

ПЕТРОГРАФИЯ

З. О. ЧИБУХЧЯН, Р. А. ХОРЕНЯН

О СОСТАВЕ И ДИСПЕРСИИ ДВУПРЕЛОМЛЕНИЯ КАЛИЕВЫХ
ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ И МОНОКЛИННЫХ ПИРОКСЕНОВ

Метод сравнительной дисперсии двупреломления, разработанный Е. А. Кузнецовым [1], открыл принципиально новые возможности в деле определения химического состава анизотропных минералов оптическим путем непосредственно в шлифах горных пород. Здесь мы не останавливаемся на сущности методики, ее возможностях, поскольку они довольно детально описаны в литературе по этому вопросу [1—14].

В связи с этим представляется необходимым лишний раз подчеркнуть высокую точность и эффективность метода и вместе с тем его широкие возможности и перспективы, о чем свидетельствуют работы по исследованию структур минералов [7, 8] и определению абсолютного возраста [11, 13, 14]. Сам метод прост и не требует сложного оборудования.

В настоящей статье приводятся результаты исследований по применению этой методики и разработке диаграмм связи «состав-дисперсия двупреломления» применительно к калиевым полевым шпатам и моноклиновым пироксенам.

Исследования по выяснению связи состава и дисперсии двупреломления калиевых полевых шпатов проводились З. О. Чибухчяном, а по моноклиновым пироксенам—З. О. Чибухчяном совместно с Р. А. Хоренян.

При работе применялся поляризационный микроскоп МИН-4, кальцитовый поворотный компенсатор (КПК) № 0627, федоровский столик и интерференционные светофильтры со следующими длинами волн:

$\lambda = 395 \text{ м}\mu$	$\lambda = 460 \text{ м}\mu$	$\lambda = 611 \text{ м}\mu$
$\lambda = 420 \text{ м}\mu$	$\lambda = 472 \text{ м}\mu$	$\lambda = 626 \text{ м}\mu$
$\lambda = 426 \text{ м}\mu$	$\lambda = 486 \text{ м}\mu$	$\lambda = 638 \text{ м}\mu$
$\lambda = 450 \text{ м}\mu$	$\lambda = 525 \text{ м}\mu$	$\lambda = 650 \text{ м}\mu$
$\lambda = 455 \text{ м}\mu$	$\lambda = 591 \text{ м}\mu$	$\lambda = 681 \text{ м}\mu$
$\lambda = 457 \text{ м}\mu$	$\lambda = 595 \text{ м}\mu$	$\lambda = 718 \text{ м}\mu$

Светофильтр с длиной волны $718 \text{ м}\mu$ применялся как стандартный.

Калиевые полевые шпаты. Выбор калиевых полевых шпатов в качестве объекта исследований предопределился по следующим причинам:

1. Калиевые или, вернее, калинатровые полевые шпаты являются именно той группой минералов, для которой связь между обычными кристаллооптическими константами и химическим составом не всегда удается установить.

2. Оптическая характеристика К—Na — полевых шпатов является функцией не только состава, но и условий кристаллизации. Совершенно очевидно, что, определив химический состав, можно близко подойти к выяснению условий кристаллизации и структурных особенностей минерала.

3. В-третьих, помимо весьма приближенного выявления К/Na—соотношения, обычным оптическим путем совершенно невозможно определять содержания второстепенных компонентов, которые очень важны для характеристики калиевых полевых шпатов.

По оптическим данным исследованные калиевые полевые шпаты характеризуются анокластичностью. Поскольку калиевые полевые шпаты в определенной степени пертитизированы, материал, переданный на химический анализ, тщательно отбирался под бинокулярной лупой с целью исключения из проб пертитизированных участков. Поэтому с большей уверенностью можно говорить о содержании СаО в составе калина-тровой твердой фазы.

В качестве эталонных были использованы 5 анализов калиевых полевых шпатов и для контроля еще 4 анализа на K_2O , которые сведены в табл. 1.

Таблица 1

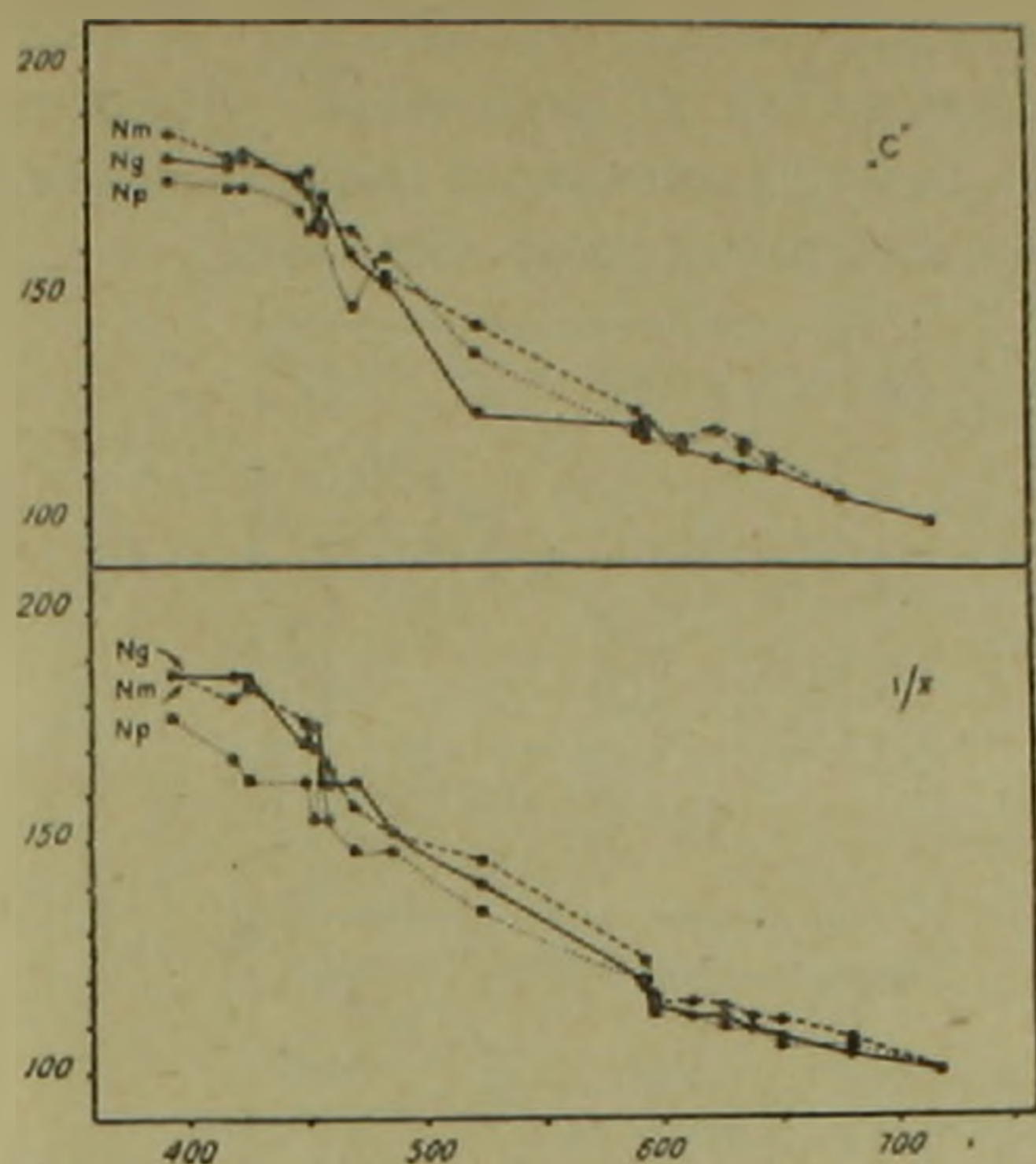
№ п.п.	№ обр.	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	BaO	п.п.	Сумма
1	501	64,88	нет	20,65	нет	нет	сл.	0,60	1,94	11,02	0,66	0,20	99,95
2	1/X	64,28	нет	20,60	нет	нет	0,25	0,42	2,40	11,84	0,44	0,20	100,43
3	С	63,36	нет	20,90	нет	нет	0,25	0,50	2,22	11,82	1,04	0,32	100,41
4	497	64,60	0,04	20,17	0,29	0,10	сл.	0,99	3,56	9,26	0,26	0,40	99,51
5	212	62,87	0,05	20,67	0,50	сл.	0,21	0,72	2,65	11,82	0,32	0,26	100,20
6	2874									12,64			
7	59									10,48			
8	10									11,58			
9	1416									13,12			

Места взятия образцов: № 501—Анкаванский гранитоидный массив (Памбакский хр.); № 2874—Гамзачиманский массив порфировидных сие-нит-гранитов (Памбакский хребет); «С»—санидиновые трахиты (р-н с. Элпин, Варденисский хребет); №№ 1/X, 497, 212, 59, 10, 1416—Мегрин-ский плутон.

