

Э. ПОБУЛ, Р. ВАХЕР, Э. АРВИСТО

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЭСТОНИИ

О физических свойствах пород кристаллического фундамента Эстонии до последнего времени имелись очень скудные сведения. Были известны лишь данные о плотности и магнитных свойствах, определенные по единичным образцам из нескольких буровых скважин.

В течение последних пяти лет Управлением геологии Совета Министров ЭССР были пробурены многие десятки новых буровых скважин, достигших кристаллического фундамента. Это позволило более подробно изучить вещественный состав и физические свойства пород.

Настоящая статья является сводкой изучения физических свойств пород кристаллического фундамента Эстонии в период с 1962 по 1967 год.

До настоящего времени опубликованы лишь результаты определения физических свойств указанных пород на участке Улясте (Побул, Вахер, 1964).

Образцы пород были отобраны из керна буровых скважин и описаны сотрудниками Управления геологии СМ ЭССР (Я. Я. Кивисилла, Х. Э. Кихно, Х. Я. Коппельмаа и др.) и Тартуского государственного университета (Т. И. Кууспалу). Плотность пород определена в Управлении геологии СМ ЭССР по 4605 образцам из 74 скважин (в том числе 1567 образцов выветрелых пород и 3038 образцов свежих пород). Магнитные свойства определены в Институте геологии АН ЭССР по 1485 образцам из 62 скважин (в том числе 453 образца выветрелых пород и 1032 образца свежих пород).

Расположение буровых скважин иллюстрируется рис. 1.

Плотность  $\sigma$  определена денситометром ИПС на воздушно-сухих образцах. Контрольные измерения произведены в объеме 2,2%. Средняя квадратичная ошибка измерения составляет  $\pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>.

Магнитные свойства образцов определялись магнитометрами М-14Ф и МА-21.

При измерении магнитометром М-14Ф применялась методика наблюдений, разработанная Б. Ш. Русиновым (1960). Контрольные измерения проведены в объеме 4,2%. Средняя относительная ошибка составляла при измерении кажущейся магнитной восприимчивости  $\kappa' \pm 9,7\%$ , при измерении естественной остаточной намагниченности  $I_n \pm 6,8\%$ .

Измерения магнитометром МА-21 проводились согласно инструкции, приложенной к прибору. Объем контрольных измерений — 10%; средняя относительная ошибка при измерении  $\kappa' \pm 1,1\%$ , при измерении  $I_n \pm 2,9\%$ .

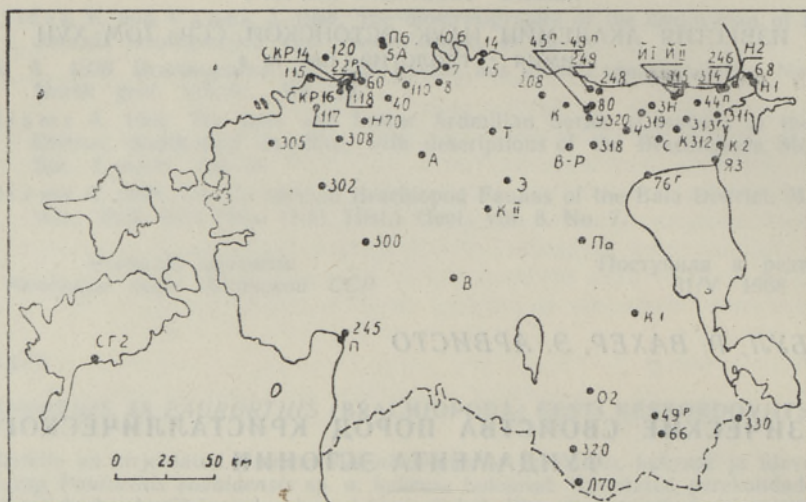
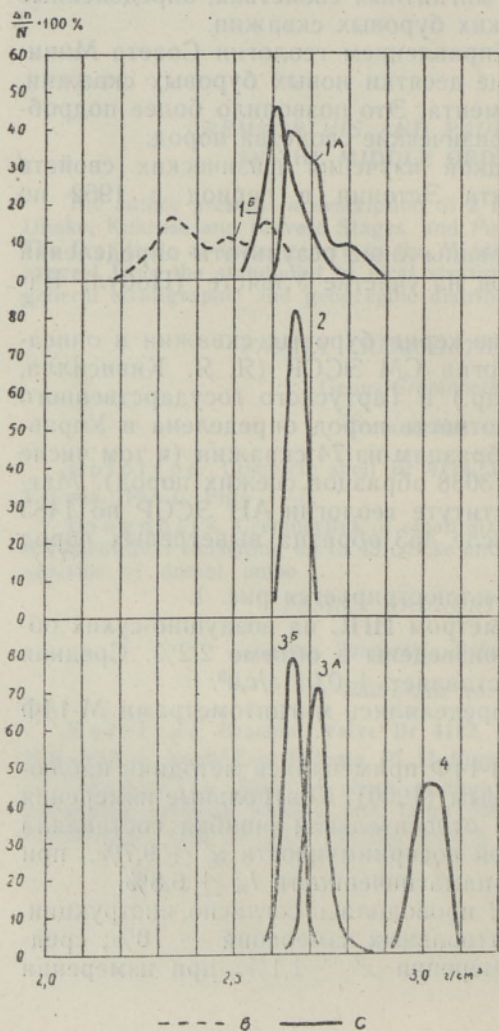


Рис. 1. Схема расположения буровых скважин.



По восьми образцам проведены контрольные измерения как магнитометром М-14Ф, так и магнитометром МА-21. Средняя относительная ошибка составляла соответственно при измерении  $\kappa' \pm 7,0\%$  и  $\pm 0,7\%$ , при измерении  $I_n \pm 1,8\%$  и  $\pm 0,5\%$ . Систематической ошибки не обнаружено.

При статистической обработке результатов измерения плотности, магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности полученные данные группировались по разновидностям пород (табл. 1), согласно принятой Т. И. Кууспалу, Я. Я. Кивисилла, Х. Э. Кихно и Х. Я. Коппельмаа классификации.

Для каждой разновидности пород (количество образцов более 30) построены вариационные кривые распределения плотности:

Рис. 2. Вариационные кривые распределения плотности:

1 — граниты микроклиновые и плаггио-микроклиновые: А — участка Рыхви,  $N_c = 95$ , Б — остальные,  $N_c = 215$ ,  $N_B = 125$ ; 2 — граниты сртклязовые,  $N_c = 30$ ; 3 — граниты рапакиви: А — Мярьямааского массива,  $N_c = 182$ , Б — Найссаарского и Эредяского массивов,  $N_c = 118$ ; 4 — габбро-нориты,  $N_c = 48$ .  $N$  — количество образцов; в — выветрелые породы; с — свежие породы.

плотности (рис. 2 и 3). С целью облегчения сравнения кривых между собой при группировании данных выбран единый интервал  $\Delta x = 0,5 \text{ г/см}^3$ .

Вычислены следующие статистические параметры распределения плотности пород (табл. 1) по формулам:  
среднее арифметическое

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i \cdot n_i}{N},$$

стандарт

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{N - 1}},$$

отношение асимметрии к ее среднему квадратичному отклонению

$$\frac{A}{\sigma_A} = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^3 \cdot n_i}{N \sqrt{\frac{6}{N}}},$$

отношение эксцесса к его среднему квадратичному отклонению

$$\frac{E}{\sigma_E} = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^4 \cdot n_i}{N \cdot 2 \sqrt{\frac{6}{N}}}.$$

В этих формулах  $k$  — количество интервалов,  $n_i$  — количество образцов в  $i$ -интервале,  $N$  — общее число образцов,  $\bar{x}_i$  — среднее значение  $i$ -интервала.

Гипотеза о нормальном распределении плотности принята как непротиворечащая эмпирическим данным, если выполнены два неравенства:

$$\left| \frac{A}{\sigma_A} \right| < 3 \quad \text{и} \quad \left| \frac{E}{\sigma_E} \right| < 3 \quad (\text{Руководство ... , 1965}).$$

В противном случае проводилась проверка гипотезы о соответствии эмпирических данных логнормальному распределению.

Для выветрелых пород вычислено только среднее арифметическое значение плотности.

