

Er.5.12

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

X

# ГЕОЛОГИЯ ПАЛЕОЗОЯ

ТАЛЛИН 1962 TALLINN

## О ШКАЛЕ ЦВЕТОВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

К. В. УТСАЛ

Цвет является таким свойством горных пород, с которым каждый геолог в своей работе встречается очень часто. Поскольку цвет осадочных пород обусловлен главным образом их химическим составом, в частности содержанием некоторых редких элементов, то это нужно иметь в виду и при оценке полезных ископаемых, а также при изучении геохимических процессов. К сожалению, визуальное определение цвета горных пород является весьма субъективным и зависит от освещения (Кринов, 1947; Миннарт, 1959). Для более точного определения цвета необходимо пользоваться специальными приборами и методикой.

При определении цвета все образцы пород нужно предварительно отшлифовать в виде одинаковых прямоугольных призм размерами приблизительно  $3 \times 3 \times 1$  см. Эти же размеры имеет и белая баритовая эталонная пластинка, используемая для сравнения.

Для определения цвета образцов горных пород мы пользовались спектрометром СФ-2М. Процесс измерения производился автоматически, и на одну пробу затрачивалось 3—5 минут, в зависимости от сложности кривой отражательной способности. В результате измерений для каждого образца горной породы получена кривая, показывающая отражательную способность  $\tau$  в пределах видимого спектра 400—750  $\mu\text{m}$ . Такая кривая совершенно объективна, потому что в операции измерения принимает участие не глаз человека, а фотоэлемент, чувствительность которого не хуже чувствительности глаза (Paclt, 1958).

Поскольку на основе полученных кривых невозможно непосредственно определить, каким цветовым тоном  $\lambda$  или какой цветовой чистотой  $\rho$  характеризуется образец породы, то эти показатели приходится вычислять по общепринятой в оптике методике. Автор использовал приведенную в работе М. М. Гуревича (1950) методику. Вычисление по этой методике, при помощи только ручной счетной машинки, требует очень много времени (например, для нахождения коэффициентов  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  одного образца затрачивается примерно 3—4 часа). Но эта трудность устраняется, если пользоваться электронно-счетными машинами (на вычисление коэффициентов при их помощи идет не более 50 секунд).

Для каждого образца породы были получены путем вычисления следующие данные.

1. Трехцветные координаты  $X'$ ,  $Y'$  и  $Z'$ ; из них  $Y'$  характеризует среднюю отражательную способность образца горной породы. Числовые значения  $X'$ ,  $Y'$  и  $Z'$  наглядно показывают, сколько надо взять трех

цветов  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , чтобы получить цвет, идентичный цвету образца породы.

2. Сумма трехцветных координат бралась за 100 и вычислялись соответствующие проценты. Полученные числа носят уже название трехцветных коэффициентов и обозначаются буквами  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ .

3. По трехцветным коэффициентам для каждого образца породы можно найти графическим путем соответствующий цветовой тон, или длину волны  $\lambda$ , и чистоту цвета  $p$ . Это уже совершенно объективные параметры. Вся методика основана на средней чувствительности человеческого глаза; при вычислении был использован стандартный источник света  $B$ , который соответствует рассеянному дневному освещению со световой температурой около  $4800^\circ\text{K}$ . На основе вычисленных параметров попытаемся составить из разноцветных образцов пород шкалу цветов для повседневного сравнительного определения цвета пород.

Все горные породы по цвету можно разделить на две большие группы: а) ахроматические и б) хроматические. К первой группе относятся все серые горные породы — от белых до черных. Составить шкалу из серых пород нетрудно. Их нужно поставить в ряд по среднему коэффициенту отражения  $\bar{\tau}$  или  $Y'$ . В. Оствальд (Ostwald, 1919) и другие авторы отмечают, что глаз человека способен отличать 300—400 серых тонов — от белого до черного, а по С. С. Алексееву (1951) — до 600. Так как точность используемого измерительного прибора около 1%, то практически обоснованное число образцов пород в ахроматической шкале было бы (0—100%) 100.

Гораздо труднее построить шкалу хроматического цвета. Хотя в данное время в распоряжении автора имеется только 35 образцов пород разного цвета, уже ясно, что шкала хроматических горных пород будет громоздкой.