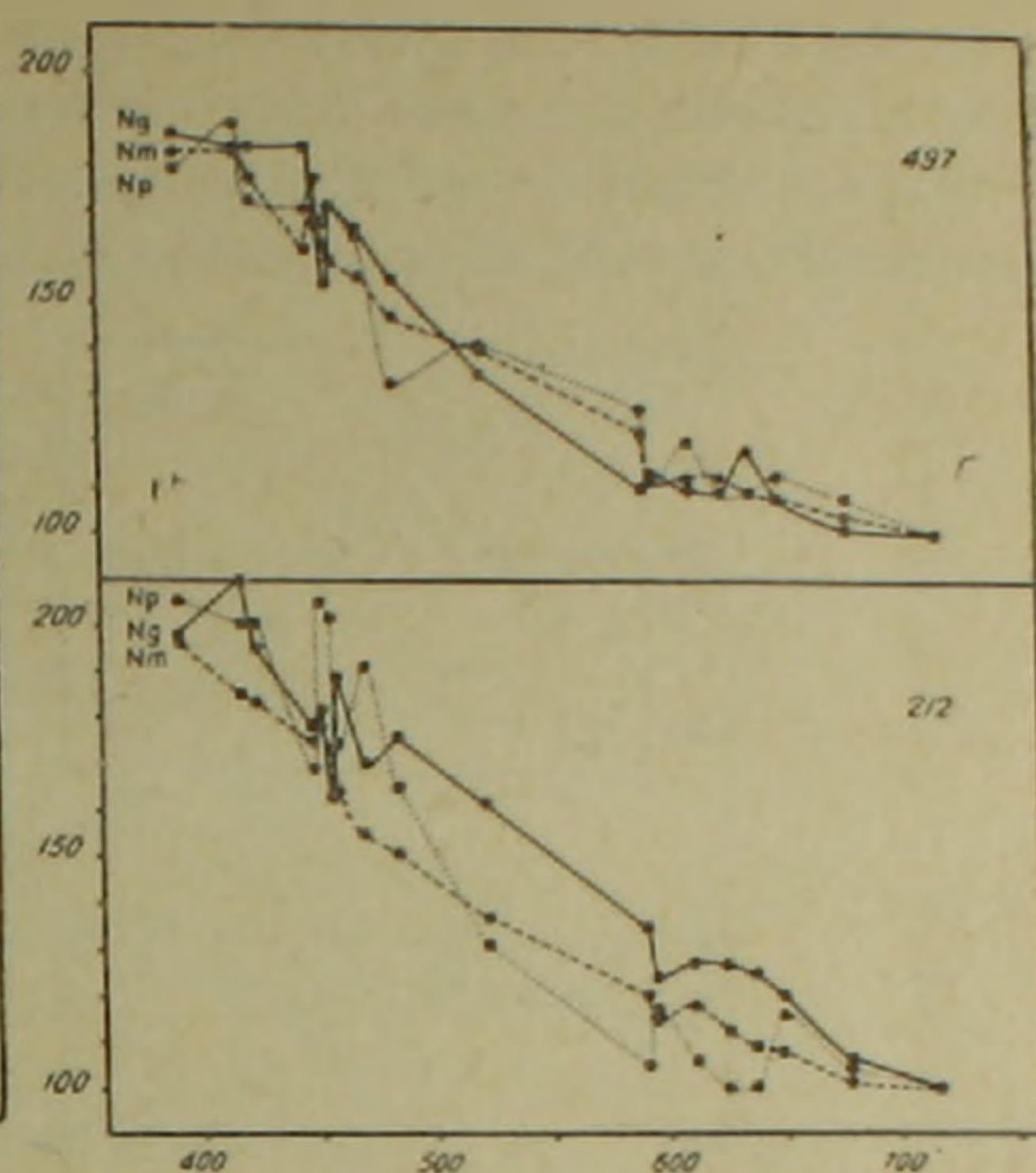
Для характеристики вариаций коэффициента дисперсии исследованных образцов калиевых полевых шпатов на фиг. 1 и 2 приведены кривые дисперсии в разных длинах волн от 395 $m\mu$ до 718 $m\mu$.

Для составления диаграмм связи «состав-дисперсия двупреломле-ния» сопоставлялись кривые содержания отдельных окислов эталонных анализов и кривые дисперсии по всем светофильтрам.

Оказалось, что в сечении $\perp Ng$ определяются два окисла (Al_2O_3 и CaO), а в сечении $\perp Nm$ —остальные шесть компонентов (SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O и BaO).



Фиг. 1. Кривые дисперсии для калиевых полевых шпатов образцов „С“ и 1/X.



Фиг. 2. Кривые дисперсии для калиевых полевых шпатов образцов 497 и 212.

В табл. 2 приводятся сведения по подбору сечения и светофильтра для определения того или иного окисла.

Таблица 2

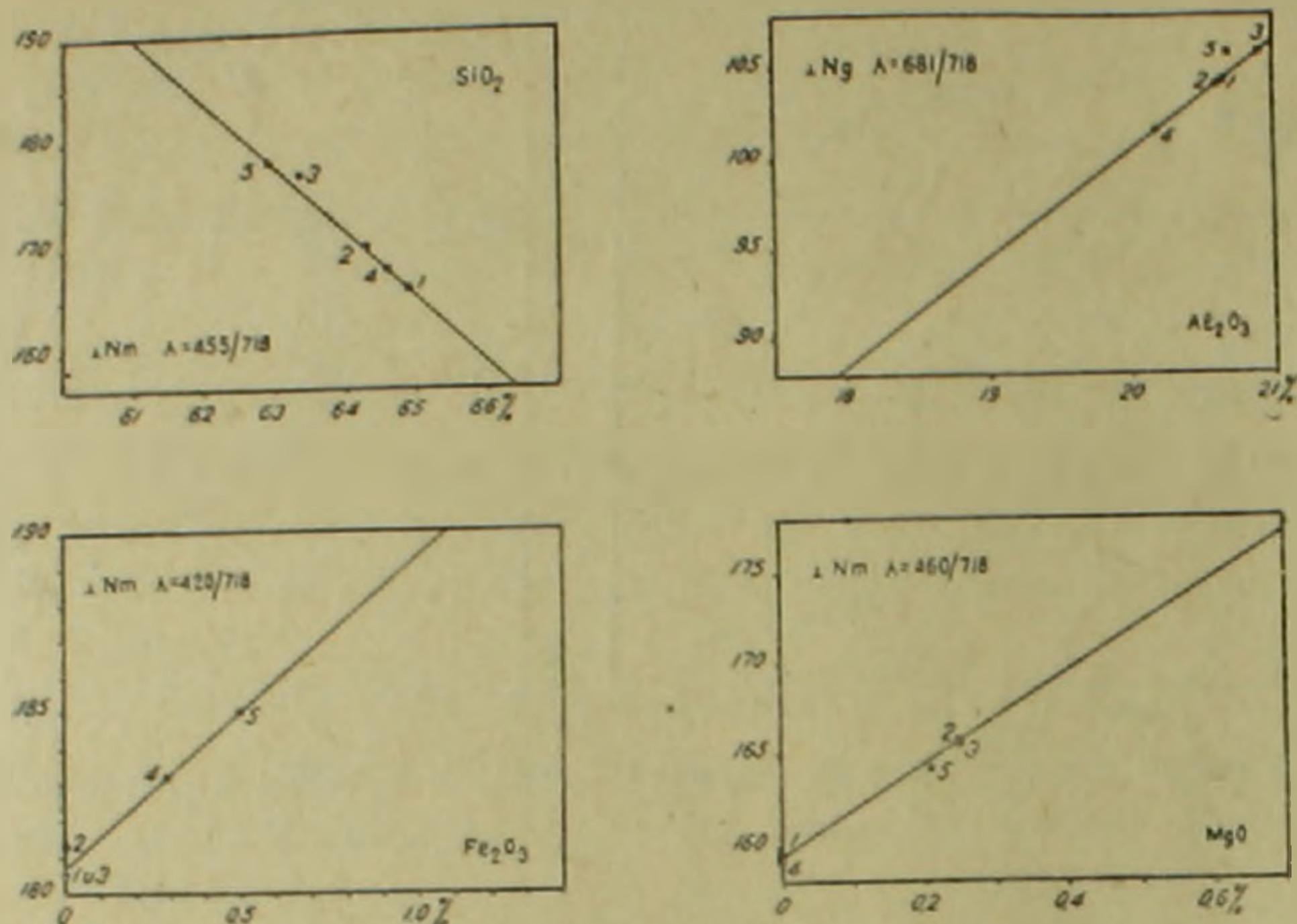
Сечение	Длина волны светофильтра	Компонент
⊥ Ng {	$\lambda = 450 \text{ м}\mu$	CaO
	$\lambda = 681 \text{ м}\mu$	Al ₂ O ₃
⊥ Nm {	$\lambda = 420 \text{ м}\mu$	Fe ₂ O ₃
	$\lambda = 450 \text{ м}\mu$	K ₂ O
	$\lambda = 455 \text{ м}\mu$	SiO ₂
	$\lambda = 460 \text{ м}\mu$	MgO
	$\lambda = 486 \text{ м}\mu$	Na ₂ O
	$\lambda = 626 \text{ м}\mu$	BaO

Примечание. Как стандартный использовался светофильтр с $\lambda = 718 \text{ м}\mu$.