В пределах каждой разновидности пород среднее значение  $x'$  и  $I_n$  вычислялось по отдельным скважинам как среднеарифметическое. Результаты определения магнитных свойств и плотности одних и тех же образцов пород по отдельным скважинам приведены в табл. 2.

По Н. В. Дортман, «подсчет среднего значения магнитной восприимчивости пород в пределах крупных районов при большом диапазоне изменения  $\kappa_{\text{ср}}$  для отдельных массивов или участков является необоснованным. Вычисленное  $\kappa_{\text{ср}}$  не будет отражать истинной картины и может привести лишь к ложным выводам при использовании средних данных в процессе геологической интерпретации магнитных полей» (Дортман и др., 1964).

Вычисление других характерных статистических параметров, кроме

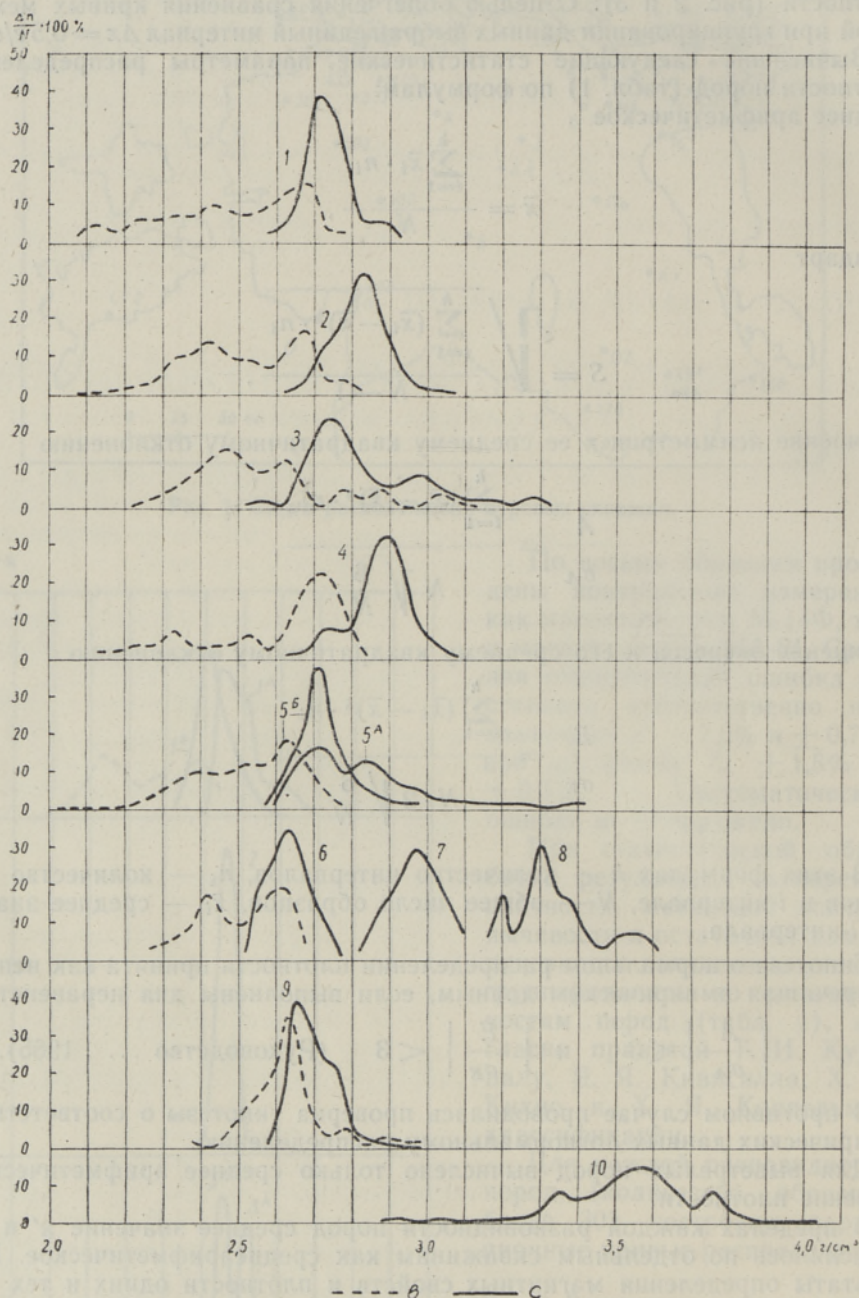


Рис. 3. Вариационные кривые распределения плотности:

1 — гнейсы биотитовые,  $N_c = 130$ ,  $N_B = 249$ ; 2 — гнейсы высокоглиноземистые,  $N_c = 433$ ,  $N_B = 320$ ; 3 — гнейсы «черные»,  $N_c = 117$ ,  $N_B = 72$ ; 4 — гнейсы биотит-амфибл-пироксеновые,  $N_c = 226$ ,  $N_B = 61$ ; 5 — мигматиты: А — участка Улясте,  $N_c = 70$ ; Б — остальные,  $N_c = 229$ ,  $N_B = 430$ ; 6 — гранито-гнейсы,  $N_c = 122$ ,  $N_B = 56$ ; 7 — амфиболиты,  $N_c = 81$ ; 8 — пироксеновая порода,  $N_c = 30$ ; 9 — кварциты,  $N_c = 238$ ,  $N_B = 61$ ; 10 — магнетитовые кварциты,  $N_c = 238$ .  $N$  — количество образцов; в — выветрелые породы; с — свежие породы.

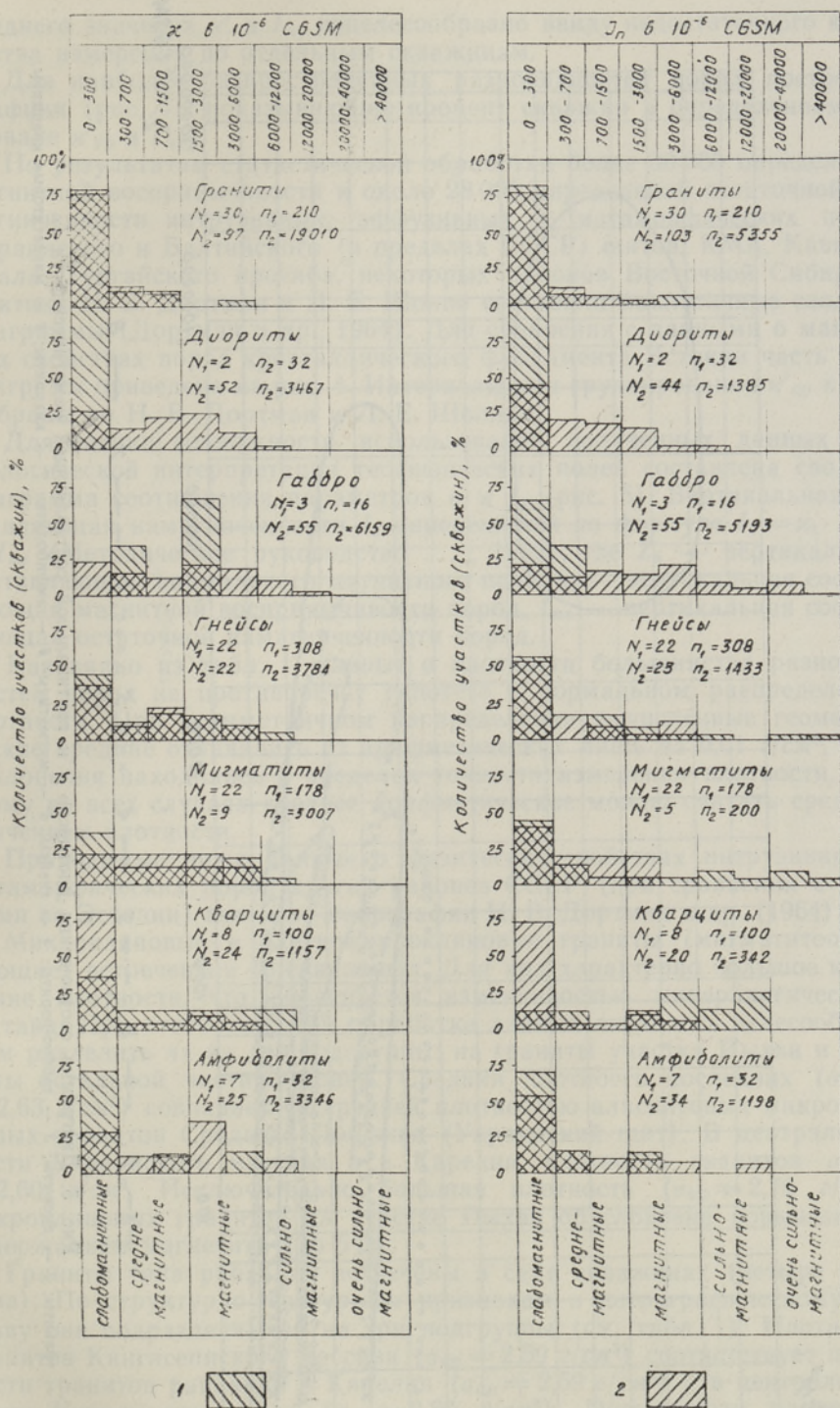


Рис. 4. Гистограммы распределения магнитных свойств:  
 1 — ЭССР, 2 — СССР (по Н. В. Дортман и др., 1964).  $N$  — количество участков (для СССР) или скважин (для ЭССР);  $p$  — количество образцов.