Из данных измерения следует (см. таблицу), что значения  $\bar{\tau}$  изменяются от 15 до 54%, т. е. в пределах 40%. Длины волн, по предварительным данным, изменяются от 573 до 592  $\mu\text{m}$ , т. е. в пределах всего 20  $\mu\text{m}$ . И наконец, для чистоты цвета  $p$ , которую можно найти по графику, получены данные от 0 до 47%. По графику чистоту цвета можно определить в интервале через каждые 5% при помощи соответствующих линий. В худшем случае расстояние между линиями может составлять 1 мм. Таким образом, поскольку измерение чистоты цвета с точностью 1% является довольно легкой задачей, можно оперировать приблизительно с 50 единицами.

Эти пределы были получены по предварительным данным измерения. В ходе дальнейших работ они могут расширяться. Уже сейчас по числовым значениям цветового тона (даже при визуальных наблюдениях) видно, что расширения пределов можно ожидать именно у длины волны  $\lambda$ .

Все испытанные образцы горных пород имеют желтые и красные оттенки. Образцы пород с зелеными и синими оттенками отсутствуют (длина волны меньше 575  $\mu\text{m}$ ).

Из литературных данных известно, что кривые отражательных способностей пород в обнажениях и почв — постепенные от фиолетовой части спектра в направлении к красному, особенно в инфракрасной части спектра. Или, иначе говоря, в природе преобладают желтые и красные тона пород (Кринов, 1947).

Поскольку мы имеем дело с тремя величинами —  $\bar{\tau}$ ,  $\lambda$  и  $p$ , то создаваемая шкала должна быть пространственной. Изготовление такой шкалы и использование ее связаны с определенными трудностями. По мнению автора, единственно возможным решением явилось бы разделе-

ние пространственной шкалы на несколько поверхностных шкал с общим количеством образцов 40 000 ( $40 \times 20 \times 50$ ).

Изготовление такой громадной шкалы образцов пород, вероятно, невозможно, так как практически всех возможных значений  $\bar{t}$ ,  $\lambda$  и  $\rho$  горных пород в природе нет. Также и в техническом отношении использование такой шкалы представляло бы трудности (40 поверхностных шкал размерами  $1,5 \times 0,6$  м). Но конструкция такой большой шкалы была бы очень полезной в том смысле, что каждый образец горной породы после измерения и вычисления параметров нашел бы себе в этой шкале место и конструкция шкалы оставалась бы прежней при внесении в нее новых данных и включении новых образцов пород. Если такая большая шкала образцов пород наряду с данными о цвете содержала бы детальные данные и о химическом составе или, может быть, еще и некоторые

Некоторые результаты определения цвета образцов карбонатных пород верхнего силура Эстонии

