

Ep. 5.12

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA GEOLOGIA INSTITUUDI UURIMUSED  
ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР

XI

# МЕТЕОРИТИКА

ТАЛЛИН 1963 TALLINN

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРОВ ЭСТОНСКОЙ ССР

Э. А. ПОБУЛ

Главной задачей работы Комиссии по метеоритам при Академии наук Эстонской ССР с 1955 года были поиски метеоритного вещества в Каалиских кратерах.

Для поисков метеоритного материала определенный интерес представляют геофизические методы разведки. Как известно из литературных данных, в некоторых благоприятных условиях магнитометрические измерения кратеров и применение миноискателя в этих целях дали положительные результаты. Примером этому могут быть данные С. С. Фонтана (1949) о результатах экспедиции по изучению падения Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя.

При постановке в 1955 году магнитометрических исследований в Каалиских кратерах исходили из того, что железные метеориты резко отличаются по магнитным свойствам от осадочных пород, залегающих в районе падения метеорита. Известно, что кратеры здесь образовались в толще глинистой основной морены мощностью до 1,5 м и в горизонтально лежащих под ней силурийских доломитах. Заполняющий кратеры материал состоит из пород основной морены с мелкими гальками и обломками кристаллических валунов, а также с обломками доломита из коренных пород.

Для выяснения возможности применения магнитометрического метода разведки при поисках метеоритных масс в местных условиях нами были сделаны опытные магнитометрические измерения в пределах кратера № 3 (Pobul, 1958). Магнитометрические наблюдения производились по отдельным профилям, по сети пунктов  $1 \times 1$  м, при помощи двух вертикальных вариометров типа М-2, причем один из них использовался для измерения суточных магнитных вариаций. Средняя квадратичная ошибка наблюдений была в пределах  $\pm 1$  γ. Таким образом, магнитометрическая съемка производилась в условиях высокой точности и при минимальном расстоянии между наблюдательными пунктами. Проходящие через кратер два взаимно-перпендикулярных магнитометрических профиля и заснятая площадь в центральной части кратера позволили установить общий характер магнитного поля кратера.

Кроме магнитной съемки кратера № 3, производились измерения и вне его, а также в главном кратере на береговом склоне озера Каали. Для установления магнитного влияния кристаллических валунов проводились наблюдения в непосредственной близости от их залегания. Полученные опытные магнитометрические данные с учетом данных час-

тичной раскопки кратера № 5, проведенной несколько позже под руководством А. Аалозэ и Л. Сарва, позволили сделать некоторые выводы.

Магнитная съемка кратера № 3 не установила значительных аномалий; не обнаружены они также и в главном кратере на склонах берегов озера Каали. Имеются только очень слабые и локальные магнитные изометрические и местами вытянутые микроаномалии, в распространении которых, вследствие малого размера заснятой площади, нельзя установить определенную ориентацию.