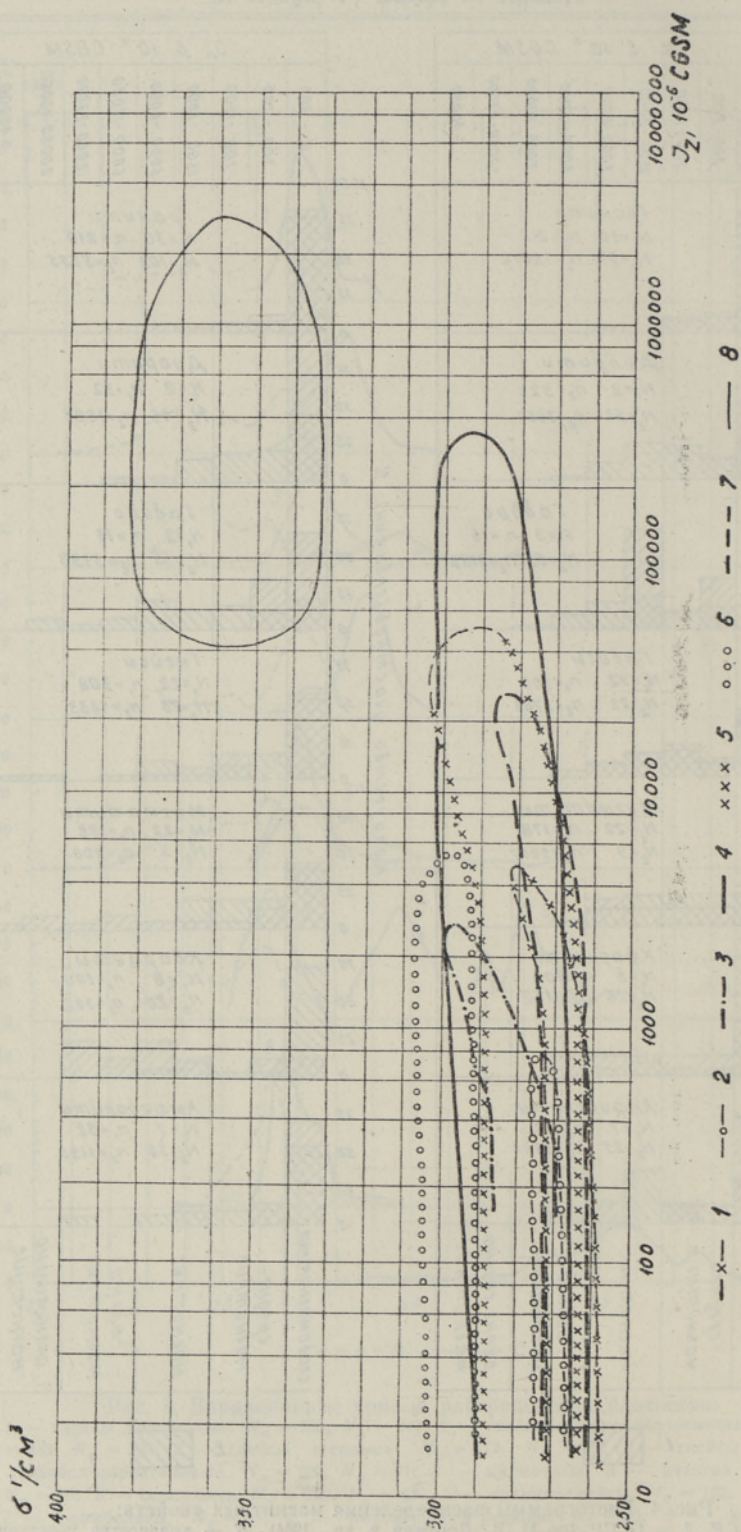


Рис. 5. Диаграмма соотношения плотности  $\sigma$  и вертикальной составляющей намагниченности  $I_z$ .  
 1 — граниты; 2 — диориты; 3 — габбро-нориты; 4 — гнейсы; 5 — мигматиты; 6 — амфиболиты; 7 — кварциты; 8 — магнетитовые кварциты.

среднего значения  $\kappa'$  и  $I_n$ , нецелесообразно ввиду недостаточного количества измерений по отдельным скважинам.

Для наиболее распространенных разновидностей пород построены графики (рис. 4), показывающие процент скважин в определенном интервале  $\kappa'_{\text{ср}}$  и  $I_{n\text{ср}}$ .

По результатам статистической обработки более 90 000 определений магнитной восприимчивости и около 28 000 определений остаточной намагниченности интрузивных, эффузивных и метаморфических пород Украинского и Балтийского (в пределах СССР) щитов, КМА, Кавказа, Урала, Тургайского прогиба, некоторых районов Восточной Сибири и Арктики Н. В. Дортман и Л. Е. Шолпо составили аналогичные сводные диаграммы (Дортман и др., 1964). Для сравнения с данными о магнитных свойствах пород кристаллического фундамента Эстонии часть этих диаграмм приведена на рис. 4. Интервалы при группировании  $\kappa'_{\text{ср}}$  и  $I_{n\text{ср}}$  выбраны по Н. В. Дортман и Л. Е. Шолпо.

Для оценки возможности использования полученных данных при геологической интерпретации геофизических полей составлена сводная диаграмма соотношения параметров  $\sigma$  и  $I_z$  (рис. 5). Вертикальная составляющая намагниченности  $I_z$  определяется по формуле  $I_z = \kappa_z \cdot Z_0 + I_{nz}$  (Методическое руководство . . . , 1962), где  $Z_0$  — вертикальная составляющая нормального магнитного поля,  $\kappa_z$  — вертикальная составляющая магнитной восприимчивости пород,  $I_{nz}$  — вертикальная составляющая остаточной намагниченности пород.

Как видно из табл. 1, данные о плотности большинства разновидностей пород не противоречат гипотезе о нормальном распределении плотности. При асимметричном распределении вычисленные геометрические средние отличались от арифметических лишь на 0,01 г/см<sup>3</sup>, т. е. отклонения находились в пределах точности измерения плотности. Поэтому во всех случаях среднее арифметическое можно считать средним значением плотности.

Приводимые ниже данные о физических свойствах интрузивных и метаморфических пород других районов СССР (при сравнении с данными по Эстонии) взяты из монографии Н. В. Дортман и др. (1964).

Микроклиновые и плагиомикроклиновые граниты (мигматитообразующие) встречены в 40 скважинах. Для них характерно большое колебание плотности, что объясняется изменчивостью минералогического состава. При статистической обработке данных оказалось целесообразным разделить их на две подгруппы: на граниты участка Йыхви и граниты остальной части Эстонии. Средняя плотность последних ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,63$  г/см<sup>3</sup>) совпадает со средней плотностью аляскитовых микроклиновых гранитов Среднего Побужья (Украинский щит). В центральной части Украинского массива и в Карелии плотность гранитов  $\sigma_{\text{ср}} = 2,60$  г/см<sup>3</sup>. Исключительно большая плотность ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,70$  г/см<sup>3</sup>) микроклиновых гранитов на участке Йыхви обусловлена повышенным содержанием магнетита (до 5%).