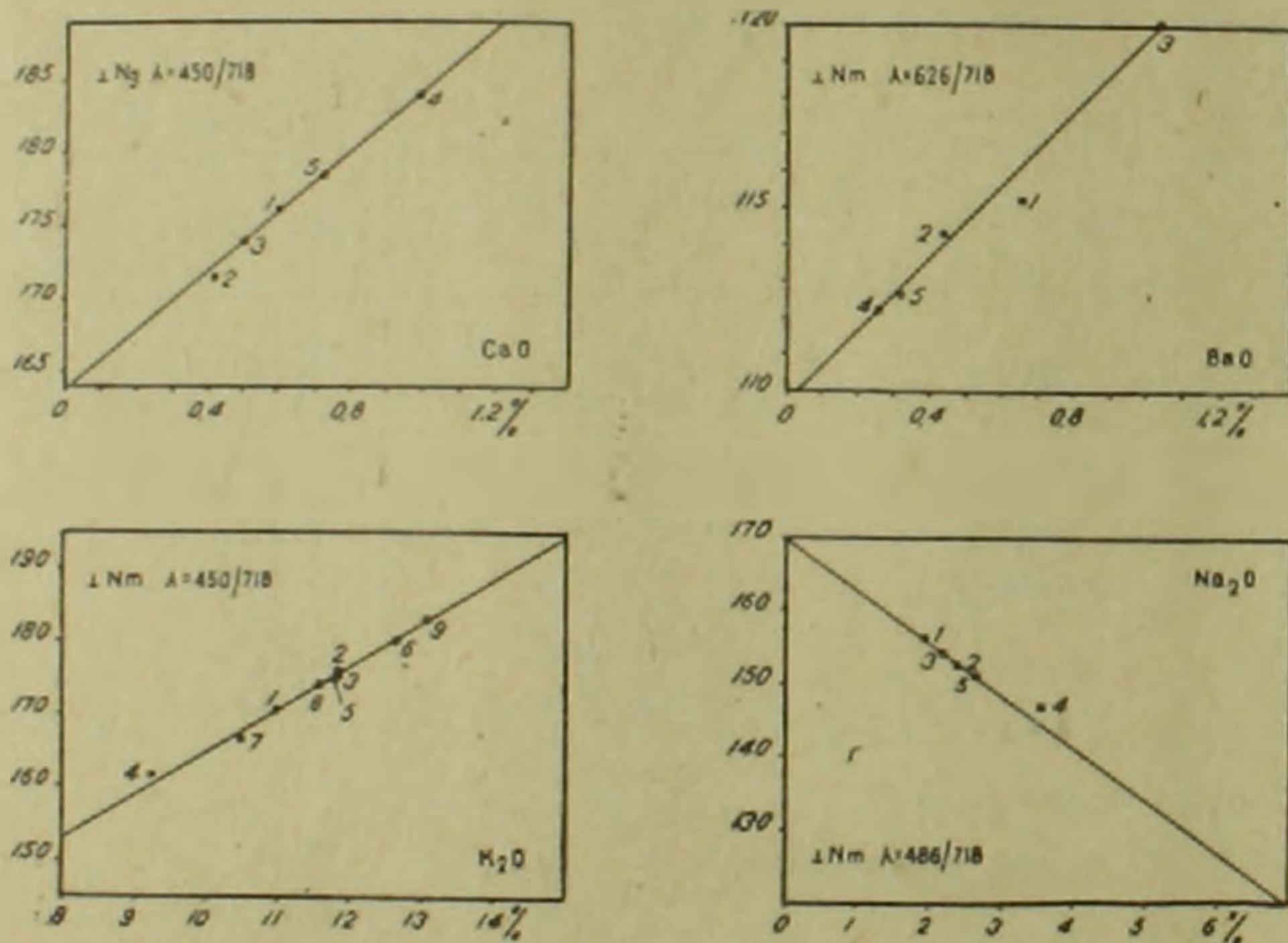
На фиг. 3 и 4 приведены диаграммы, характеризующие связь химических составов калиевых полевых шпатов с их дисперсией двупреломления для каждого окисла в отдельности. По оси абсцисс отложены содержания окислов в процентах, а по оси ординат — коэффициенты дисперсии.

По всем окислам получилась очень хорошая сходимость. Небольшие отклонения от прямой зависимости несущественны: так для SiO₂ анализ 3 отошел на 0,20%, для Al₂O₃ анализ 5 на 0,22%, для Fe₂O₃ анализ 2 на 0,07%, для BaO анализ 1 на 0,10%. Это наиболее значительные отклонения для окислов, но при внимательном ознакомлении с данными видим, что они подтверждают высокую точность определения химическо-

го состава методом сравнительной дисперсии двупреломления. К этому необходимо добавить исключительную быстроту получения результатов, а с другой стороны возможность непосредственно в шлифах связать оптические особенности минералов с их химическим составом.



Фиг. 3. Диаграммы для определения SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и MgO .

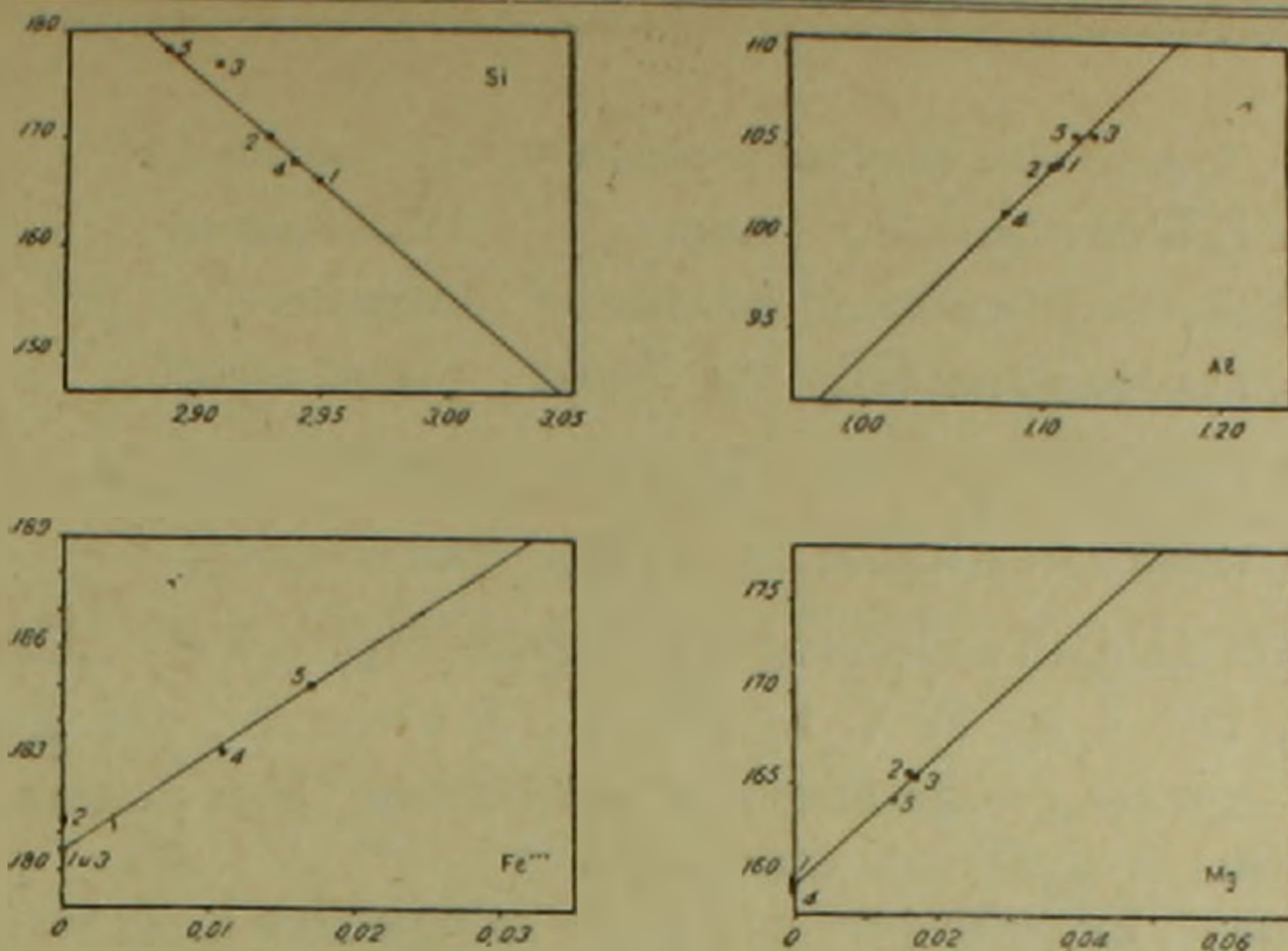


Фиг. 4. Диаграммы для определения CaO , BaO , K_2O и Na_2O .