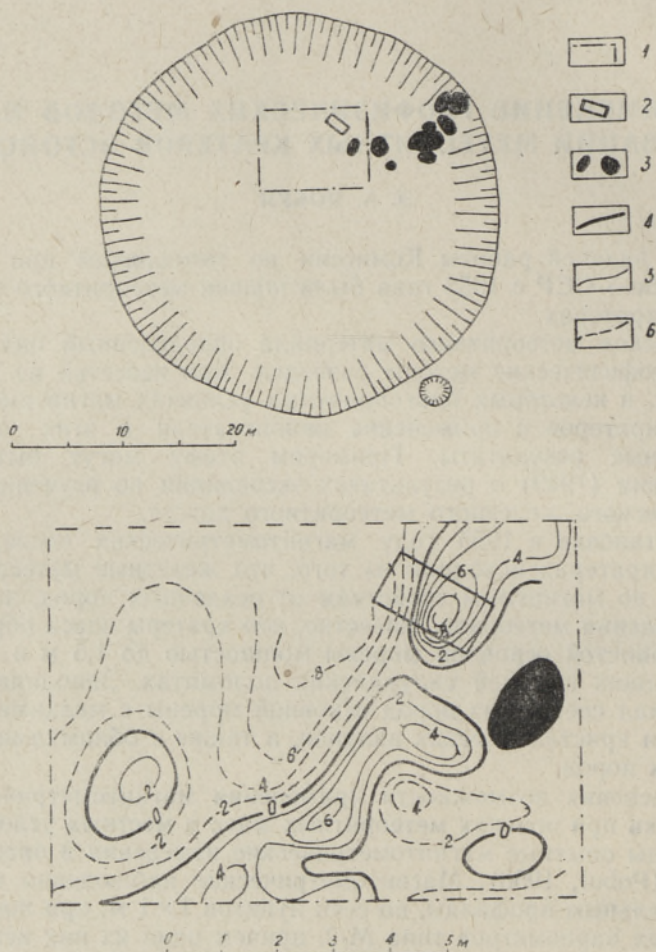


Рис. 1. Расположение шурфа в кратере № 3.

1 — граница одного участка магнитной съемки; 2 — шурф; 3 — кристаллические валуны; 4 — нулевая изолиния  $\Delta Z$ ; 5 — положительная изолиния  $\Delta Z$  в граммах; 6 — отрицательная изолиния  $\Delta Z$  в граммах.

Магнитное поле в центральной части кратера № 3 характеризуется максимальной амплитудой поля 23  $\gamma$  (исключая влияние больших валунов), причем максимальный градиент достигает 17  $\gamma$  на 1 м. Магнитные микроаномалии представлены здесь обычно величинами порядка десяти гамм, линейные размеры отдельных аномалий достигают 1—3 м.

На основании результатов опытной магнитометрической съемки можно сделать заключение, что в кратере № 3 нет больших масс метеоритного железа. По всей вероятности, они отсутствуют и в главном кратере. Имеющиеся магнитные микроаномалии вызваны очень небольшими и неглубоко (1—2 м) залегающими возмущающими телами, размеры которых не превышают нескольких дециметров и, вероятнее всего, они еще меньше.

Возникает вопрос: что является причиной этих магнитных микроаномалий и не вызваны ли они мелкими осколками метеоритного железа?

Мы не располагаем точными данными о магнитных свойствах доломита и основной морены, заполняющих кратер. Имеются только данные опытного измерения магнитного влияния валунов, а также осколков метеорита, найденных в кратере № 5. Экспериментальные данные о магнитном влиянии осколков, полученные нами при помощи обыкновенного магнитометра М-2, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Магнитное влияние железных метеоритных осколков

Наименование пробы	Вес метеоритных осколков, г	Расстояние от магнитной системы, см	Аномальное отклонение магнитометра, $\gamma$
Фракции осколков:			
I } $\varnothing > 5$ мм	55,43	31,2	9—10
II } $\varnothing > 3$ мм	140,38	32,7	12—13
II } $\varnothing > 3$ мм		105,0	2—3
III } $\varnothing > 1$ мм	286,63	34,7	22—25
III } $\varnothing > 1$ мм		69,0	7—8
III } $\varnothing > 1$ мм		103,0	4—5
Индивидуальный экземпляр № 1 (сильно оксидирован)	8,48	29,0	7—9
Индивидуальный экземпляр № 2 (не оксидирован)	7,05	28,5	22—25
Индивидуальный экземпляр № 3 (мало оксидирован)	8,62	28,5	10—12

В осколках метеорита выявлялась явно магнитная полярность. Следовательно, магнитное влияние метеоритных осколков зависит от формы и расположения их в заполняющем материале. Намагниченность метеоритных осколков в значительной мере зависит также от степени их оксидации: сильно оксидированные осколки намагничены слабее, чем мало оксидированные при одинаковых размерах и весе.

Анализ экспериментальных данных, а также теоретические соображения и расчеты показывают, что масса метеоритных осколков, залегающая на глубине 1 м и вызывающая магнитную аномалию порядка 10  $\gamma$ , должна составлять минимально 20 г. Напомним, что наиболее крупный осколок метеорита, найденный И. Рейнвальдом, весил 24 г. Если аномалия (10  $\gamma$ ) вызвана скоплением более мелких осколков метеорита, то общая масса их должна быть примерно в десять раз больше, чем 20 г, т. е. около 200 г.