Граниты типа рапакиви встречены в семи скважинах (четыре массива). По структурно-текстурным признакам и петрографическому составу они подразделяются на три подгруппы (см. табл. 1). Плотность гранитов Кингисеппского массива ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,59$  г/см<sup>3</sup>) соответствует плотности гранитов рапакиви в Карелии ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,59$  г/см<sup>3</sup>) и в центральной части Украинского щита ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,60$  г/см<sup>3</sup>). Повышенная плотность ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,65$  г/см<sup>3</sup>) Найссаарского и Эредаского массивов обусловлена увеличением содержания цветных минералов и плагиоклаза и большей основной плотностью плагиоклаза. Исключительно высокая плотность ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,72$  г/см<sup>3</sup>) рапакиви Мярьямааского массива объясняется большим со-

Плотность и минералогический состав пород  
(Минералогический состав приведен по Я. Я. Кивисилла,

Название породы	Выветрелые породы						Параметры $\sigma$			
	К-во образцов	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>			К-во образцов				S	
		средн.	мин	макс.		средн.	мин	макс.		
Граниты микроклиновые и плагиомикроклиновые										
участка Рыхви	10	2,67	2,60	2,71	96	2,70	2,63	2,88	0,061	
остальные	125	2,44	2,02	2,64	215	2,63	2,54	2,82	0,046	
Граниты ортоклазовые (орточарнокиты)	—	—	—	—	30	2,65	2,59	2,67	0,020	
Граниты рапакиви										
Кингисепский массив	8	2,40	2,22	2,55	12	2,59	2,55	2,60	—	
Найссаарский и Эредаский массивы	23	2,44	2,33	2,60	118	2,65	2,62	2,70	0,026	
Мярьямааский массив	—	—	—	—	182	2,72	2,65	2,88	0,031	
Пегматиты	28	2,51	2,19	2,65	11	2,59	2,54	2,63	—	
Гнейсо-граниты	18	2,41	2,20	2,60	20	2,66	2,61	2,72	—	
Гранодиориты	—	—	—	—	10	2,71	2,69	2,77	—	
Диорит кварцевый										
участка Ласнамяэ	—	—	—	—	6	2,81	2,80	2,83	—	
участка Арукюла	8	2,44	2,30	2,58	8	2,73	2,72	2,74	—	
Диорит кварцевый измененный	13	2,40	2,27	2,57	29	2,74	2,66	2,80	—	
Габбро-диорит	12	2,48	2,16	2,75	13	2,83	2,79	2,86	—	
Габбро-норит	10	2,35	1,96	2,87	48	3,03	2,94	3,06	0,042	
Габбро-норит амфиболизированный	11	2,42	2,16	2,70	23	2,87	2,79	2,98	—	
Сланцы биотит-амфибол-пироксеновые	—	—	—	—	16	2,96	2,86	3,12	—	
Гранито-гнейс	56	2,50	2,26	2,66	122	2,64	2,54	2,84	0,055	
Гнейс биотитовый	249	2,47	2,08	2,78	130	2,73	2,58	2,91	0,063	
Гнейсы высокоглиноземистые	320	2,52	2,09	2,82	433	2,82	2,63	3,06	0,070	
Гнейсы «черные»	72	2,57	2,27	3,05	117	2,81	2,54	3,29	0,149	
Гнейсы биотит-амфибол-пироксеновые	61	2,59	2,10	2,88	226	2,87	2,63	3,12	0,084	
Мигматиты										
участка Ульясте	—	—	—	—	70	2,83	2,62	3,42	0,177	
остальные	430	2,53	1,92	2,84	229	2,72	2,57	2,99	0,070	
Амфиболиты	24	2,43	1,53	3,01	81	2,96	2,81	3,07	0,064	
Мраморы	4	2,74	2,66	2,77	20	2,86	2,74	3,08	—	
Кварциты										
участка Отепя	—	—	—	—	5	2,62	2,60	2,64	—	
участка Ульясте	61	2,63	2,32	3,10	238	2,70	2,60	2,94	0,062	
Кварциты магнетитовые	25	3,11	2,70	3,22	238	3,54	2,88	4,07	0,197	
Пироксеновая порода	3	2,87	2,84	2,90	30	3,33	3,18	3,58	0,114	

\* Биотит и мусковит.

\*2 Найссаарский массив — № 5—11, Эредаский массив — № 30—42.

\*3 Зональное строение.

\*4 Сфен 2—3%, апатит 1—3%.

\*5 Эпидот 5—20%.

держанием аксессуарных минералов. Аномальное распределение их плотности связано, по-видимому, с характером изменения содержания магнетита.

Пегматиты (секущие) встречаются в десяти скважинах. Средняя плотность их ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,59 \text{ г/см}^3$ ) равна средней плотности пегматитов центральной части Украинского массива. В остальных районах щитов  $\sigma_{\text{ср}} = 2,60—2,63 \text{ г/см}^3$ .

Гнейсограниты встречаются в шести скважинах. Их средняя плотность  $\sigma_{\text{ср}} = 2,66 \text{ г/см}^3$  близка к средней плотности гнейсовидных гранитов Карелии ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,63 \text{ г/см}^3$ ). На Кольском полуострове  $\sigma_{\text{ср}} = 2,50 \text{ г/см}^3$ .

Плотность гранодиоритов Эстонии (скв. Кясму 14,  $\sigma_{\text{ср}} = 2,71 \text{ г/см}^3$ )



Таблица 1

кристаллического фундамента Эстонии

Х. Э. Кихно, Х. Я. Коппельмаа и Т. И. Куусалу)

Свежие породы			Минералогический состав, %								
V, %	$\frac{A}{\sigma A}$	$\frac{E}{\sigma E}$	кварц	калиевый полевой шпат	плагиоклаз	цветные минералы			магнетит	пирротин	другие минералы
						биотит	амфибол	пироксен			
2,27	1,18	0,37	10—20	50—70	5		5	—	—	0—5	—
1,73	1,16	-0,49	20—40	30—70	0—40	№ 10—35	0—15*	0—5	0—5	—	—
0,75	2,79	-3,36	25—30	45—55	15—20	№ 29—34	3—5	—	0—3	—	—
—	—	—	30	53	10	№ 0	5	—	—	—	—
0,98	-0,48	-1,35	20—25	35—50	15—35	№ 2*	7—8*	—	—	—	—
1,12	5,60	9,26	20—25	35—40	25—30	№ 15—25 № 30—37**	6—10	—	—	1—4	**
—	—	—	20—45	20—50	20—40	№ 10—30	5—15*	—	—	—	—
—	—	—	20—30	20—30	30—40	№ 20—30	5—15	—	—	—	—
—	—	—	35	—	45—50	№ 36	10—15	—	—	—	—
—	—	—	20—25	—	55—60	№ 43—51 № 70—80**	10—12	5—6	—	—	—
—	—	—	25—30	10—12	35—40	№ 30—38 № 52—55**	10—12	3—4	—	—	—
—	—	—	5—20	—	40—70	№ 6—8	5—20	—	—	—	**
—	—	—	—	—	60—65	№ 40—41	—	5	25—30	—	—
1,39	-2,79	-0,91	—	—	55—60	№ 52	—	—	40—45	0—2	—
—	—	—	—	—	55—65	№ 47—48	0—5	20—25	10—15	0—2	—
—	—	—	—	—	0—7	—	35	0—30	20—45	—	—
2,10	0,32	-0,34	15—45	5—50	10—45	—	5—15	—	—	—	—
2,31	0,75	0,23	25—40	0—40	10—45	—	5—25	—	—	0—2	—
2,48	-0,27	-0,30	20—40	10—40	0—25	—	5—20	—	—	0—10	**
5,30	5,34	2,47	0—40	0—65	5—50	—	5—20	—	—	0—20	**
2,93	-2,22	-1,70	5—25	0—30	25—50	—	0—20	0—30	0—40	0—4	—
6,25	4,60	2,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,57	1,09	-0,32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,17	0,31	-1,42	0—10	0—5	25—15	—	0—15	50—70	0—5	0—4	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0—30	—	5—10 **
—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—
2,29	4,65	2,08	90—98	—	—	—	—	0—3	1—5	—	0—10
5,57	-2,40	1,04	20—50	0—40	0—5	—	0—5	0—35	0—40	20—35	**
3,30	2,09	-0,32	—	—	—	—	—	—	75—98	—	0—25

\*6 Кордиерит 0—25%, гранат 0—20%, силлиманит 0—10%.

