении и плотности треков в них. Темным отмечен край тектита, где из-за дефектов полировки счет треков был невозможен.



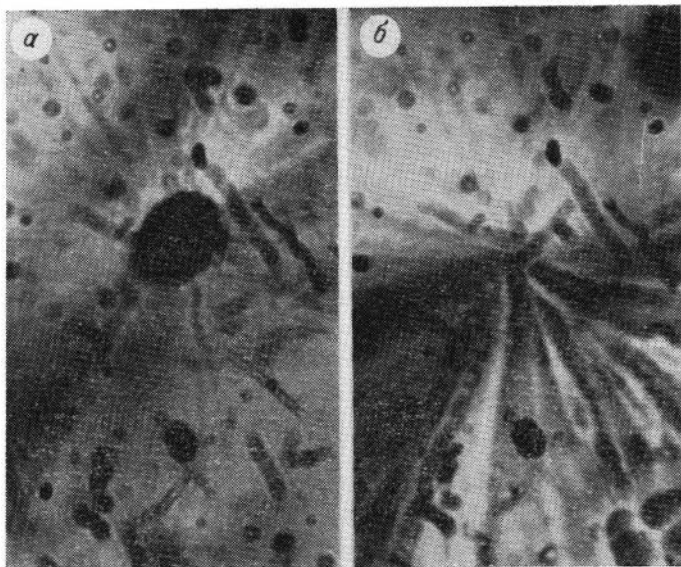
участка (см. рис. 2, в) указывает на менее сильный нагрев внутренней области тектита по сравнению с периферией.

Различие между периферийным и внутренним слоями обр. А 81-7 замечено по характерным особенностям структуры, не наблюдавшимся ни в одном из ранее изученных тектитов. Эти структуры, имеющие радиально-лучистое строение, образованы иногда вокруг включений в стекле (рис. 5, а), а чаще без видимых включений (см., например, рис. 5, б). Эти структуры напряжений, по-видимому, могли возникнуть при быстрых нагреве и охлаждении. Характерно, что эти структуры, явно выраженные в близповерхностных слоях шлифа (см. рис. 5, б), практически исчезают на глубине 300—400 мкм от поверхности.

Таким образом, нами впервые зарегистрированы следы поверхностного нагрева в образцах двух тектитов. У австралита-пуго



Р и с. 4. Микрофотографии искусственных треков осколков деления ^{252}Cf (а) и естественных треков деления ^{238}U в периферийном (б) и центральном (в) участках австралита 1170. Соответствующие участки в сечении шлифа отмечены цифрами I и III на рис. 2. На б виден край тектита. Травление образца в 10%-ной HF, 20 °C, 20 с. 1 см = 10 мкм.



Р и с. 5. Структуры напряжений, наблюдавшиеся в периферийном (300—400 мкм от края) слое обр. А 81-7 (*а* — вокруг включения в стекле, *б* — без видимых включений). На *в* виден край тектита. 1 см = 10 мкм.

вицы 1170 эффект кратковременного нагрева с градиентом по глубине выражен наиболее четко и установлен на основании двух независимых определений: частичного залечивания естественных треков осколков спонтанного деления ^{238}U только в поверхностном слое (~ 500 мкм) образца; по повышенной интенсивности свечения ТЛ_{ест} в том же самом слое. У образца индошинита А 81-7 градиент залечивания треков по сечению выражен слабее, но для него характерны радиально-лучистые структуры напряжений, также связанные, по всей вероятности, с мгновенным нагревом и охлаждением и обнаруженные практически только в самом поверхностном слое толщиной 300—400 мкм.

Так называемые «лысые пятна», абляцияционное происхождение которых предполагал Дж. О'Киф [O'Keefe, 1976], не связаны, скорее всего, с поверхностным нагревом тектитовых телец, поскольку из двух исследованных нами образцов с пятнами, лишенными скульптуры (ямки, трещины, пузырьки), в одном случае обнаружены следы поверхностного нагрева (обр. 1170), а в другом — нет (обр. М 11362).

В дальнейшем предстоит установить температурно-временные условия наблюдаемого отжига треков, согласовав их с подходящими моделями природных процессов. Одним из наиболее вероятных процессов, обусловивших частичный отжиг треков у поверхности индивидуальных тектитовых телец, вполне мог быть кратко-

временный нагрев последних при прохождении земной атмосферы, если исходить из идеи о внеземном происхождении тектитов и их формировании задолго до прибытия на Землю.

Выполненное исследование, как должно быть очевидно, имеет лишь начальный, поисковый характер. Оно намечает совершенно новый, еще не опробованный и ранее даже не предполагавшийся путь проверки реальности возрастного парадокса тектитов чисто физическим методом (минуя вызывающие дискуссию геологические данные), и притом применительно к термической истории отдельно взятых индивидуальных тектитовых тел. В итоге общий список различных проявлений возрастного парадокса и сейчас выглядит так.