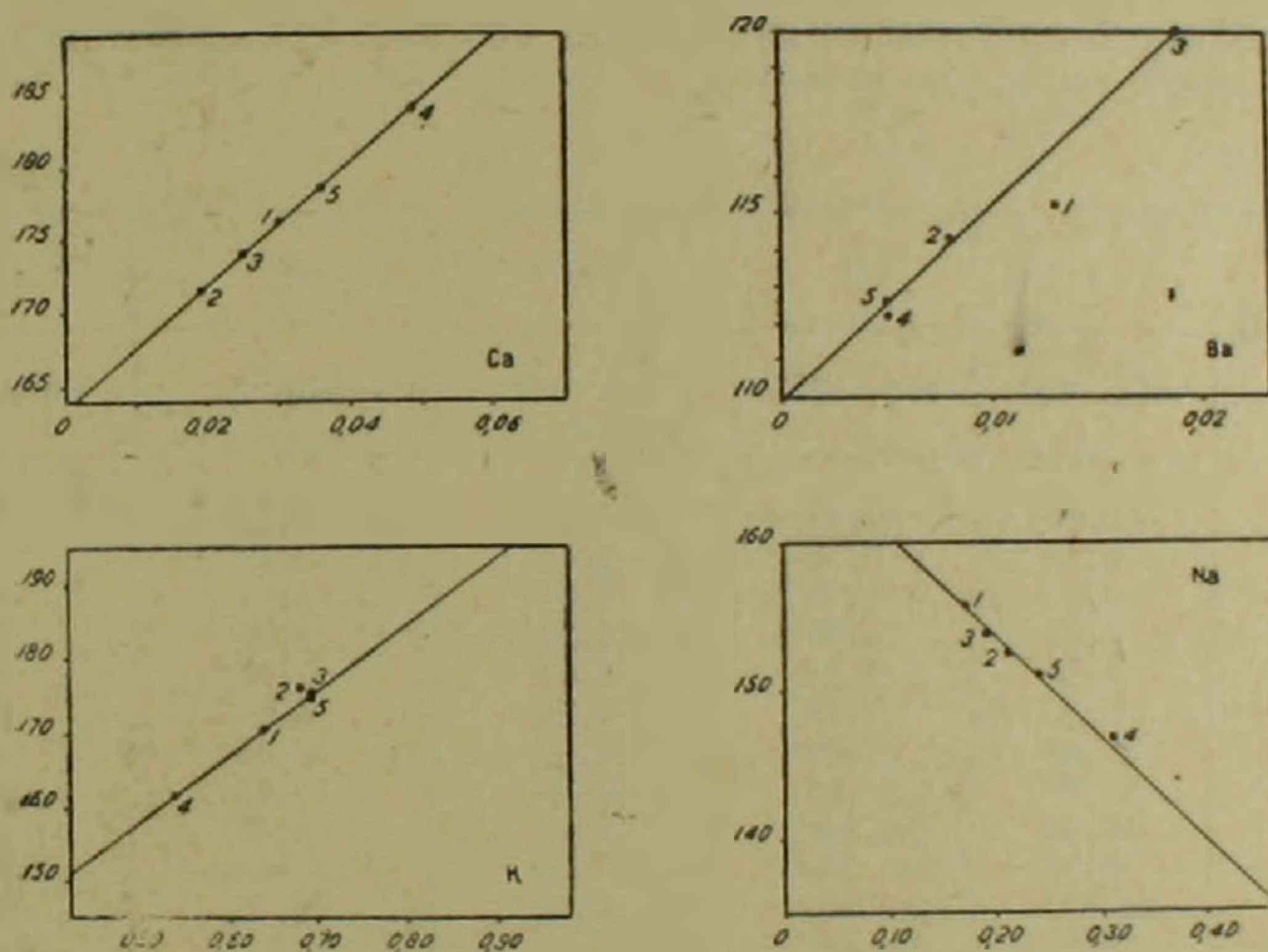
На основании химических составов эталонных образцов пересчитаны структурные формулы калиевых полевых шпатов и составлены диаграммы (фиг. 5 и 6) для определения количеств, соответствующих структурным формулам.

В табл. 3 приведены данные по пересчету значений химических составов эталонных образцов (табл. 1) в структурные единицы, а в таблице 4 — структурные формулы тех же калиевых полевых шпатов.

Моноклинные пироксены. Моноклинные пироксены, как известно представляют собою сложные системы, в кристаллических структу-



Фиг. 5. Диаграммы для определения Si, Al, Fe³⁺ и Mg в единицах структурной формулы.



Фиг. 6. Диаграммы для определения Ca, Ba, K и Na в единицах структурной формулы.

Таблица 3

	1	2	3	4	5
	обр. 501	обр. 1/X	обр. „С“	обр. 497	обр. 212
Si	2,95	2,93	2,91	2,94	2,89
Al	1,11	1,10 (1,105)	1,13	1,08	1,12
Fe ³⁺	—	—	—	0,01 (0,011)	0,02 (0,017)
Mg	—	0,02 (0,016)	0,02 (0,017)	—	0,01 (0,014)
Ca	0,03	0,02 (0,019)	0,02 (0,025)	0,05 (0,049)	0,04 (0,036)
K	0,64	0,68	0,69	0,54	0,69
Na	0,17	0,21	0,19	0,31	0,24
Ba	0,01 (0,013)	0,01 (0,008)	0,02 (0,019)	0,01 (0,005)	0,01 (0,005)

Примечание. В скобках приводятся значения с точностью до третьего знака после запятой.

Таблица 4

Структурные формулы калиевых полевых шпатов 1—5

1. $K_{0,64}Na_{0,17}Ca_{0,03}Ba_{0,01}$	$Al_{0,06}$	$[Al_{1,05}Si_{2,95}O_6]$
2. $K_{0,68}Na_{0,21}Ca_{0,02}Ba_{0,01}$	$Al_{0,03}Mg_{0,02}$	$[Al_{1,07}Si_{2,93}O_6]$
3. $K_{0,69}Na_{0,19}Ca_{0,02}Ba_{0,02}$	$Al_{0,04}Mg_{0,02}$	$[Al_{1,09}Si_{2,91}O_6]$
4. $K_{0,54}Na_{0,31}Ca_{0,05}Ba_{0,01}$	$Al_{0,02}Fe_{0,01}^{1+}$	$[Al_{0,06}Si_{2,94}O_6]$
5. $K_{0,69}Na_{0,24}Ca_{0,04}Ba_{0,01}$	$Al_{0,01}Fe_{0,02}^{3+}$	$[Al_{1,11}Si_{2,89}O_6]$

рах которых взаимно замещают друг друга Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Na^{1+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} и др. Е. А. Кузнецов [10] отмечает, что „сложность их состава заранее ставит вопрос о возможном ряде диаграмм для разных членов этой группы минералов“.

По своему химическому составу и оптическим свойствам (cNg от 41 до 45° , $2V$ от 54 до 60°) пироксены, используемые в качестве эталонных, относятся к диопсидовой серии и титан-авгитам.

В таблице 5 приводятся химические составы исследованных пироксенов.