\*7 Кордиерит 0—20%, гранат 0—20%.

\*\* Кальцит 60—80%, оливин и серпентин 0—20%.

\*\* Гранат 5—20%.

соответствует плотности гранодиоритов Среднего Побужья (Украина). В остальных районах щитов  $\sigma_{cp} = 2,65—2,69 \text{ г/см}^3$ .

Магнитные свойства гранитов характеризуются изменением  $\chi'_{cp}$  и  $I_{ncp}$  отдельных скважин в пределах от 0 до  $6000 \cdot 10^{-6}$  CGSM. Подавляющее большинство гранитов — слабомагнитные (см. рис. 4).

Наиболее магнитными ( $\chi'_{cp} = 4360 \cdot 10^{-6}$  CGSM) оказались граниты рапакиви скважины Ваймыйза 302 (Мярьямааский массив). Высокая магнитность их должна рассматриваться как исключение, обусловленное генетическими особенностями массива рапакиви.

Остаточная намагниченность гранитов  $I_n$  изменяется в пределах  $0—3000 \cdot 10^{-6}$  CGSM, но  $I_{cp}$  в 86% скважин находится в интервале  $0—300 \cdot 10^{-6}$  CGSM.

Магнитные свойства пород кристаллического фундамента Эстонии

№ пп.	Название и номер скважины	К-во образцов	Свежие породы									Выветрелые породы			
			Магнитная восприимчивость $\chi', 10^{-6}$ CGSM			Остаточная намагниченность $I_n, 10^{-6}$ CGSM			Плотность $\sigma, \text{г/см}^3$			$\frac{I_n}{H}$	К-во образцов	$\chi'_{\text{ср.}} 10^{-6}$ CGSM	$I_{\text{н.ср.}} 10^{-6}$ CGSM
			среди.	мин.	макс.	среди.	мин.	макс.	среди.	мин.	макс.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Граниты микроклиновые и плагиомикроклиновые</b>															
1	Вока 315	2	0	0	0	0	0	0	2,68	2,68	2,69	—	4	0	0
2	Гыхви П1	29	1030	61	9200	4790	0	51800	2,71	2,64	2,96	9,26	—	—	—
3	Азери 249	1	435	—	—	90	—	—	2,68	—	—	—	0,41	1	0
4	Нарва Н2	6	561	0	918	332	0	830	2,71	2,68	2,73	1,18	—	—	—
5	Кейла 117	10	110	23	265	24	0	55	2,63	2,56	2,67	0,44	—	—	—
6	Прангли 5А	2	0	0	0	0	0	0	2,56	2,56	2,56	—	—	—	—
7	Выхма В	4	43	0	109	0	0	0	2,62	2,61	2,63	—	—	—	—
8	Эллавере Э	1	635	—	—	80	—	—	2,64	—	—	0,25	—	—	—
9	Отепя О2	12	53	34	80	0	0	20	2,64	2,58	2,72	—	—	—	—
10	Каагвере К1	4	56	32	79	33	0	65	2,66	2,65	2,68	1,18	—	—	—
11	Пудисо 7	6	0	0	0	0	0	0	2,62	2,61	2,64	—	10	0	0
12	Хирвля 8	10	0	0	0	0	0	0	2,66	2,60	2,70	—	—	—	—
13	Кабала К	6	0	0	0	0	0	0	2,61	2,60	2,63	—	4	0	0
14	Кынну 300	1	0	—	—	0	—	—	2,64	—	—	—	—	—	—
15	Хаапсалу 3	2	0	0	0	0	0	0	2,70	2,69	2,70	—	—	—	—
16	Печоры 330	10	986	35	2600	569	0	1820	2,66	2,61	2,71	1,15	2	75	44
17	Ульясте 45п	2	212	125	300	1920	1410	2440	—	—	—	18,10	—	—	—
18	Ульясте 46п	4	68	50	88	81	0	166	2,62	2,60	2,66	2,30	—	—	—
19	Ульясте 47п	2	270	60	480	3070	435	5710	2,62	2,58	2,66	22,75	4	0	0
20	Ульясте 48п	2	0	0	0	0	0	0	2,57	2,56	2,58	—	—	—	—
<b>Гранит ортоклазовый</b>															
1	Пярну П	10	854	85	1540	124	55	227	2,65	2,63	2,67	0,29	—	—	—
<b>Гранит рапакиви</b>															
1	Ваймьйза 302	108	4330	2400	8370	266	62	1230	2,72	2,67	2,81	0,12	—	—	—
2	Кингисепп СГ2	10	272	111	515	85	33	145	2,61	2,59	2,64	0,62	4	0	0
3	Мурасте 115	6	0	0	0	0	0	0	2,63	2,62	2,64	—	6	0	0
4	Найссаар 120	4	0	0	0	0	0	0	2,66	2,65	2,67	—	—	—	—
5	Эреда 319	40	0	0	0	0	0	0	2,66	2,62	2,70	—	—	—	—
<b>Гнейсо-гранит</b>															
1	Лаанеметса Л70	1	315	—	—	0	—	—	2,66	—	—	—	4	0	0
2	Кестла 248	1	0	—	—	0	—	—	2,63	—	—	—	7	0	0
3	Прангли П6	2	0	0	0	0	0	0	2,65	2,65	2,65	—	—	—	—
4	Кабала К	2	0	0	0	0	0	0	2,70	2,69	2,72	—	—	—	—
<b>Диориты</b>															
1	Ауукюла 40	8	194	150	304	20	0	30	2,73	2,72	2,76	0,21	—	—	—
2	Юиннда Ю6	24	0	0	0	0	0	0	2,70	2,65	2,81	—	4	0	0
<b>Габбро-диорит</b>															
1	Утрия 246	11	0	0	0	0	0	0	2,81	2,68	2,86	—	3	0	0
<b>Габбро-нориты</b>															
1	Тапа Т	10	2130	165	4540	441	75	831	2,89	2,85	2,98	0,41	2	69	0
2	Пярну П	4	420	263	500	71	43	130	2,70	2,69	2,74	0,34	4	313	86
3	Выру 66	2	2360	2180	2530	212	169	254	2,96	2,95	2,96	0,18	—	—	—
<b>Гранито-гнейс</b>															
1	Набала Н70	5	240	165	330	58	40	94	2,72	2,67	2,73	0,48	4	48	4
2	Арду А	46	0	0	0	0	0	0	2,61	2,54	2,69	—	10	0	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Гнейс биотитовый</b>															
1	Вока 315	10	1360	825	1780	970	556	1840	2,72	2,69	2,78	1,13	4	343	110
2	Азери 249	1	395	—	—	80	—	—	2,72	—	—	0,40	10	103	0
3	Паламузе Па	2	0	0	0	0	0	0	2,68	2,67	2,68	—	5	0	0
4	Отеля О2	2	54	47	62	0	0	0	2,65	2,64	2,66	—	—	—	—
5	Каавере К1	10	2340	80	4030	742	36	1570	2,82	2,75	2,86	0,63	2	1210	110
6	Нарва Н2	4	2000	638	4100	2190	340	4660	2,75	2,73	2,77	2,20	2	0	0
7	Хирвали 8	8	0	0	57	0	0	0	2,78	2,71	2,87	—	—	—	—
8	Кохила 308	8	1370	638	1990	238	52	540	2,72	2,68	2,78	0,35	—	—	—
9	Ухтна У320	4	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
<b>Гнейсы высокоглиноземистые</b>															
1	Рьэхви П11	94	10100	1140	36600	75600	4970	328000	2,85	2,74	3,04	14,3	—	—	—
2	Рьэтсма 313г	6	0	0	24	66	0	195	2,75	2,71	2,79	—	16	0	0
3	Кабала К	12	0	0	35	0	0	0	2,72	2,65	2,76	—	10	0	0
4	Сырумяэ С	16	0	0	0	0	0	0	2,76	2,72	2,80	—	—	—	—
5	Тарума 4	5	123	80	168	159	0	378	2,76	2,71	2,82	2,58	—	—	—
6	Ухтна У320	8	39	0	153	27	0	126	2,78	2,72	2,84	1,38	—	—	—
<b>Гнейсы «черные»</b>															
1	Ульясте 45п	12	409	0	3180	1100	0	6780	—	—	—	5,39	—	—	—
2	Ульясте 47п	21	1430	510	3050	26100	4920	89400	2,87	2,66	3,29	36,5	6	0	0
3	Ульясте 48п	20	854	0	1500	8000	0	27000	2,75	2,63	2,96	18,8	2	352	2510
<b>Гнейсы биотит-амфибол-пироксеновые</b>															
1	Вока 315	24	2240	71	7210	1870	131	5100	2,94	2,82	3,02	1,57	—	—	—
2	Выхма В	4	220	70	367	30	0	50	2,74	2,72	2,77	0,27	—	—	—
3	Эллавере Э	4	5600	3960	8660	946	375	1850	2,73	2,69	2,75	0,24	—	—	—
4	Кахала К11	33	4610	1050	8880	4520	480	10100	2,88	2,75	2,95	1,96	—	—	—
<b>Мигматиты</b>															
1	Вока 315	2	3940	3610	4270	6200	5720	6680	2,79	2,79	2,79	3,15	—	—	—
2	Рьэхви П1	17	7990	881	29100	49600	366	199000	2,90	2,67	3,34	10,4	—	—	—
3	Рьэхви П11	6	3749	435	8170	33100	765	71100	2,79	2,70	2,85	24,7	—	—	—
4	Мустайэ 311А	2	0	0	0	0	0	0	2,68	2,68	2,68	—	10	0	0
5	Нарва Н2	8	1880	1070	2980	1620	423	5380	2,74	2,70	2,77	1,72	—	—	—
6	Ласнамяэ 60	10	1120	384	3820	147	50	505	2,84	2,76	2,88	0,26	—	—	—
7	Выхма В	2	245	229	261	42	36	47	2,74	2,73	2,74	0,34	—	—	—
8	Эллавере Э	13	3040	2000	6120	700	175	1390	2,73	2,68	2,76	0,46	8	758	216
9	Паламузе Па	2	0	0	0	0	0	0	2,78	2,70	2,85	—	9	0	0
10	Юминда Ю6	8	695	275	1110	286	80	682	2,67	2,65	2,69	0,82	—	—	—
11	Хирвали 8	2	0	0	0	0	0	0	2,76	2,76	2,77	—	—	—	—
12	Хаапсалу 3	10	0	0	0	0	0	0	2,72	2,68	2,76	—	—	—	—
13	Кохила 308	6	1790	1020	2640	370	87	690	2,71	2,67	2,76	0,73	—	—	—
14	Тарума 4	1	94	—	—	0	—	—	2,68	—	—	—	—	—	—
15	Ульясте 45п	2	405	335	475	4860	4180	5530	—	—	—	24,0	—	—	—
16	Ульясте 47п	16	2190	0	6060	16800	0	41500	2,91	2,68	3,57	15,3	—	—	—
17	Ульясте 48п	4	910	445	1420	7470	1330	13800	2,72	2,64	2,80	16,4	—	—	—
18	Ульясте 49п	2	850	400	1300	28500	27800	29200	2,87	2,86	2,88	67,0	—	—	—
19	Ухтна У320	5	152	27	457	134	0	478	2,79	2,74	2,87	1,76	—	—	—
20	Карула 320	6	555	43	1280	312	0	811	2,74	2,68	2,82	1,12	—	—	—
21	Печоры 330	8	3249	1040	8970	1020	259	1730	2,74	2,64	2,95	0,63	2	110	76
<b>Амфиболиты</b>															
1	Кейла 117	6	105	62	165	22	0	54	2,91	2,81	2,97	0,41	3	132	0
2	Выхма В	2	0	0	0	0	0	0	3,01	3,00	3,02	—	—	—	—
3	Карула 320	10	3190	153	7760	632	30	1280	3,00	2,73	3,07	0,40	2	3980	714
4	Юминда Ю6	2	0	0	0	0	0	0	2,86	2,86	2,87	—	2	0	0
5	Кохила 308	2	36	34	39	0	0	0	3,02	3,02	3,02	—	—	—	—
6	Тарума 4	4	115	51	147	49	0	124	3,00	2,96	3,04	0,84	—	—	—
7	Ухтна У320	6	1060	421	1770	1920	510	5530	2,94	2,91	2,98	3,62	—	—	—
<b>Мраморы</b>															
1	Ульясте 45п	8	328	25	1220	262	0	1300	—	—	—	1,90	9	180	30
2	Ульясте 46п	2	13500	10800	16200	12400	11200	13500	2,88	2,85	2,90	1,84	—	—	—
3	Ульясте 47п	4	1190	995	1540	2400	1980	2920	2,84	2,76	2,89	4,00	—	—	—
4	Ульясте 48п	2	1240	1170	1320	1390	1240	1540	2,86	2,85	2,86	2,22	1	0	0
5	Ульясте 81	2	45600	22500	68700	24900	8630	41200	3,03	2,98	3,08	1,09	4	1250	178
<b>Кварциты</b>															
1	Отеля О2	2	33	27	39	0	0	0	2,64	2,64	2,64	—	—	—	—
2	Ульясте 45п	24	144	40	350	593	20	2570	—	—	—	8,10	2	0	0
3	Ульясте 46п	20	3520	50	35500	2940	31	20400	2,70	2,63	2,80	1,57	—	—	—
4	Ульясте 47п	11	164	0	805	4300	0	23000	2,69	2,62	2,76	52,4	4	0	101
5	Ульясте 48п	28	2110	0	12600	6340	0	39900	2,81	2,61	4,15	6,00	9	37	0
6	Ульясте 49п	4	965	850	1200	5420	990	10100	2,70	2,69	2,72	11,3	8	0	37
7	Ульясте 81	4	645	195	1160	13000	758	29700	2,79	2,64	3,00	40,4	2	414	3650
8	Ухтна У320	7	8150	5540	12300	12200	5360	20500	2,77	2,73	2,80	3,00	—	—	—