1. Резкая граница между временем образования австрало-азиатских тектитов (сотни тысяч — первые миллионы лет) и моментом их выпадения на земную поверхность (около 10 тыс. лет назад), т. е. резкое несовпадение космического и земного возрастов [Изох, 1985; Изох, Ле Дык Ан, 1983, 1988].

2. Одновременное выпадение на Землю и, как следствие, сонахождение в одном тектитоносном горизонте разновозрастных тектитов [Кашкаров и др., 1986].

3. Резкая (более чем на порядок) разница радиогенного возраста между импактитами и тектитами в кратере Жаманшин (см. статью Э. П. Изоха, Л. Л. Кашкарова, Л. И. Генаевой в наст. сборнике).

4. Описанные выше признаки абляционного отжига тектитовых телец и, как следствие, «омоложение» трекового возраста периферической оболочки тектитовых телец по сравнению с их внутренней частью.

Все эти формы возрастного парадокса проверяемы. Желательны их контроль и проверка в других лабораториях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Изох Э. П. Парадокс возраста тектитов и полей их выпадения // Метеоритика. — 1985. — Вып. 44. — С. 127—134.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Тектиты Вьетнама. Гипотеза кометной транспортировки // Метеоритика. — 1983. — Вып. 42. — С. 158—169.
- Изох Э. П., Ле Дык Ан. Геологическая позиция тектитов и их значение для четвертичной геологии и геоморфологии Вьетнама // Актуальные вопросы метеоритики в Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. — С. 205—230.
- Кашкаров Л. Л., Генаева Л. И., Лаврухина А. К. и др. Возраст вьетнамских тектитов по трекам осколков деления урана // Метеоритика. — 1986. — Вып. 45. — С. 165—170.
- Chalmers R. O., Henderson E. P., Mason B. Occurrence, distribution and the age of Australian tektites // *Smithson. Contribs Earth Sci.* — 1976. — N 17. — P. 1—46.
- Fleisher R. L., Price P. B. Fission track evidence for the simultaneous origin of tektites and other natural glasses // *Geochim. et Cosmochim. Acta.* — 1964. — V. 28, N 6. — P. 755—760.

- Gill E. D. Age of australite fall // J. Geophys. Res.— 1970.— V. 75, N 5.— P. 996—1002.
- McDougall J., Lovering J. F. Apparent K/Ar dates on cores and excess Ar in flanges of australites // Geochim. et Cosmochim. Acta.— 1969.— V. 33, N 9.— P. 1057—1070.
- O'Keefe J. A. Tektites and their origin.— Amsterdam: Elsevier, 1976.— 254 p.

В. С. Волкова

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОЗРАСТ ИМПАКТНОГО СЛОЯ, СВЯЗАННОГО С КРАТЕРОМ ЖАМАНШИН

В 1983 г. в целях изучения геологического строения кратера Жаманшин, геоморфологической позиции и окружающих ландшафтов я совместно с Э. П. Изохом, В. Л. Масайтисом и группой геологов Актюбинского геологического управления посетила кратер Жаманшин. Он находится в 20 км от пос. Иргиз и располагается за пределами Тобол-Убаганской погребенной долины, занятой сейчас р. Тургай. За пределами долины на западе абсолютные отметки рельефа колеблются от 200 до 400 м, а в районе кратера достигают 307 м. От кратера в сторону обширной Тургайской долины, примыкающей к нему с востока, идет ряд временных водотоков, которые в виде сухих русел прорезают субаэральные покровные отложения на глубину до 1,5—2,0 м. Импактный слой, по описанию Э. П. Изоха, залегает под покровным лессовидным суглинком. Он был обнаружен во время полевых работ в 1988 г. и зафиксирован в разрезах вдоль автодороги Нура — Иргиз, вдоль трассы Актюбинск — Аральск, между кратером и пос. Иргиз, а также в скважинах к востоку от кратера, за так называемыми «воротами», где насыпной вал, окаймляющий кратер, прорезан сухими руслами (см. статью Э. П. Изоха в наст. сборнике).

Во всех разрезах наблюдается поразительно сходное строение. По описанию Э. П. Изоха, непосредственно под современной почвой (обычно это бурые пустынно-степные солонцеватые почвы мощностью 0,1—0,4 м) залегают лессовидные суглинки палевого и желтовато-бурого цвета, пористые, образующие вертикальные стенки. Мощность их колеблется от 0,5 до 1 м на возвышенностях, достигая 7—9 м в межгорной впадине к востоку от кратера и 14—25 м в его центре. Эти отложения согласно залегают на импактном слое.

Импактный слой разнообразен по облику и составу. Он также представлен лессовидными суглинками и супесями, часто обогащенными железисто-марганцовистыми примазками, хорошо выделяется по темному цвету от выше- и нижележащих отложений. Мощность его 5—10 см. Вблизи кратера он обогащен грубообло-

мочной фракцией, с удалением от него примесь обломочного материала уменьшается. По данным Э. П. Изоха, импактный слой возник одновременно или чуть позже кратера Жаманшин и представляет собой результат осаждения продуктов взрыва (в том числе сажи от сгоревшей растительности), а возможно также, и внеземного материала.

