ПРОБЛЕМНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени В. В. КУЙБЫШЕВА
КОМИССИЯ ПО МЕТЕОРИТАМ И КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ СО АН СССР
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СССР. ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ. ТРУДЫ, ТОМ 6.
ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

ПРОБЛЕМА ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

ВЫПУСК 2

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Томск — 1967

ТОМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени В. В. КУЙБЫШЕВА

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОРОД ИЗ РАЙОНА ТУНГУССКОГО ПАДЕНИЯ

Б. В. ВАСИЛЕНКО, Д. В. ДЕМИН, В. К. ЖУРАВЛЕВ

В связи с тем, что в районе Тунгусского падения имели место мощные аэродинамические, термические и, возможно, радиационные воздействия, можно ожидать, что следы этих воздействий обнаружатся при изучении термолюминесценции горных пород, взятых в районе вывала леса. Целью настоящего исследования является установление закономерности в изменении параметров естественной термолюминесценции (ТЛ) горных пород или слагающих их минералов в связи с изменением местоположения исследуемых образцов. Установление корреляционной зависимости между значениями параметров (ТЛ) пород и минералов и кратчайшими расстояниями местоположения проб до эпицентра не будет противоречить гипотезе о наличии термального или радиационного, или динамического воздействия, если породы или породообразующие минералы, во-первых, могут выступать в качестве показателей степени воздействия соответствующего фактора, во вторых, действия каждого фактора значимо отличаются от действия других.

Поскольку естественное термовысвечивание исследованных пород, представленных основными эффузивами, не установлено, то нами изучалась неэлектромагнитная фракция этих пород, представленная основными и средними плагиоклазами и в незначительном количестве кварцем и калишпатом. О влиянии давления на естественную ТЛ кварцев и плагиоклазов трудно сказать что-либо определенное. Имеющиеся в литературе сведения противоречивы и часто мало достоверны.

Значительно лучше изучено влияние предварительного нагрева на естественную ТЛ кварца. Проведенные одним из авторов эксперименты показали, что при температуре 200°С предварительный отжиг до 400°С вызывает уменьшение светосуммы ТЛ и сдвигает максимум свечения в сторону высоких температур, а отжиг при 700°С приводит к полному исчезновению собственной ТЛ. Хотя специальные эксперименты по отжигу плагиоклазов не приводились, есть основания предполагать, что изменение ТЛ параметров плагиоклазов при отжиге будет аналогично изменению параметров кварца. Таким образом, если в исследуемом районе в изменении параметров естественной ТЛ неэлектромагнитной фракции пород основную роль играла предварительная термообработка образцов, то должна существовать отрицательная корреляционная зависимость между температурой максимума термосвечения и расстоянием и положительная корреляция между светосуммой и расстоянием.

Значительно лучше изучена зависимость параметров ТЛ от дозы радиоактивного облучения. В общем случае можно считать, что увеличение дозы облучения вызывает пропорциональное увеличение интенсивности ТЛ и общей светосуммы до какого-то предела, условно называемого дозой радиоактивного насыщения, выше которой увеличение дозы не вызывает изменения параметров ТЛ. Величина этой дозы зависит от многих факторов, основными среди которых можно назвать кристаллохимические и другие особенности минералов и природу радиоактивного излучения.

Как показали проводимые в лаборатории минералогии ИГиГ СО АН СССР исследования связи естественной ТЛ минералов с естественной радиоактивностью в породах, возраст которых равен $150 \cdot 10^6$ лет и суммарная энергия, выделяемая содержащимися в пирите радиоактивными элементами в 1 см равна $1 \cdot 10^3$ Мэв, устанавливается прямая положительная корреляция между светосуммой естественной ТЛ и радиоактивностью с коэффициентом корреляции $= 0{,}8$. Для кварца и К-полевых шпатов связь светосуммы с радиоактивностью не устанавливается. Исходя из сказанного, а также принимая во внимание, что средняя интенсивность свечения кварцев, полевых шпатов и плагиоклазов относится или 1 : 1 : 50, можно считать, что исследование неэлектромагнитной фракции, состоящей преимущественно из плагиоклазов, оправдано для решения поставленной задачи.

Таким образом, можно ожидать, что наличие радиационного поля в предполагаемом центре могло обусловить отрицательную корреляцию светосуммы с расстоянием до этого центра. В связи с этим интересно исследовать зависимость естественной ТЛ неэлектромагнитной фракции пород от содержащегося в минералах этой фракции урана.