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Кварцит магнетитовый</b>															
1	Йыхви П1	78	85600	34400	139000	729000	48400	4770000	3,57	3,31	4,02	14,9	10	7580	35500
2	Йыхви П11	22	51600	5750	169000	695000	46100	2280000	3,51	3,25	3,75	27,0	2	885	3680
<b>Пироксеновая порода</b>															
1	Ульясте 45п	2	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
2	Ульясте 46п	16	2760	133	13700	32500	27	184000	3,30	3,09	3,51	23,6	—	—	—
3	Ульясте 48п	9	1560	200	3230	3780	780	6150	3,52	3,18	4,02	4,83	—	—	—
4	Ульясте 81	4	2420	870	6000	40300	6890	64300	3,37	3,30	3,47	33,3	2	327	52

По магнитным свойствам интересны и микроклиновые граниты скважины Йыхви П1. Их можно подразделить на две части: 1)  $\chi'_{\text{ср}} = 187 \times 10^{-6}$  CGSM,  $I_{\text{ср}} = 50 \cdot 10^{-6}$  CGSM,  $Q = 0,40$  (19 образцов) и 2)  $\chi'_{\text{ср}} = 2640 \cdot 10^{-6}$  CGSM,  $I_{\text{ср}} = 13800 \cdot 10^{-6}$  CGSM,  $Q = 10,45$  (10 образцов). Увеличение магнитных свойств последних связано с обогащением пород магнетитом. Причины большой изменчивости  $Q$  пока не выяснены.

Распределение магнитных свойств гранитов Эстонии хорошо согласуется со сводными данными Н. В. Дортман и Л. Е. Шолпо по гранитам других районов СССР (рис. 4).

Породы среднего и основного состава встречаются в Эстонии сравнительно редко. Из них известны лишь кварцевые диориты, габбро-диориты и габбро-нориты.

Плотность кварцевых диоритов скважины Ласнамяэ 60  $\sigma_{\text{ср}} = 2,81$  г/см<sup>3</sup> близка к плотности кварцевых диоритов Среднего Побужья ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,80$  г/см<sup>3</sup>). Меньшую плотность имеют кварцевые диориты скважины Арукюла 40 ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,73$  г/см<sup>3</sup>) и измененные (альбитизированные и эпидотизированные) кварцевые диориты скважины Юминда Ю6 ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,74$  г/см<sup>3</sup>). Кварцевые диориты скважин Ласнамяэ 60 и Арукюла 40 имеют близкий состав главных породообразующих минералов и одинаковую структуру. По-видимому, они образуют единый массив. Разница в их средних плотностях объясняется тем, что кварцевые диориты скважины Арукюла 40 несколько более лейкократны.

