

## Метод за изследване на светопропускането на кварцови суровини

Александър Г. Харалампиев

Институт по приложна минералогия, БАН, 1000 София

A. Haralampiev — *A method for light transmission study of quartz raw materials.* On the basis of a critical analysis of the existing methods and of the systematic errors in the obtained results a new method for integral light transmission determination of natural samples and industrial concentrates of quartz for optic quartz glass is proposed. A new element of this method is the use of an optically inhomogenous sample (quartz+immersion liquid) as a standart. This supplies a direct criterion for evaluation of the studied object and eliminates a number of systematic errors which accompany the results obtained by the existing methods. The new method is developed in two versions — “field” and “laboratory” in view to cover most of the spectrophotometers used in the practice. The “field” version is used in routine technological tests of quartz raw materials which may be done by equipment of SPECOL type. The specialized laboratory version is based on the use of two-beam spectrophotometers of Perkin-Elmer 330 type with integration sphere. Its advantage as compared to the “field” version is the independence of the obtained results from the equipment used. The transmission spectra determined by this method are recalculated by the method of selected coordinates and the respective integral transmission coefficients are obtained. The paper suggests also a path to derive the correlation relations between the results obtained by the two versions of the method.

Twenty-three samples of vein quartz were studied by the method used in GosNIKS — Leningrad and by the new method. The results of both methods were compared by statistical methods (Fisher's F-criterion). It was established that at a selected level of confidence  $P=95\%$  there are no significant differences in the results from the GosNIKS method and version SPECOL of the new method.

### Увод

Към суровините за производствата на кварцови и многокомпонентни оптични стъкла се прилагат някои специализирани методи за изследване и оценка. Тези методи са насочени основно към изучаването на твърдите (минерални) и флуидните (газово-течни) включения в изходната суровина и в получените от нея след обогатяване концентрати.

Предлаганата работа е насочена към една от тези методики, а именно метода за определяне на интегралното светопропускане на кварц (В е р т у ш к о в и др., 1969). В момента този метод е приет в СССР за основен при първоначалното оценяване на жилния кварц, използван при производствата на оптични кварцови стъкла, но в литературата е описан много бегло (В е р т у ш к о в и др., 1969; Т а ш к е р, 1983). За сега в нашата страна тази методика не е внедрена успешно. При опитите за усвояването ѝ в ИПМ възникнаха редица въпроси, на които оригиналната работа на Г. Н. В е р т у ш к о в не дава отговор, а и някои нейни моменти се оказаха не съвсем правилни. Цел на настоящата работа е разработването на нова усъвършенствувана методика за определяне на интегралното светопропускане на кварц, която да отговаря на следните изисквания:

1) Резултатите, получавани по методиката, да се освободят от систематичните грешки, възникващи от преминаването на светлинния поток през оптически нееднородна среда (кварц + имерсионна течност), и които са свързани с дисперсията на показателите на лъчепречупване на кварца и имерсионната течност, геометрията на пробора и по-точно на схемата за регистрация на преминалия поток и т. н.;

2) При използването на различна апаратура и имерсионни течности да е възможно съпоставка между получените резултати, т. е. да е възможно сравнение между резултатите, получени в различни лаборатории.

В хода на работата възникна и необходимостта от разработването на методиката в два варианта: „полеви“ — за широко разпространените спектрофотометри от типа SPECOL с приставка за измерване на екстинкция, и специализиран лабораторен вариант на спектрофотометър от тип Perkin-Elmer 330 с интеграционна сфера.