№ пп.	№ образца	Трехцветные координаты			Трехцветные коэффициенты			Средний отражательный коэффициент $\bar{t}$ , %	Цветовые тона $\lambda$ , $\mu$	Чистота цвета $\rho$ , %
		X'	Y'	Z'	X	Y	Z			
1	1	48,12	48,04	33,95	37,0	36,9	26,1	48	578	17
2	2	42,68	42,48	30,62	36,9	36,7	26,4	42	581	15
3	3	30,60	30,98	25,40	35,2	35,6	29,2	31	В	0
4	4	26,91	27,08	19,12	36,8	37,0	26,2	27	580	17
5	5	35,96	34,66	22,48	38,6	37,2	24,2	35	585	25
6	6	41,90	41,68	30,11	36,9	36,7	26,4	42	582	10
7	7	23,49	23,83	19,34	35,2	35,7	29,1	24	В	0
8	8	31,19	30,99	22,08	37,0	36,8	26,2	31	581	17
9*	9	19,16	19,47	15,55	35,4	35,9	28,7	19	575	5
10	11	20,52	18,86	8,59	42,8	39,3	17,9	19	585	47
11	13	41,72	43,17	27,88	37,0	38,3	24,7	43	574	25
12	14	17,10	14,85	7,82	43,0	37,4	19,6	15	592	40
13	16	32,31	32,10	24,05	36,5	36,3	27,2	32	583	12
14	17	34,66	35,24	27,33	35,7	36,2	28,1	35	573	10
15	18	35,27	34,40	20,52	39,1	38,1	22,8	34	582	30
16	19	40,37	39,75	24,58	38,6	38,0	23,4	40	581	28
17	20	41,97	42,43	30,46	36,5	36,9	26,5	42	579	15
18	22	48,35	48,50	31,83	37,6	37,7	24,7	48	579	24
19	23	47,02	46,42	27,93	38,7	38,2	23,1	46	580	30
20	24	43,54	42,58	25,39	39,0	38,2	22,8	43	582	30
21	26	48,21	46,77	33,95	37,4	36,3	26,3	47	586	15
22	27	48,93	48,86	35,62	36,7	36,6	26,7	49	581	15
23	28	52,64	53,60	39,65	36,1	36,7	27,2	54	576	13
24	29	51,59	51,86	39,31	36,2	36,3	27,5	52	578	11
25	30	47,17	46,96	33,22	37,0	36,9	26,1	47	580	17
26	31	42,71	42,06	27,54	38,0	37,5	24,5	42	582	24
27	32	82,69	53,11	40,33	36,1	36,3	27,6	53	578	11
28	33	44,94	45,40	34,09	36,1	36,5	27,4	45	576	12
29	34	47,06	47,08	33,91	36,7	36,8	26,5	47	578	16
30	35	36,54	37,36	27,84	35,9	36,7	27,4	37	573	13
31	36	45,94	45,38	32,45	37,1	36,7	26,2	45	582	17
32	37	48,97	48,80	35,51	36,7	36,7	26,6	49	580	13
33	38	50,27	49,88	35,87	36,9	36,7	26,4	50	581	16
34	39	48,00	47,94	34,88	36,7	36,6	26,7	48	581	15
35	40	36,19	36,10	21,83	38,5	38,3	23,2	36	577	34
36	41	31,58	32,02	25,49	35,5	35,9	28,6	32	579	7
37	42	44,64	44,00	27,87	38,3	37,8	23,9	44	582	27
38	43	34,47	34,38	25,28	36,6	36,5	26,9	34	581	14

\* Ахроматические образцы горных пород.

другие (например, о минералогическом составе, о кристаллической структуре и т. д.), она дала бы обязательно какое-то представление о закономерностях взаимоотношений между указанными свойствами. Тогда, может быть, и некоторые пустые места в шкале получили бы убедительное обоснование.

Конечно, можно было бы построить шкалу образцов пород визуально, например 300—400 образцов на одной поверхности, как это делают биологи, в виде атласов цветов (Бондарцев, 1954; Рабкин, 1956). Такая шкала, однако, не удовлетворяет автора, так как при размещении в ней образцов и при наименовании их опять-таки вносится момент субъективности.

Более реально составить упрощенный вариант шкалы. Упрощения можно добиться увеличением объема единиц шкалы. Если вначале значение  $\bar{\tau}$  бралось через 1%, то теперь возьмем за единицу 5%. За единицу цветовой чистоты возьмем также 5% и за единицу длины волн — 2  $\mu$ . Вертикальную ось обозначим, как и раньше, литерой  $\bar{\tau}$ ; горизонтальные оси — литерами  $\rho$  и  $\lambda$ . В таком случае пространственная шкала образцов пород состояла бы по оси  $\bar{\tau}$  из  $40 : 5 = 8$ , по оси  $\rho$  из  $50 : 5 = 10$  и по оси  $\lambda$  из  $20 : 2 = 10$  образцов. Таким образом, в шкале образцов пород, в которой имеются только красные и желтые цветовые тона, было бы  $8 \times 10 \times 10 = 800$  образцов. Иными словами, пространственная эталонная шкала образцов горных пород состояла бы из восьми поверхностных шкал с удельной яркостью (точными значениями  $\Delta\bar{\tau}$ ), предварительные размеры которых —  $30 \times 30$  см, если размеры образцов остаются прежними —  $3 \times 3 \times 1$  см.