В лаборатории палинологии и карпологии ИГиГ СО АН СССР были переданы образцы из 10 разрезов по рекам Тургай, Иргиз, сухому руслу, а также из трех скважин, расположенных в центре кратера (см. рис. 1 и 2 в ст. Э. П. Изоха в наст. сборнике). Нашей задачей было получить палинологические характеристики импактного слоя, залегающих на нем лессовидных суглинков и подстилающих его отложений, провести корреляцию и восстановить характер растительных формаций, чтобы в итоге получить представление о возрасте отложений. Для решения этих вопросов мы должны были прежде всего располагать спектрами поверхностных проб. Для этих целей были использованы данные Л. Н. Чупиной [1965, 1971].

Кратер Жаманшин и окружающая его территория, согласно Геоботанической карте СССР (1954 г.), располагаются в остепненной северной пустыне (полупустыне) с широким развитием полынно-дерновинно-злаковых ассоциаций. В составе поверхностных проб из этих районов господствует (до 99 %) пыльца травянисто-кустарничковых растений, принадлежащая полыням и маревым [Чупина, 1965]. В виде единичных зерен присутствуют эфедра, злаки и осоковые. В рецентных спектрах присутствует также пыльца древесных пород: на 1 тыс. — *Betula* — от 10 до 30 зерен, *Pinus silvestris* — от 3 до 30 и *Alnus* — единичные зерна. Большой фактический материал позволил Л. Н. Чупиной [1971] считать пыльцу лессообразующих древесных пород заносной. Принимая эти данные во внимание, рассмотрим палинологическую характеристику трех типов отложений: лессовидных суглинков выше импактного слоя, из самого импактного слоя и из отложений под ним.

Палинологический анализ показал, что содержание пыльцы в отложениях различно. Собственно импактный слой во всех 13 разрезах содержит единичные зерна пыльцы травянисто-кустарничковой растительности семейств сложноцветных, астровых, полыней. Пыльцевые зерна имеют плохую сохранность. Встречены единичные зерна пыльцы березы и сосны. Спектры не позволяют сделать заключения о существующих растительных формациях.

Палинологическая характеристика лессовидных суглинков, залегающих под современной почвой выше импактного слоя, неоднородна как по составу флоры, так и по содержанию. В обнажении близ г. Державинска лессовидные суглинки содержат лишь единичные зерна, принадлежащие заносной пыльце (березы и сосны) и полыням. Характерно, что погребенная почва здесь содержит единичные зерна пыльцы такого же состава, что и импактный слой во всех проанализированных разрезах.

Хорошая палинологическая характеристика для покровных лессовидных суглинков получена для разрезов, расположенных в 9 и 4 км к востоку от «ворот» для обнажения у пос. Тургай и в обрыве 5-метровой надпойменной террасы р. Тургай (см. рис. 1 в статье Э. П. Изоха в наст. сборнике). Покровные суглинки в этих разрезах содержат большое количество (до 400 зерен на препарат) пыльцы травянисто-кустарничковых растений, что составляет 91—95 % от суммы всех зерен. Пыльца принадлежит семействам *Roaceae*, *Pinaceae*, *Chenopodiaceae*, из последнего присутствуют виды солянок (*Kochia prostrata*). Встречены *Artemisia*, *Compositae*, *Umiellidera*, *Ephedra*, *Caryophyllaceae*. Среди пыльцы травянисто-кустарничковых растений главная роль принадлежит маревым: их пыльцы в 2—2,5 раза больше, чем пыльцы полыней, количество колеблется от 100 до 180 зерен, что составляет 40—45 % спектра. Довольно большой процент составляет трехборозднопоровая пыльца, лишенная структуры, имеющая гладкие края. Эти зерна перенесли сильное влияние непонятных разрушительных агентов (не исключено, что температуры), которые уничтожили их структуру. Систематическая принадлежность этой пыльцы не определена.

В целом все пыльцевые зерна из лессовидных суглинков деформированы, смяты в складки, с большим трудом поддаются определению. Наряду с пыльцой травянисто-кустарничковых растений присутствуют зерна, принадлежащие древесным породам (березе, сосне, ольхе). Количество пыльцевых зерен березы от 2 до 13, сосны — 8—10, ольхи — 2—3. В виде отдельных зерен присутствуют споры папоротников бобовидной формы без периспориев. Пыльца древесных пород заносная.

Несколько более разнообразный состав пыльцевых зерен обнаружен в лессовидных суглинках в разрезе к западу от пос. Иргиз, у трассы Иргиз — Челкар (в 20 км к север-северо-востоку от кратера). Здесь наряду с перечисленной выше палинофлорой присутствует пыльца *Thalictrum*, *Sparganiaceae*, *Umbelliferae*, *Caryophyllaceae*. Содержание пыльцевых зерен неопределенной систематической принадлежности сократилось с 20 до 5 %. Присутствие пыльцы семейств *Sparganiaceae*, *Cyperaceae* и *Umbelliferae* характеризует лишь локальные условия и не связано с изменением структуры ландшафта.