## Методи за оценка количеството на флуидни включения в кварцови суровини

Флуидните включения в кварца са вакуоли, запълнени с газове, течни и твърди фази в различни съотношения. Обикновено те са с много малки размери ( $n \cdot 10^{-6}$  до  $n \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3$ ), концентрацията им достига до десетки и стотици хиляди на  $1 \text{ mm}^3$  от обема на минерала. За най-дребните включения с диаметър под  $0,002 \text{ mm}$  е характерно, че не декрепитират дори при температура  $1000\text{—}1100^\circ\text{C}$  и остават непроменени в кварцовата суровина (В е р т у ш к о в и др., 1969). При безвакуумните методи на толене те преминават в кварцовото стъкло като дребни газове мехурчета, които снижават оптичeskото пропускане на стъклото в широк спектрален диапазон. Това е причината при вече утвърдена безвакуумна технология на толене на кварцовото стъкло към изходната суровина да се предявяват изисквания флуидните включения да не превишават определено количество. Точно тук възниква и проблемът за обективната оценка на това количество. Предлагани са множество методи: броене в микроскопски препарати, дефектоскопичен анализ, декрептофоничен анализ, загуби при налягане, светопропускане на пластини и прахови проби и др. Кратък обзор на тази методи е даден от Т а ш к е р (1983). Тук ще се спрем само на методиките за изследване на интегралното светопропускане на кварца, които според цитирания автор са основни при такива оценки, а всички останали представляват повече интерес за специализирани научни изследвания.

За пръв път методика за изследване на светопропускането на кварца е предложена от колектив от Свердловския минен институт (В е т р у ш к о в и др., 1969) и оттогава се прилага почти без изменения от Института за кварцови стъкла — ГосНИИКС — СССР (по Т а ш к е р, 1983). Основната идея е количеството на флуидните включения в природния жилин кварц да бъде оценено по отношението между интензитетите на падащия върху пробата и преминалия през нея светлинен поток, т. е. по коефициента светопропускане —  $\tau$ , като се приема, че загубите в интензитета на преминалия светлинен поток са пропорционални на количеството на флуидните включения.

За реализирането на тази идея е предлагано да се измерва светопропускането на плоскопаралелни полирани пластини с дебелина  $0,05\text{—}0,2 \text{ cm}$  (Ю р г е н с о н, 1984; Т р а ш л и е в, 1986 и др.), като авторите, изглежда, са изхождали от приетите в стъктарската и фаянсовата промишленост методики за определяне на светопропускането на проби от стъкло и порцелан, без да отчитат оптичeskата нееднородност на природния жилин кварц. Когато светопропускането се изследва в пластини освен поглъщане и разсейване, свързани с флуидните включения, се отчитат и загубите, свързани с междузърнови граници в кварцовия агрегат, деформационните субструктури в кварцовите индивиди, непостоянство в качеството на препаратите и други фактори, които не влияят на качеството на кварцовите стъкла. Следователно получените при тези изследвания данни за  $\tau$  са некоректни и нямаме право да ги свързваме единствено с количеството на флуидните включения в кварцовите проби. За да бъдат елиминирани допълнител-

Таблица 1

Съпоставка между параметрите на методиките за изследване на светопропускането на кварц

| № по ред | Сравняван параметър                                 | Вертушков, (1969)                                                                   | Ташкер, (1983)                                                | Настоящата работа                                                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Дължина на работния слой, (см)                      | 0,25                                                                                | 0,1                                                           | 0,1                                                                                                     |
| 2        | Изследвана фракция, (mm)                            | -0,3+0,2                                                                            | -0,5+0,25<br>(-0,4+0,25)*                                     | -0,4+0,25                                                                                               |
| 3        | Имерсионна течност и показател на лъчепречупване, n | бромбензол:бензол= 2:1<br>n=1,547                                                   | бромбензол:диметилфталат = 1:1<br>n=1,543 ± 0,002             | бензилбензоат:диметилфталат = 1:1<br>n~1,542                                                            |
| 4        | Измервателна апаратура                              | самоделен прибор с източник на „бяла“ светлина и регистрация от селенов фотоелемент | визуално фотоелектричен фотометър ФМ-58 със светофилтър № 3** | 1. спектрофотометър SPECOL с приставка ЕК<br>2. спектрофотометър Perkin Elmer 330 с интеграционна сфера |
| 5        | Еталонна проба                                      | кювета с имерсионна течност                                                         | кювета с имерсионна течност                                   | кювета с имерсионна течност и синтетичен кварц                                                          |
| 6        | Резултати от изследванията                          | ср. аритметично от три измервания, което се приравнява на τ                         | ср. аритметично от три измервания, което се приравнява на τ   | спектър на пропускане, от който по метода на избраните ординати се изчислява τ                          |