Методика

Пробы отбирались во время экспедиции 1965 г. в районе радиусом 30—60 км вокруг эпицентра Тунгусского падения (рис. 1). Пробы отбирались преимущественно из открытых мест коренных выходов и курумников. Всего отобрано 17 проб. В камеральный период отобранные пробы были раздроблены, и из фракции $< 0{,}1$ мм магнитным сепаратором отобрана электромагнитная фракция. Оставшаяся неэлектромагнитная фракция, состоящая преимущественно из плагиоклазов, исследовалась на содержание урана (люминесцентно-перловый метод) и на естественную термолюминесценцию. Навески составили 200 мг, скорость нагрева 0,3 град/сек. Из каждого образца исследовалось три навески. Результаты определения урана и естественной ТЛ приведены в табл. 1. Относительная ошибка в определении урана составляет 10%, температуры максимума термолюминесценции t_m°C 1%; интенсивности свечения I и светосуммы S — 5%.

Обсуждение полученных результатов

По значению светосуммы термовысвечивания все исследованные образцы разбиваются на 2 группы: 1) с значением параметра $S > 20$ и 2) с $S < 20$ условных единиц. Пренебрежение этим обстоятельством и расчет коэффициента корреляции между S и содержанием U в пробах урана в целом по всем пробам дает отрицательную корреляцию с $r_{SU} \approx 0{,}4$. Расчет тех же коэффициентов корреляции в отдельности для группы со значениями $S > 20$ и для группы с $S < 20$ показывает, что в первом случае светосумма связана с ураном почти функциональной положительной прямолинейной зависимостью, а во второй группе соответствующий коэффициент корреляции r_{SU} равен $\sim 0{,}3$ при достоверно-

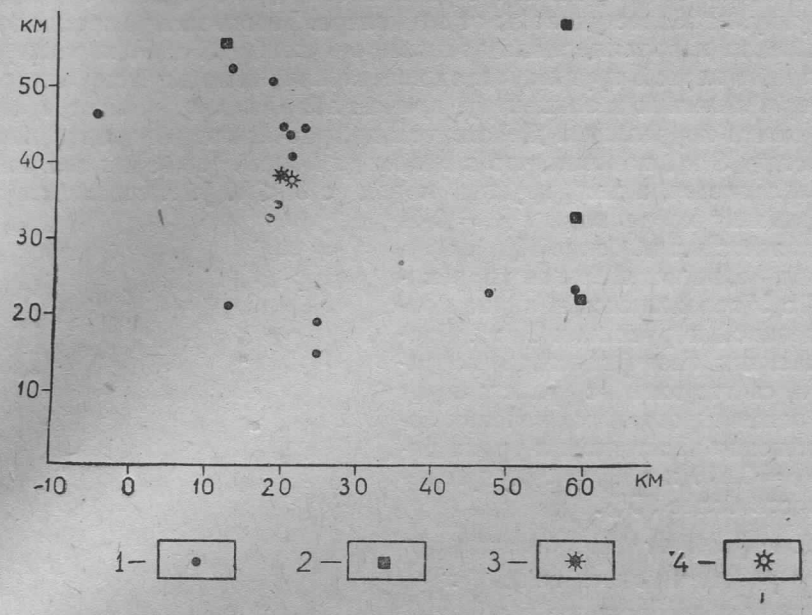

Рис. 1. Размещение пунктов отбора проб для термолюминесцентного анализа.
1 — пробы с $S < 20$, *2* — пробы с $S > 20$, *3* — особая точка вывала (эпицентр Фаста), *4* — центр области ожога (эпицентр Зенкина).

Таблица 1

Результаты термолюминесцентного и химического анализа

№ проб	t_m°C	I	S	U
1	340	1,15	3,5	0,5
2	275	16	47	1,5
3	327	9,25	41	0,8
4	355	1,4	3,2	1,7
5	350	1,5	2,4	1,5
7	411	0,9	1,6	1,5
8	330	4,3	12	1,7
9	335	3,5	9	1,8
10	326	2,5	5,8	1,2
11	343	1,7	3,3	0,8
12	302	3,8	7,6	1,5
13	344	4,2	12	1,1
14	357	21,5	113	1,1
15	365	8,5	32	0,7
17	не термолюминесцирует			0,7
18	329	2	3,5	0,8
19	340	2,3	5	1,2
20	328	9	27	0,4

сти не более 65% (рис. 2). Примечательно, что пробы, попадающие в 1 группу, наиболее удалены от эпицентра. Тоесть можно предположить, что высокая корреляционная зависимость между S и U, характеризующая пробы первой группы, осложняется влиянием других факторов по мере приближения к эпицентру, причем эти факторы влияют в сторону уменьшения корреляции. Действительно, расчет коэффициента корреляции между S и l показал, что в целом для всей выборки эта связь не устанавливается, а для группы пород с $S < 20$ у. е. соответствующий коэффициент корреляции $r_{Sl} = 0{,}44$ (с вероятностью не более 84%). Следовательно, положительная корреляция S с U осложняется наличием отрицательной корреляции S с l. Расчет частных коэффициентов корреляции светосуммы с расстоянием при эллиминированном значении соответственно расстояния и урана дает $r_{SlU} = 0{,}670$ и $r_{SUl} = 0{,}60$ при вероятности более 95%.