Заслуживает внимания палинологическая характеристика, полученная при изучении керна скв. 7, пробуренной всего лишь в 4 км к востоку от «ворот» (см. рис. 1 в статье Э. П. Изоха в наст. сборнике). Здесь лессовидные суглинки выше импактного слоя имеют мощность ~ 5 м. Состав палинофлоры такой же, как и в рассмотренных выше разрезах. Отличает их резкое (от 40 до 60 %) увеличение количества пыльцы неопределенной систематической принадлежности. Пыльца имеет плохую сохранность, зерна сплюснуты, края сглажены, «оплавлены», структура стерта. По мере удаления от кратера количество пыльцы неопределенной систематической принадлежности сокращается с 60 до 11—20 %.

В скважинах 1 и 2, расположенных в центре кратера, мощность покровных образований достигает 9—10 м. Отложения содержат единичные зерна пыльцы современных растений *Pinus silvestris*, *Betula*, *Alnus*, *Polypodiaceae*.

В целом состав спектров из покровных суглинков указывает на развитие полынно-маревых с эфедрой формаций. Ландшафт был близок к таковому в полупустынных районах Центрального Казахстана. Принимая во внимание общую палеогеографическую обстановку четвертичного периода и голоцена, можно сделать вывод, что палинофлора отражает климатическую обстановку и ландшафты бореального и атлантического периодов, т. е. время начинающая с первого климатического оптимума, 8500 лет тому назад. С этого периода границы растительных зон в полупустынных районах были близки к современным. О голоценовом возрасте покровных отложений свидетельствует их стратиграфическое положение. Они служат заключительным, самым верхним звеном строения трех — пяти террас рек этого района.

Палинологическая характеристика отложений, залегающих под импактным слоем, получена по скважинам 1—3, пробуренным в центре кратера. В скв. 3 (см. рис. 1 в статье Э. П. Исоха в наст. сборнике) отложения в интервале 14—22 м представлены глиной с разнородными включениями (аллогенная брекчия). Палинологические спектры этих отложений резко отличаются от описанных выше. Отличие заключается в резком господстве пыльцы сем. *Cheporodiaceae*. По существу это монодоминантные спектры. Единичные зерна древесных пород заносные и в составе растительных формаций участия не принимали. Присутствие отдельных зерен пыльцы полыней (8—13) не характерно. Деформированная пыльца неопределенной систематической принадлежности встречена здесь в небольших количествах. На основании значительной доли участия пыльцы маревых (до 98 %) можно допустить, что в период накопления отложений климатические условия были более влажными. Растительность имела остепненный характер. Возраст отложений четвертичный. Более точно его можно определить физическими методами, например термолюминесцентным.

В скв. 1 осадки под импактным слоем имеют мощность около 50 м. В интервале 20—60 м они представлены алевроитом, сцементированным глинистым цементом до плотной породы. Состав пыльцы и спор однообразен. Пыльца принадлежит сем. *Pinaceae*, родам *Betula*, *Alnus*. Общее количество лесных пород колеблется от 30 до 80 зерен. Преобладает пыльца сосны и березы. Пыльца трав и кустарничков представлена единичными зернами, принадлежащими злакам, полыням, маревым. Сохранность пыльцевых зерен, отсутствие пыльцы третичных растений позволяют относить отложения к четвертичному периоду.

Большое количество пыльцы обнаружено в толще осадков в интервале 60—70 м. Они представлены алевроитом зеленовато-серым с прослоями песка «табачного» грязно-зеленого цвета. Общее количество зерен колеблется от 350 до 400. Отложения этого от-

резка также характеризуются практически монодоминантным составом пыльцы: она принадлежит маревым. Роль пыльцы древесных пород мала (до 60 зерен пыльцы и сосны), и она, безусловно, заносная. Среди маревых много пыльцы *Kochia prostrata*. Повидимому, в период формирования отложений здесь существовали остепненные маревые полупустыни. По составу пыльцы они близки подимпактным осадкам в скв. 3 (инт. 16—22 м). Отличие заключается в большем присутствии в отложениях скв. 1 заносной пыльцы (сосны и березы) и более разнообразном составе маревых. Не исключено, что отложения в скв. 1, залегающие на глубине 60—70 м, имеют позднеплиоценовый — четвертичный возраст. Залегают они несогласно на породах среднего эоцена.

ВЫВОДЫ

1. Сам импактный слой содержит единичные зерна пыльцы ныне живущих растений, по которым из-за их малого количества нельзя оценить характер ландшафта в период их формирования. Причина малого содержания пыльцы в импактном слое и в корреляционной ему погребенной почве неясна. Возможно, это связано с кратким периодом формирования слоя и отсутствием растительного покрова вблизи кратера. Не исключено выжигание растительности в момент катастрофы.