Плотность габбро-диоритов  $\sigma_{\text{ср}} = 2,83$  г/см<sup>3</sup> (скв. Утрия 246) больше плотности диоритов Кольского полуострова ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,81$  г/см<sup>3</sup>), но меньше плотности диоритов Украинского щита ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,87 - 2,90$  г/см<sup>3</sup>).

Габбро-нориты встречены в скважинах Пярну 245 и Выру 66. Плотность их ( $\sigma_{\text{ср}} = 3,03$  г/см<sup>3</sup>) близка к плотности габбро-норитов Карелии ( $\sigma_{\text{ср}} = 3,05$  г/см<sup>3</sup>). Габбро-нориты Кольского полуострова и центральной части Украинского щита имеют меньшую плотность ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,90 - 2,97$  г/см<sup>3</sup>). Амфиболитизированные габбро-нориты (скв. Тапа,  $\sigma_{\text{ср}} = 2,87$  г/см<sup>3</sup>) по плотности соответствуют амфиболитизированным габбро-норитам Кольского полуострова ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,87$  г/см<sup>3</sup>).

Недостаточное количество образцов диоритов и габбро не позволило выявить закономерности распределения их магнитных свойств в Эстонии.

Метаморфические породы представлены сланцами, гнейсами, мигматитами, амфиболитами, мраморами, кварцитами и пироксеновыми породами.

Плотность биотит-амфибол-пироксеновых сланцев  $\sigma_{\text{ср}} = 2,96$  г/см<sup>3</sup> немного меньше плотности амфиболовых сланцев центральной части Украинского щита ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,97$  г/см<sup>3</sup>) и Карелии ( $\sigma_{\text{ср}} = 3,00$  г/см<sup>3</sup>).

Гнейсы и мигматиты, наиболее распространенные породы в кристал-

лическом фундаменте Эстонии, характеризуются крайне разнообразным составом и большим колебанием плотности.

Биотитовые гнейсы встречаются в 26 скважинах. Плотность их ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,73 \text{ г/см}^3$ ) соответствует плотности биотит-плагиоклазовых гнейсов Среднего Побужья ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,73 \text{ г/см}^3$ ). В остальных районах Украинского щита плотность последних меньше ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,63\text{—}2,68 \text{ г/см}^3$ ).

Высокоглиноземистые гнейсы встречаются в 17 скважинах. По плотности ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,82 \text{ г/см}^3$ ) они сравнимы с гранат-биотитовыми гнейсами Украинского щита ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,80\text{—}2,85 \text{ г/см}^3$ ). Несколько меньшая плотность кордиерит-силлиманит-гранат-биотитовых гнейсов центральной части Украинского щита ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,74 \text{ г/см}^3$ ) связана с меньшим содержанием граната в них. В Эстонии им соответствуют высокоглиноземистые гнейсы в скважинах Кабала, Сырумьяэ, Тарумаа 4, Мустайыэ 311А, Ряэтсма 313<sup>г</sup> и Хаапсалу 3 с  $\sigma_{\text{ср}} = 2,72\text{—}2,77 \text{ г/см}^3$ .

«Черные» гнейсы (участок Улясте, пять скважин,  $\sigma_{\text{ср}} = 2,81 \text{ г/см}^3$ ) по минералогическому составу являются также высокоглиноземистыми, но отличаются от остальных содержанием графита и сульфидных минералов. Анормальное распределение плотности «черных» гнейсов обусловлено характером изменения в них содержания пирротина.

Биотит-амфиболовые, биотит-пироксеновые и биотит-амфибол-пироксеновые гнейсы объединены в одну группу. Породы этой группы встречаются в 11 скважинах. Они характеризуются большой изменчивостью количественных соотношений главных породообразующих минералов. Для группы в целом в Эстонии  $\sigma_{\text{ср}} = 2,87 \text{ г/см}^3$ . В отдельных скважинах  $\sigma_{\text{ср}}$  биотит-амфиболовых гнейсов изменяется в пределах от 2,73 до 2,87  $\text{г/см}^3$ . Биотит-пироксеновые (скв. Кахала КII) и биотит-амфибол-пироксеновые (скв. Вока 315) гнейсы имеют  $\sigma_{\text{ср}}$  соответственно 2,88 и 2,90  $\text{г/см}^3$ . В различных районах Балтийского и Украинского щитов плотность этих пород варьируется также в широких пределах: для амфиболовых гнейсов  $\sigma_{\text{ср}} = 2,70\text{—}3,07 \text{ г/см}^3$ , для пироксеновых гнейсов  $\sigma_{\text{ср}} = 2,79\text{—}2,99 \text{ г/см}^3$  и для амфибол-пироксеновых гнейсов  $\sigma_{\text{ср}} = 2,74\text{—}3,00 \text{ г/см}^3$ .

Мигматиты встречаются в 45 скважинах. Их состав тоже очень изменчивый. Значение плотности мигматитов определяется соотношением гранитного и гнейсового компонентов и минералогическим составом исходных пород. Мигматиты участка Улясте ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,83 \text{ г/см}^3$ ) характеризуются значительным содержанием пирротина и анормальным распределением плотности, что явилось основанием для выделения их в самостоятельную подгруппу. Плотность  $\sigma_{\text{ср}} = 2,72 \text{ г/см}^3$  мигматитов остальных районов Эстонии близка к плотности мигматитов Среднего Побужья ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,70 \text{ г/см}^3$ ). В других районах Украинского щита плотность мигматитов меньше ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,60\text{—}2,65 \text{ г/см}^3$ ).

Гнейсы и мигматиты имеют довольно близкие магнитные свойства. В отдельных скважинах  $\chi'_{\text{ср}}$  изменяется в пределах от 0 до  $12000 \cdot 10^{-6}$  CGSM. Преобладают слабомагнитные породы (35—45% скважин). Данные о магнитной восприимчивости гнейсов и мигматитов Эстонии хорошо совпадают с данными по другим районам СССР (рис. 4).

Остаточная намагниченность гнейсов и мигматитов Эстонии колеблется в очень широких пределах — от 0 до  $40000 \cdot 10^{-6}$  CGSM. По данным Л. Е. Шолпо, в других районах СССР диапазон изменения  $I_n$  гнейсов и мигматитов гораздо уже (от 0 до  $3000\text{—}6000 \cdot 10^{-6}$  CGSM). Высокие значения  $I_n$  в Эстонии связаны с магнетитовым оруденением на участке Йыхви и с большим содержанием пирротина на участке сульфидного рудопроявления Улясте.

Амфиболиты встречены в восьми скважинах. Их плотность  $\sigma_{\text{ср}} = 2,96 \text{ г/см}^3$  сравнима с плотностью амфиболитов из всех районов Балтийского и Украинского щитов ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,94\text{—}3,00 \text{ г/см}^3$ ).

В связи с небольшим количеством определений магнитных свойств эстонских амфиболитов на гистограммах наблюдаются перерывы и поэтому наши данные нельзя вполне уверенно коррелировать с данными Н. В. Дортман и Л. Е. Шолпо.

Кварциты (кроме магнетитовых) встречены на участках Отепя (1 скв.) и Улясте (7 скв.). Плотность кварцитов участка Отепя  $\sigma_{\text{ср}} = 2,62 \text{ г/см}^3$  близка к плотности кварцитов Балтийского и Украинского щитов ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,60\text{—}2,66 \text{ г/см}^3$ ).

На участке Улясте как кварциты ( $\sigma_{\text{ср}} = 2,70 \text{ г/см}^3$ ), так и мраморы (4 скв.,  $\sigma_{\text{ср}} = 2,86 \text{ г/см}^3$ ) и пироксеновые породы (4 скв.,  $\sigma_{\text{ср}} = 3,33 \text{ г/см}^3$ ) имеют аномально высокое значение плотности, что объясняется большим содержанием в них пирротина и других сульфидных минералов.

Приведенные на рис. 4 гистограммы  $\kappa'_{\text{ср}}$  и  $I_{\text{нср}}$  практически иллюстрируют лишь изменчивость магнитных свойств кварцитов участка Улясте, обусловленную неравномерным распределением в них пирротина. По той же причине магнитные свойства мраморов и пироксеновых пород участка Улясте изменяются в больших пределах (см. табл. 2).