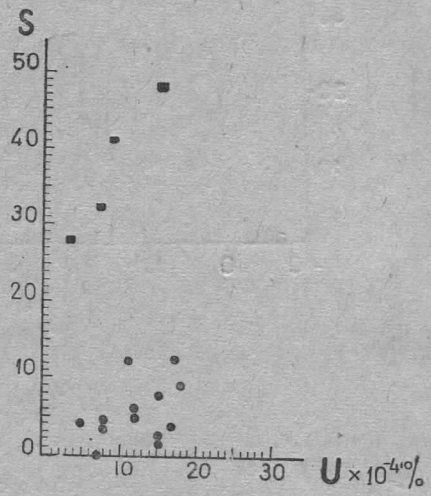

Рис. 2. Корреляция светосуммы с содержанием урана для двух групп проб.
Обозначения те же, что на рис. 1.

Коэффициент корреляции r между расстоянием от точки $x_i y_i$ и значением светосуммы s образца есть функция выбранной точки отсчета $v_0 y_0$. Поверхность $R_{sr}(x_0 y_0)$ является функциональной поверхностью рельефа, структура которой служит характеристикой статистического поля $s(x_i y_i)$, где $x_i y_i$ координаты пунктов отбора образцов. Так, расположение „холма“ (зоны положительной корреляции) указывает на район пониженных значений s; расположение „воронки“ (зоны отрицательной корреляции) на район повышенных значений s, при этом дно воронки соответствует „центру светимости“. Обоснование методики приведено в работе Д. В. Демина „Алгоритм статистической оценки параметров Тунгусского падения по данным наземных наблюдений“ (см. наст. сборник).

Коэффициенты корреляции рассчитаны на ЭЦВМ по программе, выполненной С. И. Петровой, в узлах сетки 20 × 28 с шагом 0,5 км. Расположение сетки выбрано так, чтобы центр ожога и особая точка вывала в районе Куликовской заимки находились в центральной части района. Узлы, в которых корреляции равны, соединялись линиями равных высот, как показано на рис. 3. Наличие воронки корреляционного рельефа не противоречит концепции о существовании в окрестности Куликовской котловины области «стягивания» больших значений S, тогда как образцы, взятые на периферии, обнаруживают меньшую величину светосуммы. Это заключение требует проверки на большом статистическом материале.

С целью проверки «помехоустойчивости» результата был проведен статистический эксперимент, состоявший в повторении расчета после произвольного вычеркивания одного из 13 пунктов отбора. Существенное изменение корреляционной поверхности свидетельствовало бы о возможности случайного формирования воронкообразного рельефа. Аналогичные оценки могут быть получены путем расчета в узлах сетки доверительных границ коэффициента корреляции. Процедура вычеркивания экспериментальных точек деформирует картину, но сохраняет ее существен-

ные признаки: наличие воронки в окрестности эпицентра вывала (±8 км) и отрицательность корреляции во всей рассматриваемой области.

Аналогично расчету корреляции расстояния со светосуммой был проведен расчет корреляции расстояния с содержанием урана — формальная операция не обусловленная, по-видимому, никакими гипотезами. Полученная поверхность рельефа (рис. 4) лишена воронок и других особенностей в рассматриваемой области, что косвенно подтверждает

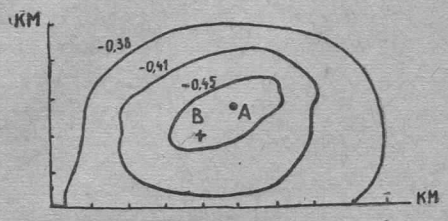

Рис. 3. Поверхность рельефа корреляции светосуммы и расстояния. А — дно воронки, В — особая точка вывала.

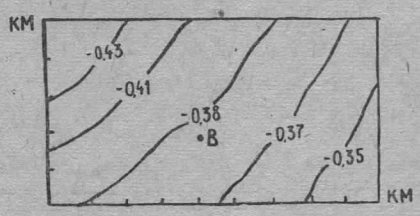

Рис. 4. Поверхность рельефа корреляции содержания урана и расстояния В — особая точка вывала.

независимость светосуммы от содержания урана — вывод, полученный выше путем расчета частного коэффициента корреляции.

Авторы выражают признательность В. Н. Лысакову, В. И. Никитиной, А. И. Белкину и С. И. Петровой, принимавшим участие в обработке проб и получении результатов, изложенных в настоящей статье, а также В. И. Молчанову за содействие и помощь при выполнении работы.