По мнению автора, такая шкала должна прежде всего облегчить практикам определение цвета пород и сравнение эталонных образцов шкалы. Для каждого эталонного образца в шкале или в приложенном

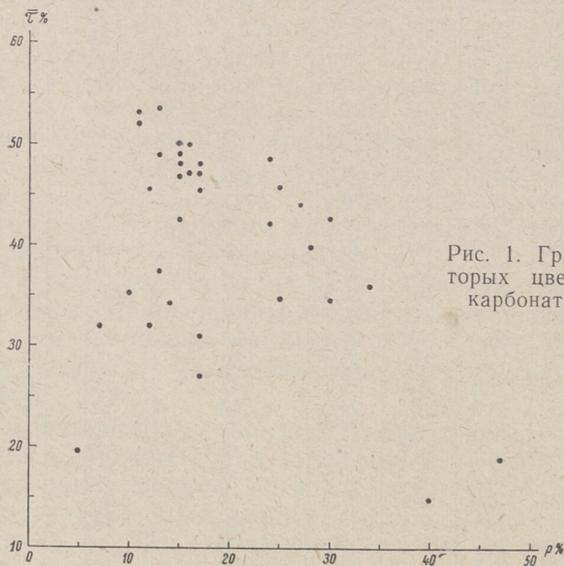


Рис. 1. Графическое изображение некоторых цветовых параметров образцов карбонатных пород в координатах  $\bar{\tau}\%$  и  $\rho\%$ .

индексе даны соответствующие цветовые параметры  $\lambda$ ,  $\rho$  и  $\bar{\tau}$ . Кроме этих параметров, можно привести еще трехцветные координаты  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  и трехцветные коэффициенты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Цветовые параметры измеренных нами образцов горных пород приведены в таблице. Данные этой таблицы ( $\bar{\tau}$ ,  $\lambda$  и  $\rho$ ) можно представить

в виде трех графиков (рис. 1, 2 и 3). Из графиков исключены образцы пород с цветовой чистотой 5% и менее, которые можно практически считать ахроматическими. На рис. 1 и 2, на которых нанесены значения

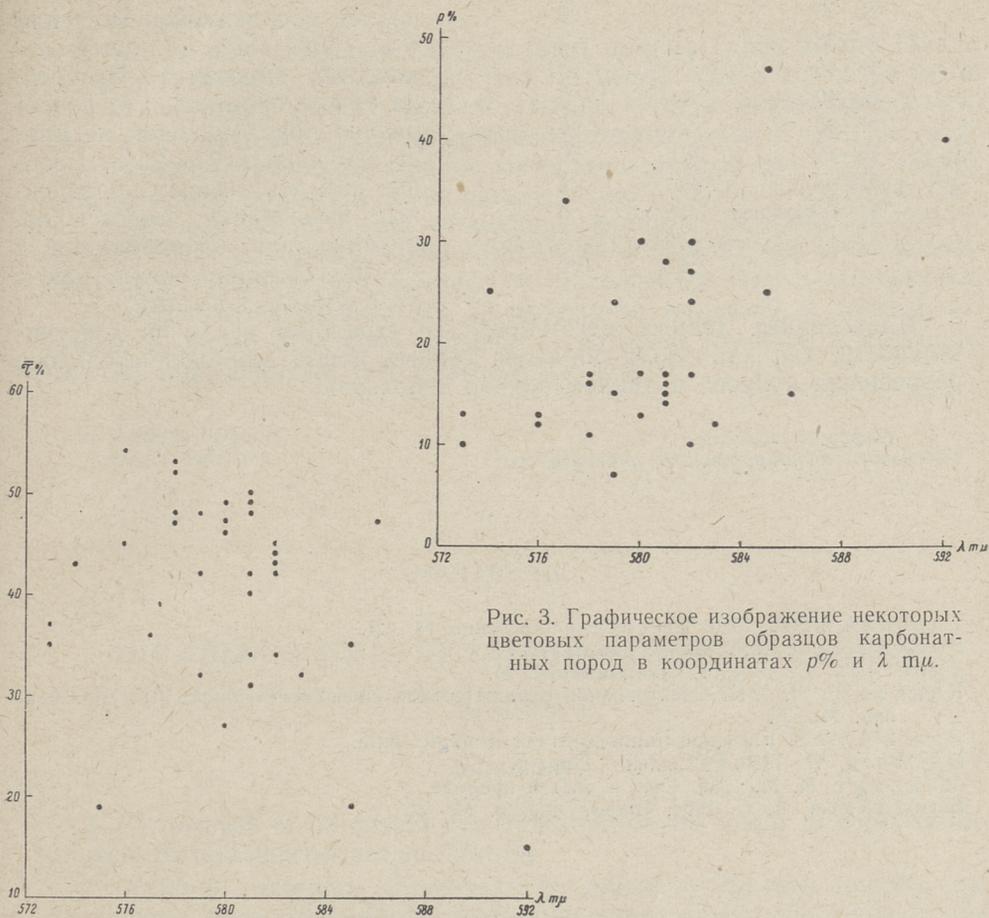


Рис. 3. Графическое изображение некоторых цветовых параметров образцов карбонатных пород в координатах  $\rho\%$  и  $\lambda \text{ m}\mu$ .