2. Отложения, залегающие под современной почвой и слагающие самые верхние части разрезов 3—5-метровых террас, имеют голоценовый, послепребореальный возраст.

3. Отложения под импактным слоем имеют различную мощность. В центре кратера они залегают с большим стратиграфическим перерывом на породах среднего эоцена. Возраст их мы считаем четвертичным. Они формировались в несколько иных климатических условиях, чем покровные лессовидные суглинки над импактным слоем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Изох Э. П. Научная программа комплексного изучения ударного кратера Жаманшин. — Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1984. — 13 с.
- Изох Э. П. Парадокс возраста тектитов и полей их выпадения // Метеоритика. — 1985. — Вып. 44. — С. 127—134.
- Чупина Л. Н. Современные спорово-пыльцевые спектры Южного Казахстана // Вестн. АН КазССР. — 1965. — № 2. — С. 335—341.
- Чупина Л. Н. Пыльца древесных пород в современных спорово-пыльцевых спектрах Средней Азии и Казахстана // Палинология голоцена. — М.: Наука, 1971. — С. 227—237.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ФЕНОМЕНОЛОГИИ

Дмитриев А. Н. Новые проблемы исследования необычных явлений окружающей среды	3
Колясников Ю. А. Случайны ли «редкие события в геологии» в рамках концепции космического вулканизма	22
Колясников Ю. А. Геологический феномен близмегабарных давлений	32
Зейлик Б. С., Казачевский И. В., Шевелев Г. А. Метеоритное вещество на мел-палеогеновом рубеже и в метеоритных кратерах	39
Маршинцев В. К. Природа сфероидных образований в кимберлитах	45

СЛЕДЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ТУНГУССКОГО ВЗРЫВА

Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. Тунгусский феномен: газодинамическое моделирование	59
Эпиктетова Л. Е. Уточнение траектории Тунгусского метеорита по показаниям очевидцев	79
Бидюков Б. Ф., Красавчиков В. О., Разум В. А. Термолюминесцентные аномалии почв района Тунгусского падения	88
Голенецкий С. П., Степанов В. В., Бояркина А. П. Биогеохимическое картирование района Тунгусской катастрофы 1908 г.	108
Яковлев Б. А. Атмосферные осадки, грозы и Тунгусское событие 30 июня 1908 г.	112
Яковлев Б. А. Некоторые статистические данные о связи атмосферных осадков на Земле с кометами	121
Львов Ю. А. Структура ландшафтно-экологических работ в районе Тунгусского метеоритного заказника	129
Мульдьяров Е. Я., Лапшина Е. Д. Эколого-фитоценотическая характеристика бриофлоры района падения Тунгусского метеорита	133
Лапшина Е. Д., Олонов Н. А., Бляхарчук П. А. Растительность района падения Тунгусского метеорита	140
Несветайло В. Д. К вопросу об ускоренном приросте деревьев района падения Тунгусского метеорита	165
Лапшина Е. Д. К экологической оценке растительного покрова Тунгусского биосферного заказника	171

ТЕКТИТЫ

Изох Э. П. Геологические данные о возрасте ударного кратера Жаманшин	176
Изох Э. П., Кашкаров Л. Л., Генаева Л. И. Возраст стекол ударного кратера Жаманшин по данным трековых исследований	188
Короткова Н. Н., Кашкаров Л. Л., Кашкарова В. Г., Isox Э. П. Исследование признаков поверхностного нагрева (абляции) тектитов методами трекового и термолюминесцентного анализ	193
Волкова В. С. Палинологическая характеристика и возраст импактного слоя, связанного с кратером Жаманшин	202

Научное издание

*СЛЕДЫ
КОСМИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА ЗЕМЛЮ*

Редактор издательства

И. С. Цитович

Художественный редактор

М. Ф. Глазырина

Художник

А. И. Смирнов

Технический редактор

А. В. Сурганова

Корректоры

С. В. Блинова, И. А. Чернова

ИБ № 34672

Сдано в набор 04.01.90. Подписано к печати 26.11.90.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага кн.-журнальная. Обыкновенная
гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 13,5. Усл.
кр.-отг. 13,8. Уч.-изд. л. 15,3. Тираж 1550 экз. Заказ № 4.
Цена 3 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука».
Сибирское отделение. 630099 Новосибирск, ул. Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука». 630077 Новосибирск,
ул. Станиславского, 25.

НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОБЫЧНЫХ ЯВЛЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ/Дмитриев А. П. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Анализируются факты необычных и скоротечных явлений в окружающей среде. Рассмотрен вопрос включения этих явлений в концептуальный багаж современной науки, что не только расширяет базу для построения новых гипотез, но и позволит охватить множество явлений, ранее ускользавших от научного рассмотрения. Обсуждаются психологические и регистрационные возможности человека как пока единственного «прибора» для наблюдения за аномальными явлениями. Указываются некоторые направления, в которых можно расширять наши представления об окружающем мире за пределы установившихся парадигм. Освещается известная в литературе гипотеза о достижении интегральных человеческих психореакций порога слабых геофизических возмущений. Делаются выводы о необходимости учета всех участвующих аномальных явлений в глобальных концепциях изучения нашего мира.