Вероятно, что и в остальной части кратера № 3 не встречаются магнитные аномалии более 10—20  $\gamma$ , поэтому имеется мало шансов для

нахождения в них крупных осколков метеорита. Более вероятно, что магнитные микроаномалии в пределах кратера обусловлены не индивидуальными экземплярами осколков, а скоплением мелких осколков метеорита.

Возможной причиной микромагнитных аномалий могут быть и кристаллические валуны, имеющие сильные магнитные свойства, а также скопление железистых соединений в трещинах и других полостях коренных пород. Как показали экспериментальные наблюдения в кратере, влияние кристаллических валунов нужно учитывать только в тех случаях, когда объем их достаточно велик. Например, валун весом около двухсот килограммов, находящийся на дневной поверхности на расстоянии 60 см от магнитометра, не вызывает заметного влияния. Но валун весом около двух тонн на расстоянии 30—40 см вызывает отклонения магнитной системы магнитометра примерно на 30 γ. Поэтому мало вероятно, чтобы небольшие кристаллические валуны, встречающиеся в заполняющем кратер материале, могли обусловить магнитные аномалии порядка десяти гамм. Другие геологические факторы, которые можно было бы считать причиной заметных магнитных аномалий, при раскопке кратера № 5 не наблюдались.

Таким образом, мы пришли к выводу, что вполне возможной и наиболее вероятной причиной микромагнитных аномалий в кратере № 3 являются осколки железного метеорита. При этом, если магнитная аномалия вызвана отдельным осколком метеорита, вес последнего должен превышать несколько десятков граммов. Все же более вероятным является предположение о том, что микроаномалии вызваны не отдельными крупными осколками, а скоплением мелких осколков метеорита, рассеянных в пределах аномалии.

В 1957 году А. Аалоз произвел по нашей рекомендации раскопку кратера № 3 на месте пикета 0+7, где микромагнитная аномалия достигает десяти гамм. Расположение шурфа показано на рис. 1. Размеры шурфа: длина 2 м, ширина 1,2 м и глубина 1,75 м; шурф углублен до

дна кратера. При раскопках в почве и в заполняющем материале было найдено много небольших валунов кристаллических пород. Самый крупный из них — глыба размером 40×15×7 см — расположен прямо под пикетом на глубине 5 см. Позднейшая проверка этой глыбы показала, что она является практически немагнитной.

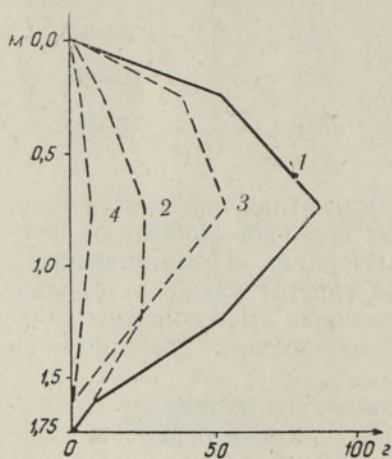


Рис. 2. Распределение метеоритного вещества по глубине шурфа в кратере № 3 (по данным А. Аалоз).

1 — суммарное количество метеоритных осколков; 2 — метеоритные осколки с диаметром более 5 мм; 3 — осколки с диаметром 1—5 мм; 4 — осколки с диаметром менее 1 мм.

При помощи магнита из заполняющего кратер материала извлечено всего 201 г осколков железного метеорита, диаметром от 1 до 5 мм и более. Распределение метеоритных осколков по глубине показано на рис. 2, из которого видно, что основная масса мелких и более крупных осколков метеорита располагается на глубине от 0,5 до 1 м.

Результаты проверочной раскопки микромагнитной аномалии подтвердили наши выводы о ее природе: на 1 м<sup>2</sup> сечения шурфа на месте микроаномалии приходится 100 г осколков метеоритного материала. Напомним, что в кратере № 5 среднее количество метеоритного материала на 1 м<sup>2</sup> было примерно 20 г, т. е. в пять раз меньше.