Забележки: \* — през 1986 г. анализите в ГосНИИКС са извършени на фракция -0,4+0,25

\*\* — в работата не са указани типът на светофилтъра и неговата спектрална характеристика

ните разсейващи и поглъщащи фактори, още Вертушков (1969) предлага пробата, подлагана на тези изследвания, да се прави осреднена, т. е. да се взима прахова проба от определена фракция. За да се намалят максимално загубите при преминаването на светлинния поток от едната в другата оптична среда, пробата се засипва в кювета с безцветна имерсионна течност с показател на лъчепречупване, близък до тези на кварца. Като еталон се използва имерсионна течност в кювета със същите размери.

През 1987—1988 г. в ИПМ беше разработена нова методика, която доразвива идеята на Вертушков. Характерните параметри на първоначалната методика, на нейния вариант, който се използва в момента в СССР, и на предлаганата методика са представени в табл. 1.

## Описание на методиката

Първоначално методиката беше разработена за широко разпространените спектрофотометри от типа SPECOL и основната работа е извършена на SPECOL-10 с приставка за измерване коефициента на екстинкция ЕК 1. По причини, които се обсъждат по-долу, се наложи да бъде разработен и вариант за UV-VIS-NIR спектрофотометър Perkin-Elmer 330 с 60 mm интеграционна сфера. Наблюденията са извършвани във видимата област на спектъра (380—780 nm).

И за двата варианта на методиката са използвани стандартни кювети от стъкло марка С, „с“ работна дължина 0,1 cm и с широчина 1 и 2 cm. За кюветите с ширина 2 cm е необходимо модифициране на стандартния кюветодържач на приставката ЕК 1, но те са за предпочитане при работа с интеграционна сфера.

Имерсионната течност за първия вариант на методиката е изготвена от равни обемни части бензилбензоат и диметилфталат и има  $n_D^{20} = 1,541(6)$ . За втория вариант освен тази имерсионна течност са изпробвани още етилов алкохол и дестилирана вода.

Последователността на операциите при работа е следната:

1. Подготовка на кварцовите проби за анализ.

1.1. Изходният материал за изследванията се взема от полупрозрачни кварцови късове от минералого-технологичната марка А (по Т р а ш л и е в, 1986);

1.2. Късовете се подлагат на механично дробене първоначално в целостна мелница, а след това в стоманен хаван;

1.3. Работната фракция ( $-0,4+0,25$  mm) се отсява на стандартен набор от сита, като за изследванията на всяка проба са необходими около 2 g работна фракция.

Забележка: По аналогичен начин се изготвят и еталонните проби от кварц, като в зависимост от целта на изследването за изходен материал се използва кварц със съответни качествени показатели.

2. Подбиране на кювети с еднакви спектри на поглъщане (само отбелязаната върху кюветите дължина на работния слой не е достатъчен критерий за еднаквост и при сравняването дори на еднакво дебели кювети е възможно в спектралната област 380—450 nm да има разлики в пропускането до 15—20%, които могат да се проявят като линии на поглъщане).

2.1. Сравняват се спектрите на пропускане на кювети, запълнени само с работната имерсионна течност, като всяка от тях заема мястото на еталона;

2.2. От групите кювети, които са с еднакви спектри, се отделя по една кювета, която се запълва от 1/3 до 1/2 от обема с имерсионна течност и след това се допълва с еталонната проба кварц;

2.3. Останалите кювети от съответната група са работни и в тях по същия начин се зареждат изследваните проби, като особено внимание трябва да се отделя на равномерното уплътняване на материала в кюветата.

Забележка: Изследването на спектрите на светопрпускане трябва да се извършва само в кювети от една група спрямо еталон от същата група.