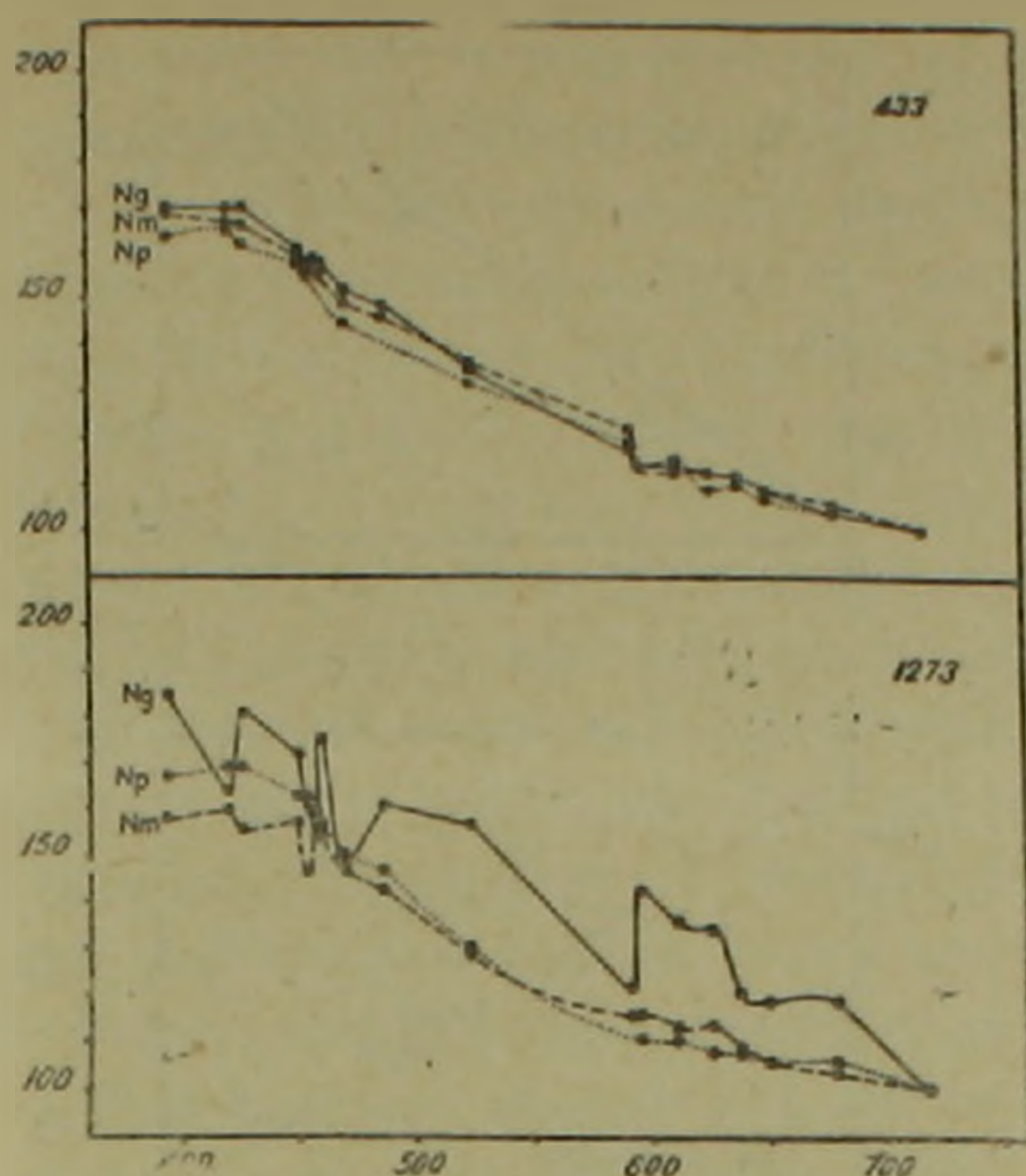
Таблица 5

Компоненты	1	2	3	4	5
	обр. 433	обр. 1273	обр. 367	обр. 1	обр. „О“
SiO_2	52,48	47,32	45,21	47,13	48,60
TiO_2	0,23	0,58	2,84	3,23	1,09
Al_2O_3	0,62	1,98	5,64	4,41	4,71
Fe_2O_3	1,19	5,95	6,24	4,44	5,00
FeO	5,18	4,94	8,65	9,45	4,10
MnO	0,26	0,19	0,20	нет	0,17
MgO	15,60	17,90	12,50	13,63	14,20
CaO	23,80	21,05	17,20	16,48	21,20
Na_2O	0,12	не обн.	0,42	0,48	0,50
K_2O	0,53	не обн.	не обн.	не обн.	
H_2O	не обн.	не обн.	0,86	0,75	0,47
P_2O_5	0,06	не обн.	—	—	—
Cr_2O_3	—	0,002	—	—	—
п.п.п.	нет	0,90	—	—	0,45
Сумма	100,07	100,81	99,76	100,00	100,50

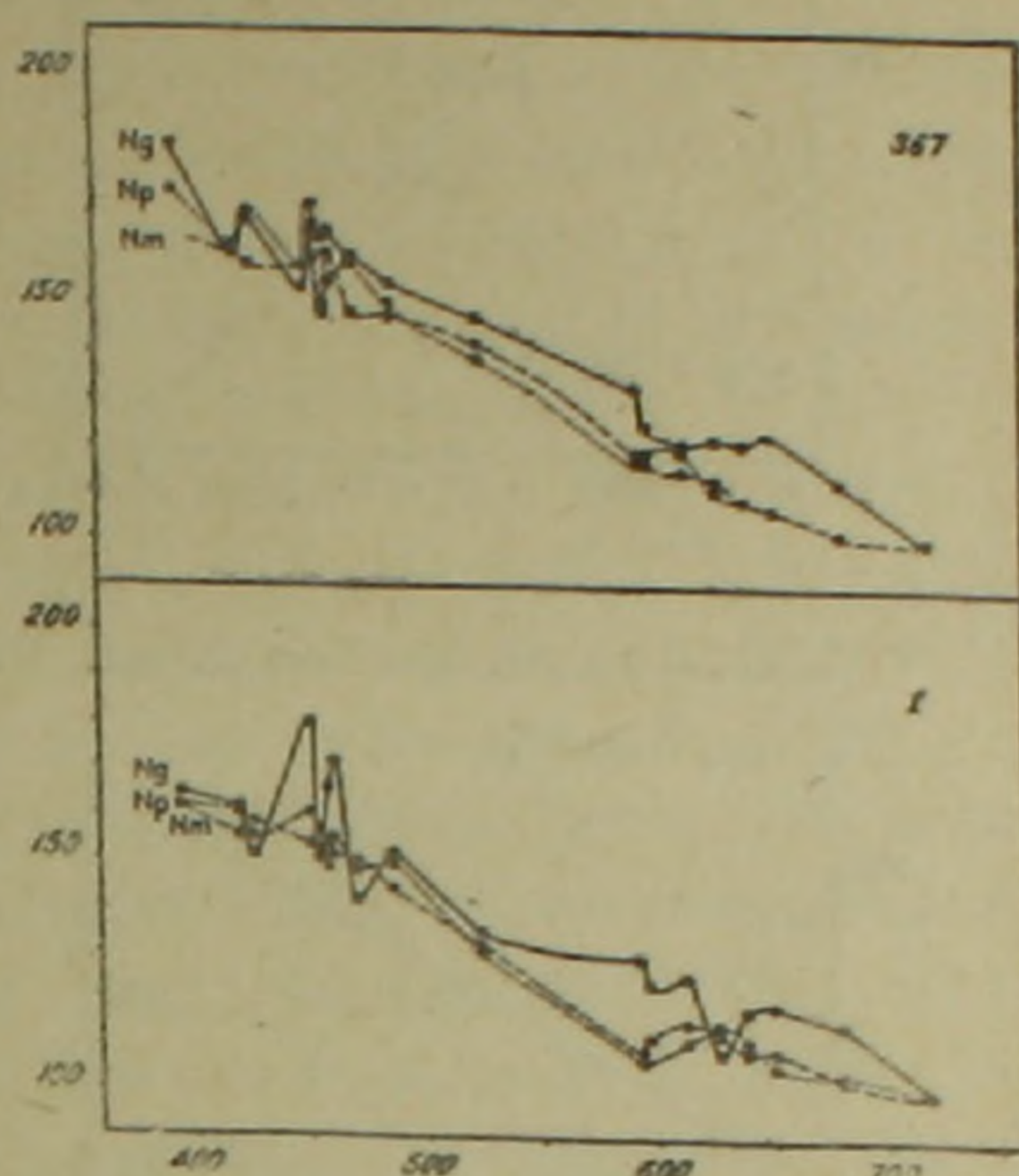
Места взятия образцов: № 433 — габбро-пегматит из Атарбежского интрузива, № 1273 — габбро-пегматит из Ведийского района к СЗ от с. Азизкенд, №№ 367 и 1 — из Мегринского плутона.

Для характеристики вариаций дисперсии эталонных образцов на фиг. 7 и 8 даются кривые дисперсии моноклинных пироксенов диопсид-геденбергитового ряда в длинах волн от $395\text{ м}\mu$ до $718\text{ м}\mu$.

Исследования показали, что в сечении $\perp Ng$ определяются четыре окисла (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O), в сечении $\perp Nm$ — три окисла (CaO , K_2O и TiO_2), а в сечении $\perp Nr$ — остальные три компонента (FeO , MgO и MnO).



Фиг. 7. Кривые дисперсии для моноклинных пироксенов образцов 433 и 1273.



Фиг. 8. Кривые дисперсии для моноклинных пироксенов образцов 367 и 1.

В табл. 6 приведены данные по подбору сечения и светофильтра для определения того или иного окисла.