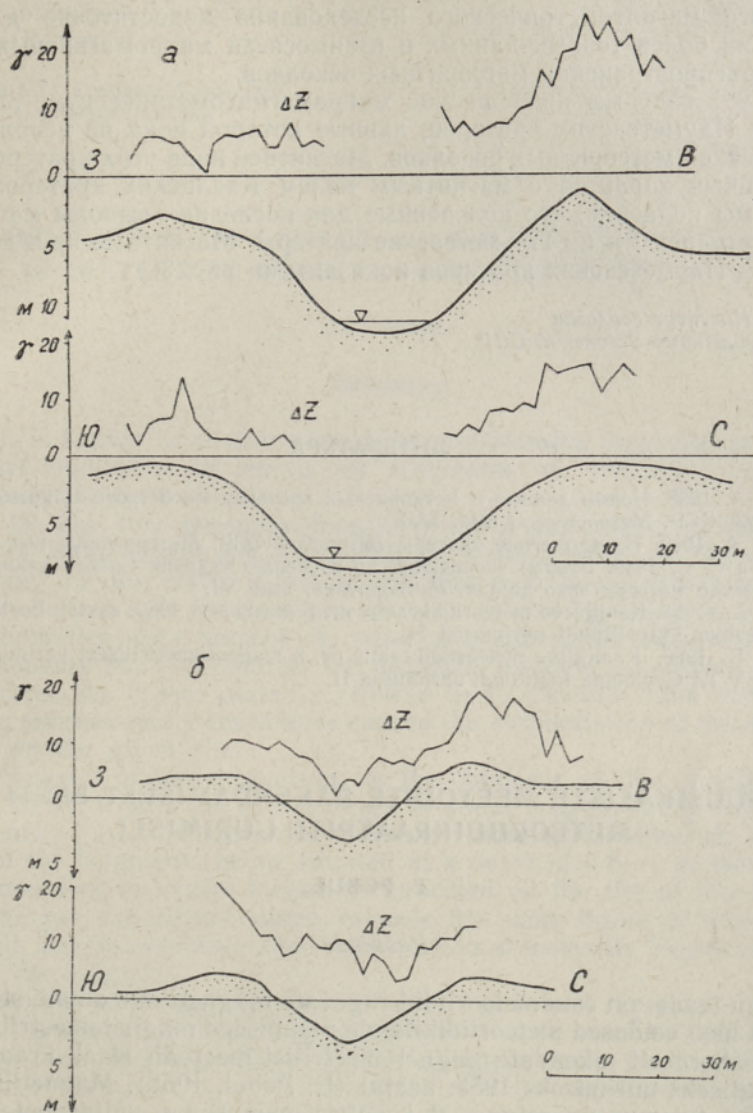


Рис. 3. Магнитметрические профили Илуметсаских кратеров.  
а — кратер Пыргухауд; б — кратер Сювахауд.

Результаты опытных магнитметрических наблюдений в кратере № 3 показали, что изучение магнитного поля Каалиских метеоритных кратеров возможно только при микромагнитной съемке. Недостаток микромагнитметрического метода состоит в том, что его можно применять только в случае небольших площадей, размером примерно до

нескольких сотен квадратных метров. На больших площадях этот метод оказывается неэффективным вследствие значительной его трудоемкости. Но, несмотря на это, сейчас уже можно сказать, что микромагнитометрический метод имеет хорошую перспективу для направления поисковых работ метеоритных осколков в условиях Каалиских кратеров. К сожалению, одной проверочной раскопки и ограниченного объема опытного магнитометрического исследования недостаточно для установления более точных данных о взаимосвязи микромагнитных аномалий и распространения метеоритных осколков.

В 1957 году мы провели еще микромагнитометрическую съемку в районе Илуметсаских кратеров, данные которой пока не использованы для поисков метеоритных осколков. Магнитное поле этих кратеров имеет однотипный характер с магнитным полем Каалиских кратеров, и поэтому мы полагаем, что полученные для последних выводы могут быть распространены и на Илуметсаские кратеры. Магнитные профили  $\Delta Z$  и разрезы Илуметсаских кратеров показаны на рис. 3.

*Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аалое А. 1958. Новые данные о метеоритных кратерах на острове Сааремаа Эстонской ССР. Метеоритика, вып. XVI.  
Аалое А. 1960. Илуметсаские кратеры Эстонской ССР. Метеоритика, вып. XVIII.  
Фонтоп С. С. 1949. Вторая экспедиция по изучению падения Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя. Метеоритика, вып. VI.  
Аалое А. 1958. Kaalijärve meteoriidikraatri nr. 5 uurimisest 1955. aastal. Eesti NSV TA Geoloogia Instituudi uurimused II.  
Pobul, E. 1958. Kaalijärve meteoriidikraatri nr. 3 magnetomeetrilisest uurimisest. Eesti NSV TA Geoloogia Instituudi uurimused II.

### GEOFÜSIKALISTE MEETODITE RAKENDAMISEST EESTI NSV-s METEORIIDIKRAATRITE UURIMISEL

E. POBUL

*Resüme*

Nagu teada, on raudmeteoriidid tugevate magnetiliste omadustega. See asjaolu loob eeldused meteoriidikildude otsimiseks magnetomeetrilisel teel.

Esmakordselt rakendati magnetomeetrilist meetodit Kaali kraatri nr. 3 magnetiliseks uurimiseks 1955. aastal (E. Pobul, 1958). Magnetilise mõõdistamise tulemusena selgus, et kraatris, samuti ka väljaspool kraatrit esinevad ainult nõrgad (kuni kümnekond  $\gamma$ ) ja lokaalsed (kuni mõni m) mikroanomaaliad. Magnetilise mõõdistamise andmete ja võimalike geoloogiliste tegurite lähem analüüs ning katseandmed kraatrist nr. 5 saadud meteoriidikildude magnetilise mõju kohta (tabel 1) võimaldavad järeldada, et mõni markantsem magnetiline mikroanomaalia võiks olla põhjustatud meteoriitse materjali kuhjumisest antud kohas.

Kontrollimiseks soovitatud mikroanomaalia (ca 10  $\gamma$ ) lahtikaevamise tulemusena koguti ligikaudu 2 m<sup>2</sup> pindalaga šurfist 201 g meteoriidikilde diameetriga 1—5 mm ja isegi enam; kildude peamine mass asetses

0,5—1 m sügavusel (joon. 2). Magnetilise anomaalia asukohast kogutud meteoriidikildude hulk 1 m<sup>2</sup> kohta on viiekordselt suurem kui kraatris nr. 5.

Katsetööde maht on liiga väike otsese seose püstitamiseks meteoriidikildude kuhjumise ja magnetiliste mikroanomaaliade vahel, kuid ülaltoodu põhjal võib arvata, et mikromagnetomeetria rakendamisel raudmeteoriidi kildude otsimiseks ja nende jaotumise uurimisel väikestel pindaladel on häid väljavaateid.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Geoloogia Instituut*

## THE APPLICATION OF GEOPHYSICAL METHODS TO THE STUDY OF METEORITE CRATERS IN THE ESTONIAN S.S.R.

E. POBUL

### *Summary*

As it is known, iron meteorites have considerable magnetic properties. This fact enables us to search for fragments of meteorite, using the magnetometric method.

For the first time the magnetometric method was applied at the investigation of Kaali crater No. 3 in 1955 (E. Pobul, 1958). At the magnetic measuring of the crater it was stated that both in the crater and in its exterior only weak (up to some score of  $\gamma$ ) and local (up to a few m) microanomalies were present. A closer analysis of the data of magnetic measurements and the data on the magnetic effect of fragments obtained from crater No. 5 (see plate 1) allowed us to conclude that some more striking microanomaly could have caused the accumulation of the meteorite matter on the given site.

As a result of the excavation for the checking of the microanomaly (about 10  $\gamma$ ), from a pit with an area of about 2 sq m, 201 g of meteorite fragments of 1—5 mm in cross-section or more were collected, the main mass of the fragments being situated at a depth of 0.5—1 m (see fig. 2). The amount of meteorite fragments collected on the site of the magnetic anomaly, per one square metre, exceeds the same figure of crater No. 5 five-fold, and this points to the concentration of meteorite fragments on the site of the anomaly.

The extent of the experiments carried out up to now is too inconsiderable for finding out a direct connection between the accumulation of meteorite fragments and the magnetic microanomalies, but on the basis of the above-mentioned experiments we can suppose that the application of micro-magnetometry at the search for iron meteorite fragments and at the study of their distribution over smaller areas has favourable perspectives.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,  
Institute of Geology*