Библиогр.: 28 назв.

УДК 523.4 : 523.681.8

СЛУЧАЙНЫ ЛИ «РЕДКИЕ СОБЫТИЯ В ГЕОЛОГИИ» В РАМКАХ КОПЦЕПЦИИ КОСМИЧЕСКОГО ВУЛКАНИЗМА/Колясников Ю. А. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Кратко освещено состояние дискуссии о сущности «редких событий в геологии» и причинах резких изменений в органическом мире. Показана большая обоснованность вулканической гипотезы, а также возможность объединения ее с метеоритной по принципу дополнительности Бора в рамках концепции космического вулканизма. Неудачный во всех отношениях термин «криповулканизм» предлагается заменить более точно отражающим суть явления термином «супервулканизм». Главной причиной перерастания обычного вулканизма в межпланетный следует считать резкие изменения ротационного режима и значимое уменьшение ускорения силы тяжести на поверхности планеты. В такой интерпретации часть «метеоритного» вещества, имеющего относительно молодой возраст и близкий к земному состав, может представлять собой продукт космического вулканизма малых планет, в том числе Земли. Последним можно объяснить образование некоторых метеоритных кратеров на хроностратиграфических рубежах и отсутствие в большинстве подобных структур остатков заведомо метеоритного вещества.

Библиогр.: 27 назв.

УДК 523.681.8

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН БЛИЗМЕГАБАРНЫХ ДАВЛЕНИЙ/Колясников Ю. А. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Рассмотрена проблема поведения силикатного вещества при близмегабарных давлениях, достигаемых в некоторых уникальных процессах на поверхности Земли и в ее недрах. Близкая аналогия между их продуктами и продуктами камер подземных ядерных взрывов позволяет предполагать участие в них слабоэнергетических ядерных реакций, в частности принудительного электронного К-захвата (нейтронизации), вероятность которого возрастает с давлением. В качестве примера приведен анализ свойств шаровой молнии, удовлетворительное объяснение большинства загадочных свойств которой возможно, если предположить нахождение в ее центре миниатюрной холодной капли бароплазменной нейтронной материи.

Библиогр.: 26 назв.

УДК 523.36 : 523.681.8

МЕТЕОРИТНОЕ ВЕЩЕСТВО НА МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВОМ РУБЕЖЕ И В МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРАХ/Зейлик Б. С., Казаческий И. В., Шевелев Г. А. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Методами нейтронно-активационного анализа определены относительные и абсолютные концентрации иридия, железа, никеля, хрома и других характерных элементов в материалах ударных кратеров Казахстана и «тридиевой аномалии» разреза Сумбар. Впервые найден иридий в ряде кратеров, что может свидетельствовать об их метеоритной природе.

Табл. 3. Ил. 2. Библиогр.: 10 назв.

ПРИРОДА СФЕРОИДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В КИМБЕРЛИТАХ/Маршинцев В. К. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

В кимберлитовых породах установлены три типа сферических образований: магнитные и стеклянные сферулы, шлаковидные частицы. В их составе присутствуют иоцит, магнетит, гематит, армалколит, ульвошпинель, марганцовистый ильменит, самородное железо и стекло. Высокое содержание Ni и Ti отличает их от метеоритного вещества. Допускается уникальный способ образования сфероидных частиц в кимберлитовых трубках в условиях резкого падения температуры и давления из вскипающего при этом остаточного расплава, насыщенного газово-жидким флюидом. Присутствие подобных образований может свидетельствовать о проявлении кимберлитовой вулканической деятельности.

Табл. 3. Ил. 5. Библиогр.: 16 назв.

УДК 523.51

ТУНГУССКИЙ ФЕНОМЕН: ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ/Коробейников В. П., Чушкин П. И., Шуршалов Л. В. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Проводится комплексное газодинамическое моделирование Тунгусского явления. Путем комбинированного применения моделей полета, взрыва летящего тела, эквивалентного взрыва полубесконечного цилиндрического заряда и радиационно-теплового воздействия теоретически воспроизведены главные геофизические последствия этого явления: вывал леса, лучистый ожог деревьев, полное энерговыделение. На этой базе для Тунгусского космического тела уточнены основные траекторные и энергетические параметры и оценены некоторые физические характеристики.

Ил. 12. Библиогр.: 49 назв.

УДК 523.261

УТОЧНЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА ПО ПОКАЗАНИЯМ ОЧЕВИДЦЕВ/Эпиктетова Л. Е. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

На основе изучения звуковых явлений в показаниях очевидцев из населенных пунктов большой территории Сибири делается вывод, что горизонтальная проекция траектории Тунгусского метеорита лежит внутри интервала азимутов из эпицентра 102—130° на расстоянии 300—500 км от него. Некоторые особенности в показаниях очевидцев приводят к предположению, что на последнем участке траектории произошло отклонение к западу ее горизонтальной проекции и увеличение крутизны вертикальной проекции. В результате траектория Тунгусского метеорита не может быть охарактеризована одним значением азимута и угла наклона из эпицентра взрыва.