3. Изследване спектрите на интегрално светопрпускане на кварц чрез спектрофотометър SPECOL (10(11) с приставка ЕК-1:

3.1. Първоначалната настройка и подготовка на прибора се извършва съгласно инструкциите за работа с него;

3.2. В едната клетка на кюветодържача се поставя еталонната проба за съответната група кювети, а в другата се сменят кюветите с изследваните проби;

3.3. Всяка проба се изследва при дължина на вълните, необходими за прилагането на метода на избраните ординати (БДС 11697-74; М а с А d а m, 1986);

3.4. За всяка дължина на вълната —  $\lambda$ , в светлинния поток първо се въвежда еталонната проба и скалата на прибора се настройва на пропускане 100%, а след въвеждане на изследваната проба се отчита съответният коефициент на пропускане —  $\tau(\lambda i)$ ;

3.5. За всяка проба се извършват три серии от измервания, които първо се усредняват за всяко  $\lambda$ , а след това от тях по метода на избраните ординати се определя интегралният коефициент на светопрпускане  $\tau$ :

$$\tau \equiv \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tau(\lambda i),$$

където :

$m$  е броят на дължините на вълните, при които са извършвани измерванията (10, 30 или 100), а  $\tau(\lambda i)$  — средното аритметично на трите измервания за съответната дължина на вълната.

4. Изследване спектрите на интегрално светопрпускане на кварц чрез спектрофотометър Perkin Elmer 330 с интеграционна сфера.

4.1. Първоначалната настройка и подготовка на прибора за работа се извършва съгласно инструкцията за работа с него;

4.2. Кюветите с еталона и изследваната проба се поставят така, че светлинният поток, преминал през кюветите, да се улавя от интеграционната сфера (вж. фиг. 1 в);

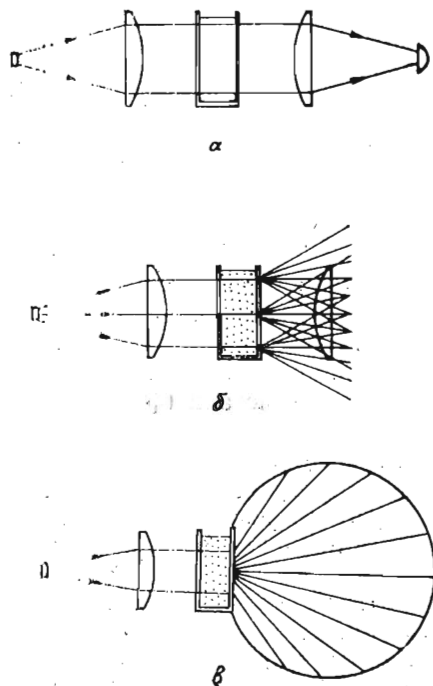
4.3. Приборът се програмира да запише спектър на пропускане във видимата област (380—780 nm);

4.4. Обработката на резултатите се извършва аналогично на описаната в 3.5.  
Забележка: За този вариант е необходимо използването на кювети с ширина 2 см.