Рис. 2. Графическое изображение некоторых цветовых параметров образцов карбонатных пород в координатах  $\bar{\tau}\%$  и  $\lambda \text{ m}\mu$ .

$\bar{\tau}$ ,  $\lambda$  и  $\rho$  35 образцов горных пород, видна некоторая группировка по яркости  $Y'$  или  $\bar{\tau}$ . Так как все образцы пород имеют значение  $\bar{\tau}$  выше 10%, то за нижний предел можно взять 10% и вообще разделить эти образцы на три группы, через каждые 20%. Таким образом, мы получим:

при значении $\bar{\tau}$ 10—30%	только 3 образца, или 8,5%
„ „ $\bar{\tau}$ 31—50%	„ 29 образцов, или 83,0
„ „ $\bar{\tau}$ 51—70%	„ 3 образца, или 8,5

Итак, доминирующее большинство образцов горных пород подпадает под диапазон значений  $\bar{\tau}$  31—50%. Разделяя образцы по значениям  $\bar{\tau}$  в группу через каждые 5%, как и было указано выше, получим следующую картину:

$\bar{\tau}$ %	Количество образцов	%
10—15	1	3
16—20	1	3
21—25	0	0
26—30	1	3
31—35	7	20
36—40	3	8
41—45	9	26
46—50	10	29
51—55	3	8
56 и больше	0	0
	35	100

Из приведенных чисел, а также из графиков видно, что преобладающее количество изученных образцов пород подпадает под диапазон значений  $\bar{\tau}$  41—50% (55% от общего количества образцов). Интересно также отметить, что из образцов пород ни один не имеет значения  $\bar{\tau}$  21—25%. Вообще, как показывают приведенные вычисления, имеется основание для оперирования с 8—10  $\Delta\bar{\tau}$  диапазонами, как с отдельными шкалами.

Приведенные данные, несомненно, не отражают реальной действительности, так как число образцов горных пород для окончательного разрешения вопроса в данном случае небольшое.

*Кафедра геологии  
Тартуского государственного университета*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гуревич М. М. 1950. Цвет и его измерение. М.—Л.  
 Рабкин Е. Б. 1956. Атлас цветов. М.  
 Алексеев С. С. 1951. Цветоведение. М.  
 Кринов Е. Л. 1947. Спектральная отражательная способность природных образований. М.—Л.  
 Paclt, I. 1958. Farbenbestimmung in der Biologie. Jena.  
 Ostwald, W. 1919. Farbenlehre. Leipzig.  
 Миннарт М. М. 1959. Свет и цвет в природе.  
 Бондарцев А. С. 1954. Шкала цветов. М.—Л.

## KARBONAATSETE SETTEKIVIMITE VÄRVUSTE SKAALAST

### K. UTSAL

#### Resümee

Kivimi värvuse määramisel silma järgi on puuduseks subjektiivsus ja olenevus valgustusest.

Selleks et määrata kivimiproovi värvust objektiivselt, on kõik proovid lihvitud eelnevalt ühesugusteks risttahukateks, millede mõõtmed on ca  $3 \times 3 \times 1$  cm. Risttahukate värvusparameetrite määramisel on kasutatud spektrofotomeetrit СФ-2М. Mõõtmise tulemusena saadakse iga kivimiproovi kohta kõver, mis näitab selle kivimiproovi peegeldusvõimet ( $\bar{\tau}$ ) nähtava spektri piirkonnas 400—750  $m\mu$ . Selline peegeldusvõime kõver on täiesti objektiivne, kuna mõõtmist ei teosta mitte inimese silm, vaid fotorakk. Saadud peegeldusvõime kõveralt ei saa otseselt lugeda, mis-suguse värvitooniga ( $\lambda$ ) või missuguse värvusepuhtusega ( $p$ ) on kivimiproov, vaid need tuleb välja arvutada optikas üldiselt kasutatava metoodika järgi.