Табл. 3. Ил. 2. Библиогр.: 16 назв.

УДК 523.6 + 535.377

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ АНОМАЛИИ ПОЧВ РАЙОНА ТУНГУССКОГО ПАДЕНИЯ/Бидюков Б. Ф., Красавчиков В. О., Резум В. А. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

На основе статистического анализа параметров термолюминесценции почв района Тунгусского падения установлено двукратное ослабление интенсивности термолюминесценции в зоне ожоговых повреждений веток лиственных; выделены зона аномально высокой термолюминесценции, тяготеющая к оси симметрии вывала, и зона аномально низкой термолюминесценции, совпадающая с зоной максимума ожоговых повреждений. Подтверждено наличие участка слабого ожога в восточной части зоны ожоговых повреждений.

Табл. 3. Ил. 4. Библиогр.: 14 назв.

**БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ РАЙОНА ТУНГУССКОЙ КА-
ТАСТРОФЫ 1908 г./Голенецкий С. П., Степанов В. В., Бояркина А. П. // Сле-
ды космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд-
ние, 1990.**

Показано, что выпавшее вещество Тунгусского космического тела к на-
стоящему времени должно быть ассимилировано местной биотой, степень
его поверхностной миграции незначительна. Поэтому для картирования и
изучения района Тунгусского падения 1908 г. в настоящее время пригодны
в основном биогеохимические методы с использованием, в частности, эле-
ментного анализа тех или иных растений. Приведены результаты такого
анализа мхов и голубики. Показано, что такой вид исследований может быть
использован для обнаружения и грубого оконтуривания зон выпадения ми-
неральной части вещества Тунгусского космического тела.

Табл. 1. Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

УДК 523.64 : 551.577.3

**АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ГРОЗЫ И ТУНГУССКОЕ СОБЫТИЕ 30 ИЮНЯ
1908 г./Яковлев Б. А. // Следы космических воздействий на Землю.— Новоси-
бирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990.**

В связи с Тунгусским событием 30 июня 1908 г. отмечалось увеличе-
ние количества атмосферных осадков и усиление грозовой активности, что
говорит о кометной природе Тунгусского явления. Подобное увеличение гро-
зовой активности и атмосферных осадков наблюдается в связи с другими
случаями поступления на Землю кометного вещества: в максимумы мете-
орных потоков, в связи с появлением болидов, при сближении комет с Зем-
лей и Солнцем.

Табл. 3. Ил. 4. Библиогр.: 25 назв.

УДК 523.6 : 551.577.3

**НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СВЯЗИ АТМОСФЕРНЫХ
ОСАДКОВ НА ЗЕМЛЕ С КОМЕТАМИ/Яковлев Б. А. // Следы космических
воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990.**

Влажные годы на территории нашей страны и США повторяются чаще,
а сухие реже при прохождении комет через перигелий и сближении их с
Землей, что особенно сильно прослеживается для апреля — июля, т. е. меся-
цев, характеризующих вегетационный период. Наиболее заметно влияют на
земную атмосферу кометы, проходящие от Земли и от Солнца на расстоя-
нии 1,0 а. е. В день прохождения кометами перигелия и максимума вспышки
их блеска наблюдается увеличение количества осадков.

Табл. 3. Ил. 4. Библиогр.: 16 назв.

УДК 502.72(571.512).

**СТРУКТУРА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В РАЙОНЕ ТУН-
ГУССКОГО МЕТЕОРИТНОГО ЗАКАЗНИКА/Львов Ю. А. // Следы космических
воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990.**

Предложена система естественно-исторических исследований территории
Тунгусского биосферного заказника с учетом уже накопленного ботаниче-
ского и геологического материала. Базу работ составляют экологические ис-
следования на ландшафтной основе.

УДК 581.5 : 582.34(571.512)

**ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БРИОФЛОРЫ
РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА/Мульдьяров Е. Я., Лап-
шина Е. Д. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Нау-
ка, Сиб. отд-ние, 1990.**

Систематический список листостебельных мхов Тунгусского заказника
включает 137 видов: 23 вида сфагновых и 114 видов бриевых мхов из 59 ро-
дов и 29 семейств. Фитоценотическая роль каждого вида показана в баллах
по экологическим группам местообитаний, выделенных по двум основным
факторам: увлажнению и активному богатству (трофности) почвы.

Табл. 1. Библиогр.: 9 назв.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА/
Лапина Е. Д., Олонов П. А., Бляхарчук П. А. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Дана фитоценотическая характеристика основных типов растительности района падения Тунгусского метеорита: лесов, заболоченных кустарниковых зарослей и редколесий, болот, лугов, петрофитных группировок, водных и прибрежно-водных сообществ. Рассчитаны коэффициенты сходства по Жаккару между единицами растительного покрова, сделаны выводы о путях развития и относительном возрасте разных групп растительности.