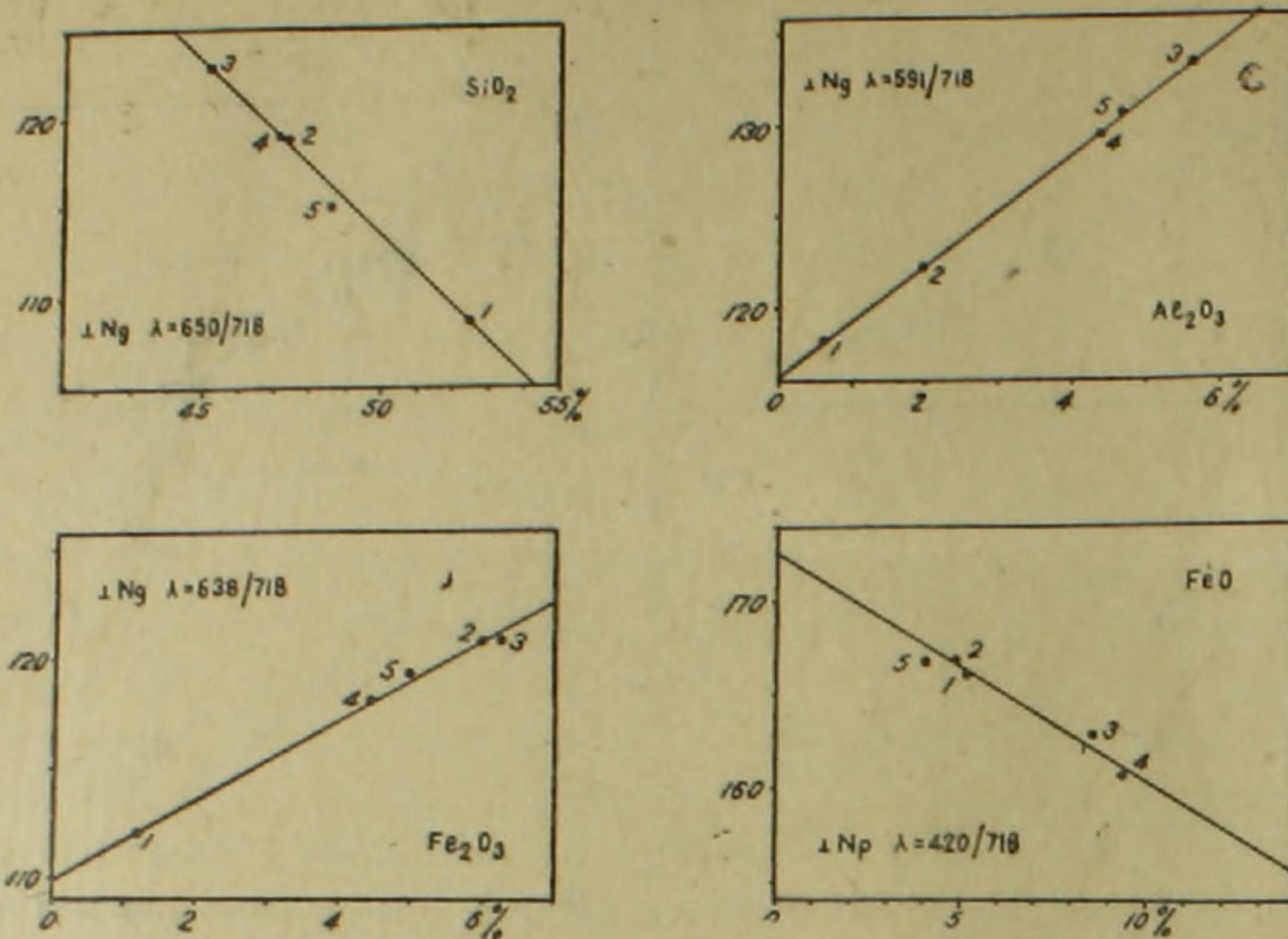
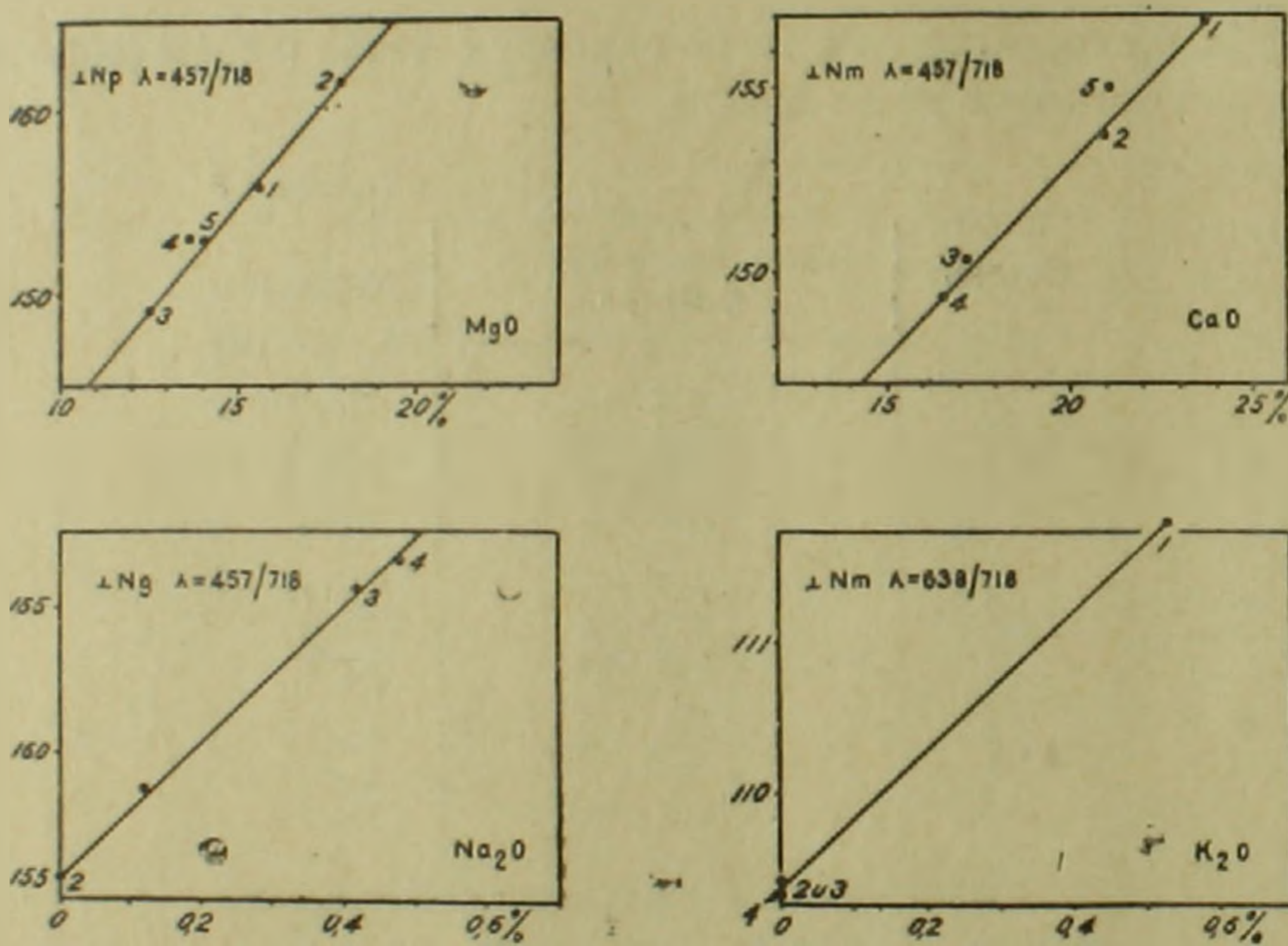
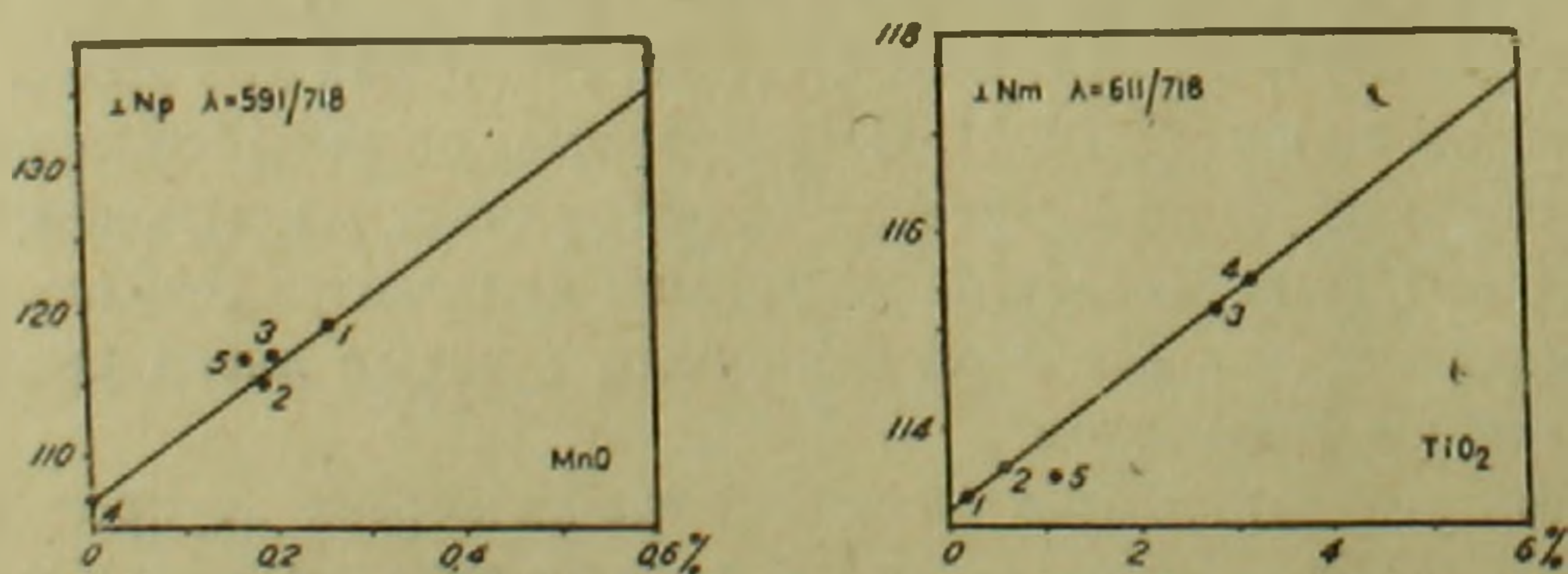
Таблица 6

Сечение	Длина волны светофильтра	Компоненты
$\perp Ng$ {	$\lambda = 457 \text{ м}\mu$ $\lambda = 591 \text{ м}\mu$ $\lambda = 638 \text{ м}\mu$ $\lambda = 650 \text{ м}\mu$	Na_2O Al_2O_3 Fe_2O_3 SiO_2
$\perp Nm$ {	$\lambda = 457 \text{ м}\mu$ $\lambda = 611 \text{ м}\mu$ $\lambda = 638 \text{ м}\mu$	CaO TiO_2 K_2O
$\perp Np$ {	$\lambda = 420 \text{ м}\mu$ $\lambda = 457 \text{ м}\mu$ $\lambda = 591 \text{ м}\mu$	FeO MgO MnO

Примечание. Как стандартный использовался светофильтр с $\lambda = 718 \text{ м}\mu$.