Iga proovi jaoks on arvutuste teel saadud järgmised andmed: 1) kolmevärvü koordinaadid  $X'$ ,  $Y'$ , ja  $Z'$  ( $Y' = \bar{\tau}$ ), 2) kolmevärvü koefitsiendid  $X$ ,  $Y$  ja  $Z$ , 3)  $X$ ,  $Y$  ja  $Z$  järgi võib kivimiproovile leida graafiliselt vastava värvitooni ehk lainepikkuse  $\lambda$  ja värvusepuhtuse  $p$ . Need on juba täiesti objektiivsed parameetrid.

Kõik kivimid võib nende värvuse järgi jaotada kahte suurde rühma: a) akromaatilised ja b) kromaatilised. Esimesse rühma kuuluvad hallid kivimid värvusega valgest mustani. Hallide kivimite skaala koostamisel tuleb need reastada keskmise peegelduskoeffitsiendi  $\bar{\tau}$  ehk  $Y'$  suuruse järgi. Kromaatilise skaala moodustamine kivimiproovidest on aga palju raskem, kuna siin tuleb opereerida kolme parameetriga:  $\bar{\tau}$  ( $Y'$ )%,  $\lambda$  (m $\mu$ ) ja  $p$  (%). Järelikult peab skaala olema kolmedimensiooniline. Et ruumilist skaalat on raske kasutada, tuleb see teha mitmeks (9—10) pindliseks (kahe koordinaatteljega) skaalaks, grupeerides  $\bar{\tau}$  % väärtused 5% järel 9—10 tahvliks.

Esialgsetest mõõtmistest (ca 50 proovi) on selgunud, et värvusparameetrid kõiguvad järgmistes piirides:  $\bar{\tau}$  väärtused 15—54%,  $\lambda$  väärtused 573—592 m $\mu$  (punased) ja  $p$  väärtused 0—47%.

*Tartu Riikliku Ülikooli  
geoloogia kateeder*

## THE COLOUR SCALE OF ESTONIAN CARBONATE ROCKS

K. UTSAL

### Summary

The drawback of the visual determination of the colour of rocks is the subjectivity and dependence on lighting.

In order to determine objectively the colour of the rock samples, all the samples were cut to equal rectangular shape of  $3 \times 3 \times 1$  cm. At the determination of colour parameters, the spectrometer C $\Phi$ -2 M was used. As a result of measurements, a curve for each sample is obtained, which shows the reflection ability ( $\tau$ ) of the visible spectre in the range of 400—750 m $\mu$ . This curve of reflection ability is absolutely objective, as the measuring is not effected by human eye, but by photo cell. It is not possible to read from the curve which shade of colour ( $\lambda$ ) or degree of purity of colour ( $p$ ) the sample possesses, but they have to be computed by methods generally used in optics.

For each sample the following data have been computed: 1) three-colour coordinates  $X'$ ,  $Y'$  and  $Z'$  ( $Y' = \bar{\tau}$ ), 2) three-colour coefficients  $X$ ,  $Y$  and  $Z$ , 3) with the help of  $X$ ,  $Y$  and  $Z$  the corresponding shade of colour or wave length ( $\lambda$ ) and degree of purity of colour ( $p$ ) can be found graphically. These parameters are absolutely objective.

All the rocks can be divided according to their colour into two large groups: a) achromatic and b) chromatic ones. The first group comprises grey rocks, from white to black. Composing the scale of the grey rocks, they have to be filled up according to the mean value of the reflectory coefficient  $\bar{\tau}$  or  $Y'$ .

The composing of the chromatic scale of rocks is much more complicated, for here we have to operate with three parameters  $\bar{\tau}$  ( $Y'$ ) (%),  $\lambda$  ( $m\mu$ ) and  $p$  (%). In consequence, the scale must be three-dimensional. As it is difficult to use a three-dimensional scale, it has to be changed into several (9—10) surface scales (with two coordinate axes), grouping the  $\bar{\tau}\%$  values, at intervals of 5%, into 9—10 tables.

Preliminary measurements of about 50 samples have shown that the colour parameters fluctuate within the following limits:  $\bar{\tau}$  values 15—54%,  $\lambda$  values 573—592  $m\mu$  (red) and  $p$  values 0—47%.

*State University of Tartu,  
Chair of Geology*