Табл. 4. Ил. 1. Библиогр.: 30 назв.

УДК 551 : 523

К ВОПРОСУ ОБ УСКОРЕННОМ ПРИРОСТЕ ДЕРЕВЬЕВ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА/Несветайло В. Д. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Приведены данные о динамике прироста деревьев, переживших катастрофу в разных фитоценотических условиях.

Ил. 2. Библиогр.: 20 назв.

УДК 581.524 + 571.512

К ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТУНГУССКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАКАЗНИКА/Лапина Е. Д. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

С помощью экологических шкал Л. Г. Раменского проведена предварительная экологическая оценка основных групп биогеноценозов по двум факторам: увлажнению и активному богатству почв. Выявлено значительное своеобразие природы района. Подчеркивается необходимость разработки региональных шкал.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 552.64 + 551.79

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ УДАРНОГО КРАТЕРА ЖАМАНШИН/Изох Э. П. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Открыт слой, синхронный ударному взрыву, и прослеженный на расстоянии более 200 км от кратера на северо-восток. Слой обогащен железом, марганцем, иногда никелем и хромом, изредка углистым веществом. Судя по приуроченности слоя к основанию последнего члена стратиграфического разреза — покрову лессовидных суглинков — супесей, к 3—5-метровым речным террасам и к несогласию на рубеже плейстоцена и голоцена, возраст слоя не моложе голоцена, т. е. ~10 тыс. лет. Возраст тектитов из кратера 0,7—1,0 млн лет. Геологическая позиция кратера Жаманшин и обнаруживаемый в нем парадокс возраста тектитов позволяют сопоставлять кратер с Австрало-Азиатским поясом выпадения тектитов и относить происхождение обоих объектов за счет общей причины: столкновения с Землей крупной тектитоносной кометы, что вызвало цепь взаимосвязанных глобальных катастрофических явлений.

Ил. 2. Библиогр.: 10 назв.

УДК 552.64

ВОЗРАСТ СТЕКОЛ УДАРНОГО КРАТЕРА ЖАМАНШИН ПО ДАННЫМ ТРЕКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ/Изох Э. П., Капхаров Л. Л., Генаева Л. И. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Для проверки известного парадокса возраста тектитов впервые предпринята попытка получить по одной методике одновременно возраст разных стекол кратера Жаманшин: двух образцов кислых жаманшинитов — аналогов тектита типа Муонг-Нонг и четырех образцов основных жаманшинитов заведомо местного происхождения. Для первых получен возраст 0,75—1,1 млн лет, что согласуется с ранее полученными данными для кислых стекол тектитового состава, для вторых впервые обнаружены возрасты менее 0,1 млн лет. Последнее согласуется с геологическими данными о весьма молодом, голоценовом возрасте кратера. Результаты свидетельствуют в пользу идеи о внеземном происхождении тектитов.

Табл. 1. Ил. 1. Библиогр.: 17 назв.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПОВЕРХНОСТНОГО НАГРЕВА (АБЛЯЦИИ) ТЕКТИТОВ МЕТОДАМИ ТРЕКОВОГО И ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗОВ/Короткова Н. П., Кашкаров Л. Л., Кашкарова В. Г., Изов Э. П. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

В связи с проблемой происхождения тектитов впервые предпринята попытка найти признаки отжига треков распада урана в поверхностных слоях тектитовых телец при сохранении их во внутренних частях как следствие предполагаемого скоростного прохождения атмосферы Земли. Изучено шесть образцов австралитов, индошинитов и жаманшинита. Из них в одном австралите и одном индошините по трекам и по термолюминесценции обнаружен ожидаемый эффект. Таким образом установлена еще одна, новая форма проявления возрастного парадокса австрало-азиатских тектитов как свидетельство их наиболее вероятного внеземного происхождения.

Табл. 1. Ил. 5. Библиогр.: 9 назв.

УДК 581.33 + 523.681.8

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОЗРАСТ ИМПАКТНОГО СЛОЯ, СВЯЗАННОГО С КРАТЕРОМ ЖАМАНШИН/Волкова В. С. // Следы космических воздействий на Землю.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.

Слой, синхронный моменту формирования импактного кратера Жаманшин, прослежен Э. П. Изовом на 200—250 км к северо-востоку от кратера. Сам слой очень беден пылью, которая к тому же часто сильно деформирована, возможно, в связи с термальным воздействием. Слой лежит с резким стратиграфическим перерывом на различных отложениях, содержащих споры и пыльцу от Pg — Ng до Q_{1-3} . Импактный слой согласно перекрыт покровом лессовидных суглинков мощностью обычно 0,5—1 м (в центре кратера до 25 м). Пыльца в суглинках исключительно голоценовая, послебореальная. По этим данным возраст кратера Жаманшин скорее всего отвечает рубежу плейстоцена и голоцена.

Библиогр.: 4 назв.