Диаграммы, характеризующие связь химических составов исследованных пироксенов с их дисперсией двупреломления для каждого окисла, приведены на фиг. 9, 10, 11. На диаграммах по оси абсцисс отложены содержания окислов в процентах, а по оси ординат — коэффициенты дисперсии. Кроме того, на каждой диаграмме приводится сечение, на котором определялся тот или иной компонент, а также длина реагируемой волны со своим стандартом.

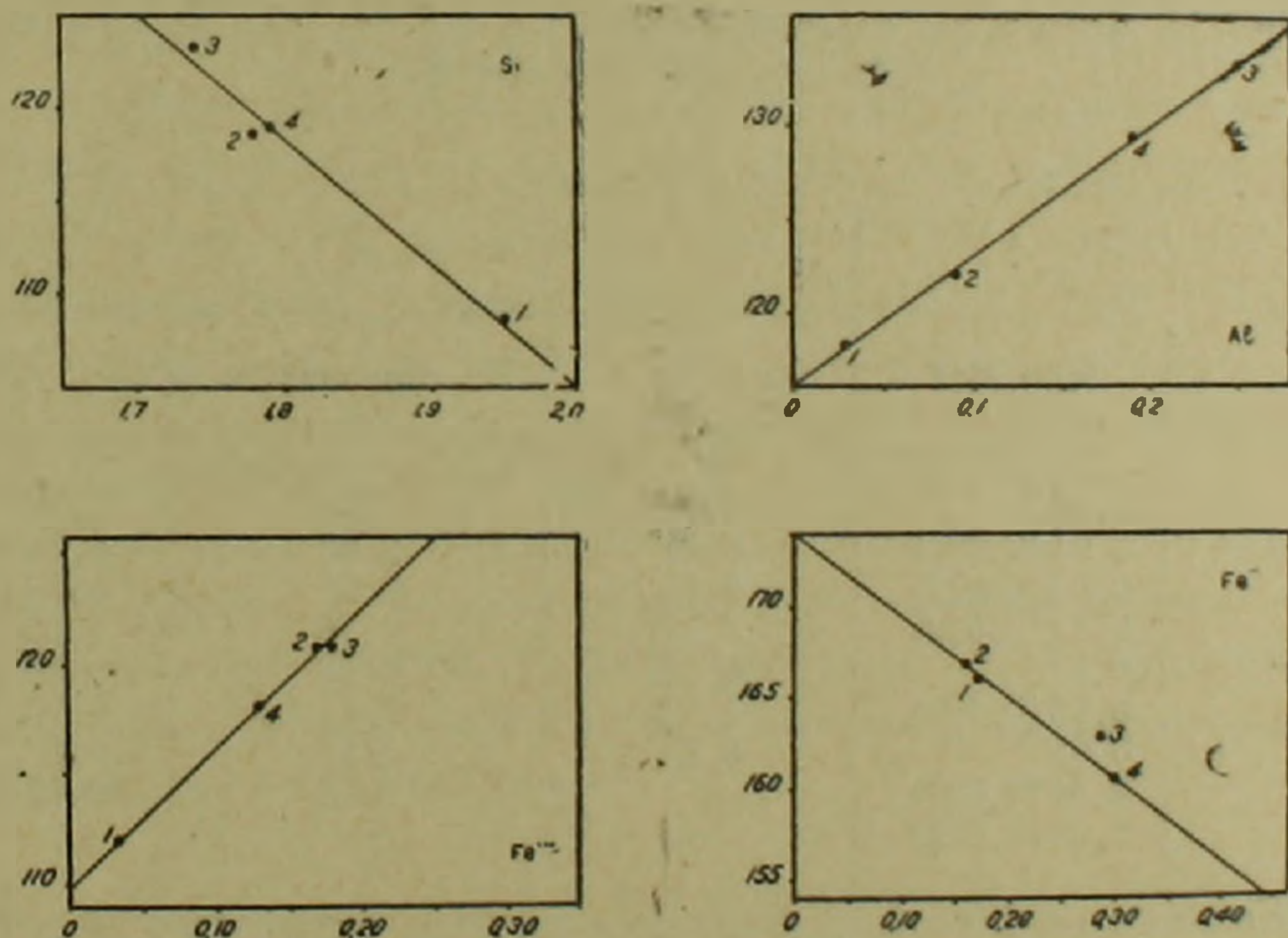
Рассмотрев диаграммы связи «состав-дисперсия двупреломления», можно заметить хорошую сходимость по всем окислам, обеспечивающую

Фиг. 9. Диаграммы для определения SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и FeO .Фиг. 10. Диаграммы для определения MgO , CaO , Na_2O и K_2O .Фиг. 11. Диаграммы для определения MnO и TiO_2 .

высокую точность определений, не уступающую, а в некоторых случаях даже превышающую химико-аналитические определения.

При внимательном ознакомлении с диаграммами связи состава с дисперсией двупреломления наблюдается следующая особенность, правда не всегда четко проявляющаяся. Так, пары анализов 1 и 2, с одной стороны, и 3 и 4, с другой, несколько наклонены в одном и том же направлении, отклоняясь от прямой. Создается впечатление, что для анализов 1 и 2 существует одна прямая, а для анализов 3 и 4—другая, причем они должны протягиваться параллельно друг другу. Здесь необходимо отметить, что точки 1 и 2 соответствуют анализам пироксенов близко стоящих к диопсидовой серии, а 3 и 4—к титан-авгиям. Если это не случайное совпадение, а оно как-будто исключается, поскольку замеры производились несколько раз и контролировались, то, по-видимому, имеет место структурная прерывистость в исследованном ряде. Практически на определении химических составов это обстоятельство не влияет, но в смысле структурных превращений отмеченная особенность довольно симптоматична.

На основании химических составов эталонных образцов пироксенов были пересчитаны структурные формулы и составлены диаграммы (фиг. 12 и 13) для определения количеств, соответствующих структурным формулам.



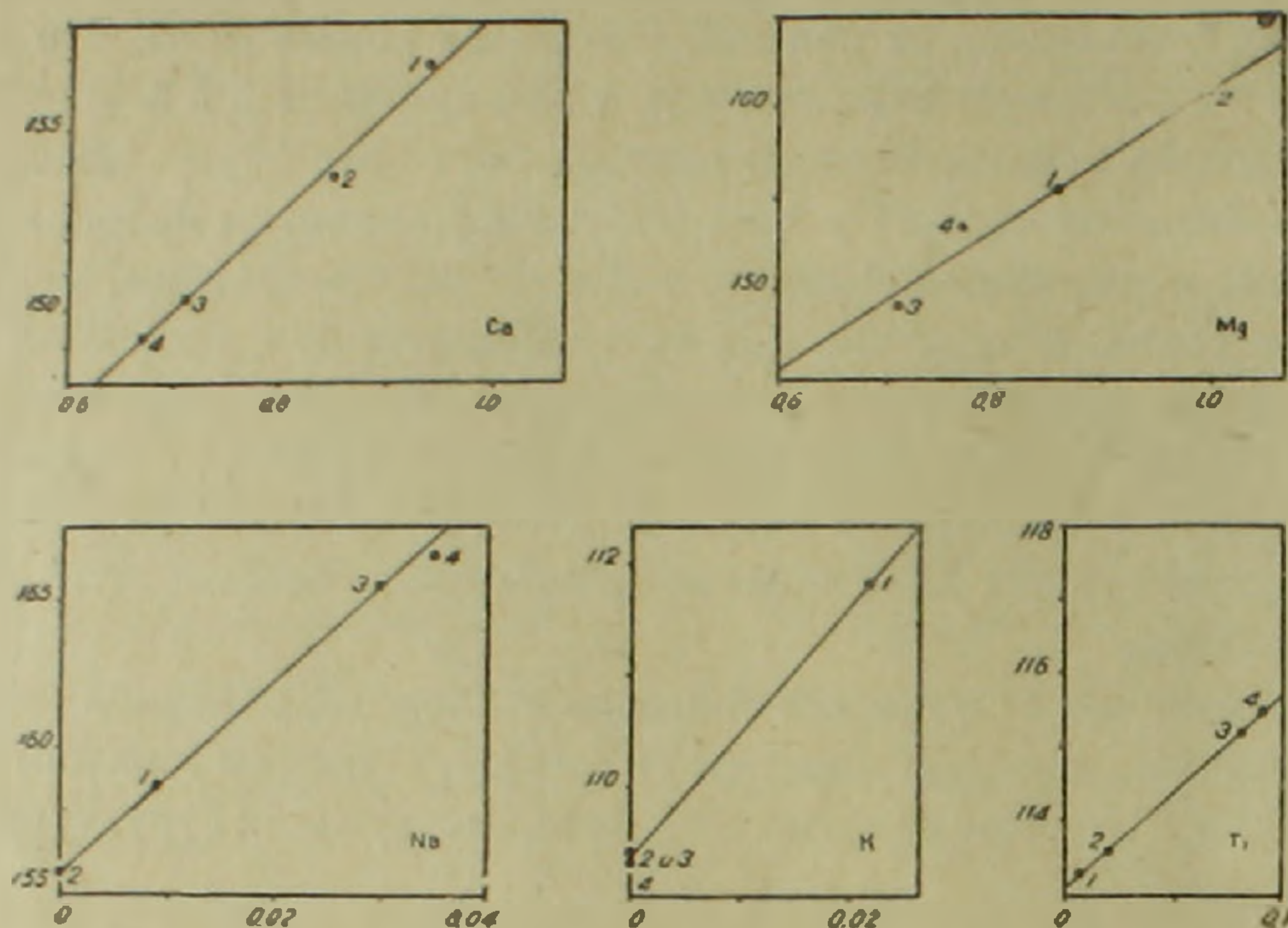
Фиг. 12. Диаграммы для определения Si, Al, Fe³⁺, Fe²⁺ в единицах структурной формулы.