Магнетитовые кварциты, обнаруженные до сих пор только на участке Йыхви (2 скв.), имеют плотность  $\sigma_{\text{ср}} = 3,54 \text{ г/см}^3$ , близкую к плотности магнетитовых кварцитов месторождений КМА и Кривого Рога ( $\sigma_{\text{ср}} = 3,3\text{—}3,7 \text{ г/см}^3$ ).

Магнитные свойства магнетитовых кварцитов участка Йыхви очень высокие:  $\kappa'$  колеблется в пределах от 5800 до  $170\,000 \cdot 10^{-6}$  CGSM,  $\kappa'_{\text{ср}} = 78\,100 \cdot 10^{-6}$  CGSM (100 образцов);  $I_{\text{н}}$  — от 46 000 до  $4\,770\,000 \times 10^{-6}$  CGSM,  $I_{\text{нср}} = 721\,000 \cdot 10^{-6}$  CGSM (100 образцов). Магнетитовые кварциты месторождений КМА и Кривого Рога имеют более высокую магнитную восприимчивость ( $\kappa_{\text{ср}} = 100\,000\text{—}300\,000 \cdot 10^{-6}$  CGSM), но остаточная намагниченность их ( $I_{\text{нср}} = 70\,000\text{—}300\,000 \cdot 10^{-6}$  CGSM) значительно меньше, чем на участке Йыхви.

При сравнении свежих и выветрелых пород всегда наблюдается уменьшение плотности (табл. 1) в зависимости от степени выветривания, в основном вследствие увеличения пористости пород. Измерения плотности в ходе описания пород могут уменьшить субъективность определения степени выветрелости пород.

Отмечается и общая тенденция уменьшения магнитных свойств породы при выветривании (табл. 2). Это объясняется частичным переходом магнетита в лимонит в результате окисления в зоне выветривания или преобразованием пирротина в пирит.

На сводной диаграмме соотношения параметров  $\sigma$  и  $I_z$  резко выделяется область магнетитовых кварцитов, для которых характерны высокие значения плотности и намагниченности:  $\sigma = 3,3\text{—}3,8 \text{ г/см}^3$ ,  $I_z = 40\,000\text{—}3\,000\,000 \cdot 10^{-6}$  CGSM.

В области  $\sigma = 2,7\text{—}3,0 \text{ г/см}^3$  и  $I_z = 5000\text{—}300\,000 \cdot 10^{-6}$  CGSM полагаются «черные» и высокоглиноземистые гнейсы, мигматиты и кварциты, связанные с магнетитовым оруденением участка Йыхви или с пирротинным оруденением участка Улясте. К этой же области относятся и биотит-амфибол-пироксеновые гнейсы скважины Кахала К II.

В области  $\sigma = 2,6\text{—}3,1 \text{ г/см}^3$  и  $I_z = 0\text{—}5000 \cdot 10^{-6}$  CGSM встречаются все разновидности пород, кроме магнетитовых кварцитов. По магнит-

ным свойствам они почти не различаются между собой, а по плотности хорошо выделяются лишь амфиболиты ( $\sigma = 2,9-3,1 \text{ г/см}^3$ ).

Таким образом, как это показывают имеющиеся данные о физических свойствах пород кристаллического фундамента Эстонии, однозначное выделение распространения отдельных разновидностей пород только по интенсивности гравимагнитных полей сопряжено с большими трудностями и возможно лишь в редких случаях. Это объясняется характером факторов, от которых зависят физические свойства пород.

Как известно, плотность характеризует минеральный состав пород, находящейся в естественном (ненарушенном) состоянии, с учетом ее общей макро- и микропористости. Величина объема веса тонко реагирует и на вторичные изменения минерального состава пород. Она достаточно точно выражает суммарные количественные соотношения породообразующих минералов и является характерной для данной разновидности пород (Ефимов, 1964). Основная трудность заключается в том, что разновидности магматических и метаморфических пород, слагающих самую верхнюю часть кристаллического фундамента, по величине  $\sigma$  распространяются в относительно узком интервале значений — от 2,45 до 3,25  $\text{г/см}^3$  и некоторые разновидности пород могут иметь почти одинаковый состав породообразующих минералов.

Величина  $\kappa$  зависит в основном от количества ферромагнитных минералов, входящих в состав горных пород, и, кроме того, от их химического состава и строения кристаллической решетки, а также от размера зерен минералов и характера расположения их в породах. Величина  $I_n$  зависит от всех тех факторов, которые определяют  $\kappa$ . Кроме того  $I_n$  определяется характером физического процесса, приводящего к ее образованию, и зависит от возраста горных пород.

По Н. В. Дортман, непосредственной зависимости между содержанием ферромагнитных минералов в породах и составом главных породообразующих минералов не установлено (Дортман и др., 1964). Этим объясняется часто наблюдаемое сходство магнитных свойств различных разновидностей горных пород.

Имеющиеся в нашем распоряжении данные о физических свойствах пород кристаллического фундамента Эстонии недостаточны для выявления статистических закономерностей, позволяющих более уверенно различать отдельные разновидности пород по физическим свойствам. Разумеется, при геологической интерпретации геофизических полей, кроме их интенсивности, следует привлекать другие их особенности и критерии (конфигурация, направление осей и взаимоотношения аномалий и т. д.), позволяющие в некоторых случаях преодолеть отмеченные трудности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Дортман Н. В. и др. 1964. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых СССР. «Недра».
- Ефимов Ф. Н. 1964. Магнитно-фракционно-минералогический анализ горных пород. «Недра».
- Методическое руководство по определению физических свойств горных пород и полезных ископаемых. 1962. Госгеолтехиздат.
- Побул Э. А., Вахер Р. М. 1964. О физических свойствах пород кристаллического фундамента в районе Ульясте. В сб.: Литология палеозойских отложений Эстонии.

Руководство по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах. 1965. «Недра».

Русинов Б. Ш. 1960. Применение кварцевого магнитометра для измерения магнитных свойств горных пород и руд. Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 34.

Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР  
Управление геологии  
Совета Министров Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
20/III 1968

E. POBUL, R. VAHER, E. ARVISTO

### EESTI KRISTALISE ALUSKORRA KIVIMITE FÜSİKALISED OMADUSED

Viimase viie aasta jooksul on Eesti NSV-s gravitatsiooniliste ja magnetiliste anomaaliate geoloogilise tõlgendamise kergendamiseks määratud kristalse aluskorra kivimite tihedust (4605 proovi) ja magnetilisi omadusi (1485 proovi).

Uurimistulemused on esitatud kivimitüüpide füüsikaliste parameetrite tabelite (tabelid 1 ja 2), tiheduse jaotumise variatsioonikõverate (joon. 2 ja 3) ja magnetiliste omaduste jaotumise hüstogrammide (joon. 4) kujul.

Selgus, et erinevatele kivimitüüpidele on omane füüsikaliste omaduste suur kattuvus, mistõttu kivimitüüpide eraldamine ainult gravitatsiooniliste ja magnetiliste anomaaliate intensiivsuse alusel on võimalik vaid üksikjuhtumel (näit. magnetiliste kvartsiitide esinemise korral).

Olemasolev materjal pole aga veel küllaldane kõigi kivimitüüpide füüsikaliste omaduste jaotumise statistiliste seaduspärasuste iseloomustamiseks.

E. POBUL, R. VAHER, E. ARVISTO

### PHYSICAL PROPERTIES OF THE ROCKS OF THE ESTONIAN CRYSTALLINE BASEMENT

Measurements of the density (of 4605 samples) and magnetic properties (of 1485 samples) of the rock types of the basement in Estonia were carried out during last five years for the reason that such measurements might aid in the interpretation placed on data obtained by the gravity and magnetic methods of prospecting in this area.

Data on density  $\sigma$  are summarized in Table 1. Data on apparent susceptibility  $\kappa'$  and remanent magnetization  $I_n$  are summarized in Table 2. Histograms in Figures 2, 3 and 4 show that there are extensive overlaps among all rock types. Therefore the strength of the gravitational field and the intensity of the magnetic field of a body may give unique clue to its composition only in rare cases (such as exploration for magnetite quartzites).