В табл. 7 приведены данные по пересчету значений химических составов эталонных образцов в структурные единицы, а в табл. 8—структурные формулы пироксенов.

Безусловно важное значение имеет определение содержания методом Е. А. Кузнецова таких компонентов, как Cr₂O₃, NiO, CoO. К сожалению в имеющихся в нашем распоряжении анализах не даются их со-

держания. Вопросу распределения редких элементов в составе пироксенов, а также в калиевых полевых шпатах, авторы в скором времени посвятят отдельную статью.

Эталонные химические анализы образцов и шлифы к ним были любезно предоставлены С. Б. Абовяном (№ 1273), Г. П. Багдасаряном



Фиг. 13. Диаграммы для определения Ca, Mg, Na, K и Ti в единицах структурной формулы.

Таблица 7

	1	2	3	4
	обр. 443	обр. 1273	обр. 367	обр. 1
Si	1.95	1.78	1.74	1.79
Ti	0.01 (0.007)	0.02	0.08	0.09
Al	0.03 (0.027)	0.09	0.25	0.19 (0.195)
Fe ³⁺	0.03 (0.032)	0.17	0.18	0.13
Fe ²⁺	0.17	0.16	0.29	0.30
Mg	0.86 (0.865)	1.00	0.71	0.77
Ca	0.95	0.85	0.71	0.67
Na	0.01 (0.009)	—	0.03	0.03 (0.035)
K	0.02 (0.022)	—	—	—

Примечание. В скобках приводятся значения с точностью до третьего знака после запятой.

Таблица 8

Структурные формулы моноклиновых пироксенов диопсид-геденбергитового ряда 1—4

1. $\text{Ca}_{0.95}\text{Na}_{0.01}\text{K}_{0.02}\text{Mg}_{0.86}\text{Fe}_{0.17}^{2+}\text{Fe}_{0.02}^{3+}$ $[\text{Fe}_{0.01}^{3+}\text{Ti}_{0.01}\text{Al}_{0.03}\text{Si}_{1.95}\text{O}_6]$
2. $\text{Ca}_{0.85}$ $\text{Mg}_{1.00}\text{Fe}_{0.16}^{2+}\text{Fe}_{0.06}^{3+}$ $[\text{Fe}_{0.11}^{3+}\text{Ti}_{0.02}\text{Al}_{0.09}\text{Si}_{1.78}\text{O}_6]$
3. $\text{Ca}_{0.71}\text{Na}_{0.03}\text{Mg}_{0.71}\text{Fe}_{0.29}^{2+}\text{Fe}_{0.18}^{3+}\text{Al}_{0.07}$ $[\text{Ti}_{0.08}\text{Al}_{0.18}\text{Si}_{1.74}\text{O}_6]$
4. $\text{Ca}_{0.67}\text{Na}_{0.03}\text{Mg}_{0.77}\text{Fe}_{0.30}^{2+}\text{Fe}_{0.13}^{3+}\text{Al}_{0.07}$ $[\text{Ti}_{0.09}\text{Al}_{0.12}\text{Si}_{1.79}\text{O}_6]$

(№ 2874), Р. Х. Гукасяном (№№ 10, 59, 1416), Б. М. Меликсетяном (№№ 497, 212, 267, 1), А. С. Остроумовой («О»), которым авторы приносят свою признательность. Приносим глубокую благодарность А. А. Петросян за выполненные с большой тщательностью химические анализы образцов (№№ 501, 1, «С», 433, 1273).

Мы надеемся, что приведенные данные и в первую очередь диаграммы связи окажут помощь минералагам и петрографам в их трудоемких работах по определению химического состава рассмотренных минералов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 11.II.1963.

Զ. Զ. ՉԻՐՈՒՆՉՅԱՆ, Ռ. Զ. ԽՈՐԵՆՅԱՆ

ԿԱԼԻԱԿԱՆ ԴԱՇՏԱՅԻՆ ՇՊԱՏՆԵՐԻ ԵՎ ՄՈՆՈԿԼԻՆԱՅԻՆ ՊԻՐՈՔՍԵՆՆԵՐԻ ԿԱԶՄՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԵՐԿՐԵԿՄԱՆ ԴԻՍՊԵՐՍԻԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Վ Ո Վ Ո Ւ Մ

Հոդվածում բերված են երկբեկման համեմատական դիսպերսիայի մեթոդի կիրառման արդյունքները, որոնք օգտագործելի են կալիական դաշտային շպատների և մոնոկլինային պիրոքսենների վերաբերյալ «կազմություն-երկբեկման դիսպերսիա» դիագրամներ կազմելիս:

Հետազոտությունները կատարվել են 395 մինչև 718 $m\mu$ ալիքի երկարություն ունեցող 18 լուսաֆիլտրների միջոցով: Հոդվածում բերված են էտալոնային նմուշների քիմիական անալիզների տվյալները (աղյուսակ 1, 5):

Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ կալիական դաշտային շպատների համար $\perp Ng$ կտրվածքում որոշվում են 2 օքսիդ (CaO և Al_2O_3), իսկ $\perp Nm$ կտրվածքում՝ 6 օքսիդ (SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O , BaO). մոնոկլինային պիրոքսենների համար $\perp Ng$ կտրվածքում որոշվում են 4 օքսիդ (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O). $\perp Nm$ կտրվածքում՝ 3 օքսիդ (CaO , K_2O , TiO_2), իսկ $\perp Np$ կտրվածքում մնացած երեքը (Fe , MgO , MnO):

Հոդվածում բերված են դիագրամներ, որոնց միջոցով, օպտիկական ճանապարհով, որոշվում են կալիական դաշտային շպատների (նկ. 3, 4) և մոնոկլինային պիրոքսենների (նկ. 9—11) քիմիական կազմությունը և նրանց ստրուկտուրային բանաձևներին համասլատասխանող էլեմենտների պարունակությունները (նկ. 5, 6, 12 և 13):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кузнецов Е. А. О дисперсии двупреломления. Изв. ВУЗ-ов, геология и разведка, № 1, 1959.
2. Кузнецов Е. А. Дисперсионный метод анализа минералов. Научн. доклады Высшей школы, геолого-географич. науки, № 2, 1959.
3. Кузнецов Е. А. Дисперсия двупреломления некоторых амфиболов (автореферат доклада). БМОИП, отд. геол., 34, № 2, 1959.
4. Кузнецов Е. А. Дисперсия двупреломления некоторых слюд ряда флогопита-биотита. Вест. МГУ, сер. геол., № 2, 1960.
5. Кузнецов Е. А., Чеховских М. М. О составе и дисперсии двупреломления клинохлора из Карабаша на Урале. Вест. МГУ, сер. геол., № 4, 1960.

6. Кузнецов Е. А. Еще о дисперсии двупреломления и химическом составе амфиболов из кварцевых диоритов и из габбро Урала. Вест. МГУ, сер. геол., № 5, 1960.
7. Кузнецов Е. А., Ли-Чжао-лин. Дисперсия двупреломления, химический состав и структура бериллов. Вест. МГУ, сер. геол., № 6, 1960.
8. Кузнецов Е. А. Дисперсия двупреломления и структура мусковита. Вест. МГУ, сер. геол., № 1, 1961.
9. Кузнецов Е. А. Метод сравнительной дисперсии двупреломления. Вест. МГУ, сер. геол., № 5, 1961.
10. Кузнецов Е. А. Метод сравнительной дисперсии двупреломления. Госгеолтехиздат, М., 1962.
11. Кузнецов Е. А., Чибухчян З. О. О возможности определения абсолютного возраста горных пород методом сравнительной дисперсии двупреломления. Советская геология, № 2, 1963.
12. Чибухчян З. О. О методе сравнительной дисперсии двупреломления и дисперсия двупреломления роговых обманок. Госгеолтехиздат, Сборник докладов, 1963.
13. Чибухчян З. О. К вопросу о возможности определения абсолютного возраста калиевых полевых шпатов методом сравнительной дисперсии двупреломления. Госгеолтехиздат, Сборник докладов, 1963.
14. Чибухчян З. О. Об определении абсолютного возраста плагиоклазов методом сравнительной дисперсии двупреломления. ДАН АрмССР, т. 37, № 4, 1963.