## Обсъждане на методиката

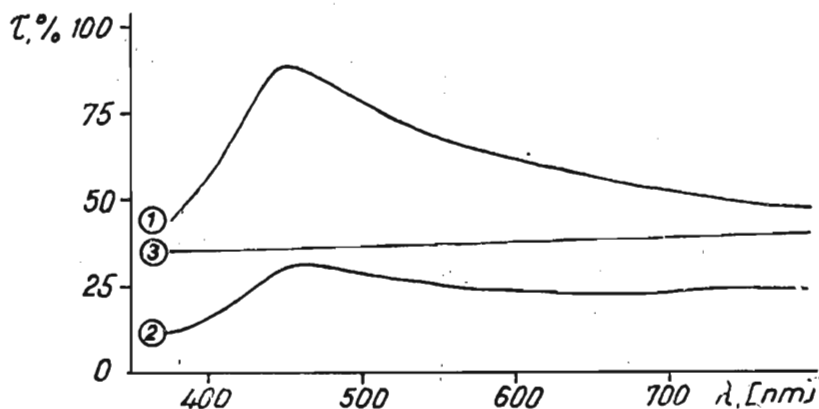
Както вече беше указано по-горе, основната цел е методиката да бъде лесно приложима и данните, получени по нея в различни лаборатории, да бъдат съпоставими помежду си. За да се получат съпоставими резултати, независещи от геометрията на прибора, е необходимо да се работи в режим на пропускане при регистрация на преминалия поток с интеграционна сфера (фиг. 1, б, в). Причина за това е фактът, че светлинен поток, преминаващ през оптически нееднородна среда с размери на нееднородностите, съизмерими или по-големи от дължината на вълната, се разсейва по сложен начин, зависещ от размерите и формата на нееднородностите. В случаите, когато приемникът на използвания спектрофотометър не използва интеграционна сфера, приборът регистрира само част от разсеяния светлинен поток, а допълнителните загуби систематично занижават истинското значение на  $\tau$ . Следователно при използването на прибори, с които е невъзможна работа в режима, схематично представен на фиг. 1, в (ФЕК, SPECOL и др.), е необходимо заедно с крайните резултати да се даде и точно описание на прибора, използваната приставка и последователността от операции, извършвани при измерванията. Контрол на получените резултати и евентуални съпоставки са възможни само в случай на точно възпроизвеждане на описаната конфигурация. Такова описание липсва в излезли по въпроса публикации (Вертущков и др., 1969; Ташкер, 1983) и това ги прави практически неприложими във вида, в който са публикувани.

Вторият пункт, който е необходимо да бъде обсъден, е връзката между коефициентите на свето-пропускане и дисперсията на показателите на лъчепречупване на кварца и имерсионните течности. В публикуваните по-рано методики тази връзка изобщо не се отчита, а тя също е причина за систематични грешки. В случаите, когато сравняваме оптически нееднородна среда, каквато е сместа от кварц и имерсионна течност, с оптически еднородна среда (само имерсионна течност), имаме задължително един или два максимума на пропускането при дължините на вълните, при които дисперсионните криви на кварца (Дзна и др., 1966, с. 162) и съответната имерсионна течност се пресичат. При всички други  $\lambda$  дисперсионните криви се разминават



Фиг. 1. Схема на оптичните системи, използвани за измерване пропускането на оптически еднородни (а) и нееднородни среди (б, в) — по МасАдам (1981)

и загубите от разсейване при преминаването на светлинния поток през границите кварц-имерсионна течност са по-големи и следователно измерените стойности на  $\tau$  са занижени. Самите точки на пресичане се определят от положението на дисперсионните криви, което се мени и зависи: 1) от състава на имерсионната смес, който с времето се



Фиг. 2. Спектри на светопропускане на кварц: 1 — синтетичен кварц в имерсионна течност спрямо еталон имерсионна течност; 2 — природен кварц в имерсионна течност спрямо еталон имерсионна течност; 3 — природен кварц в имерсионна течност спрямо еталон синтетичен кварц в имерсионна течност

променя; 2) от промяна на температурата (за използваната от нас имерсия  $n_D^{18} = 1,542(8)$ , а  $n_D^{21} = 1,538(5)$ ) и т. н. Следователно за получаването на повторими резултати е необходимо да се контролират множество фактори, от които зависи крайният резултат. Това силно усложнява работата, а и получената величина е относителна, т. е. 100-те процента пропускане на еталона е недостижимо дори за проби, изготвени от оптически чисти кварцови кристали (фиг. 2).

При предлаганата тук методика повечето от гореизброените систематични грешки и недостатъци са избегнати чрез използването като еталон също на оптически нееднородна система — кварц и имерсионна течност. Използването на такъв еталон има и друго преимущество спрямо еталон от имерсионна течност. Това е възможността 100-те процента пропускане да бъдат нагласявани в зависимост от конкретните нужди, т. е. като еталонна проба може да бъде подбран концентрат, за който вече е доказано, че е пригоден за дадено производство и при сравняването на природни обекти или други концентрати с такъв еталон има пряк признак за оценка на качеството.

Накрая на това обсъждане е необходимо да се спрем накратко и на грешките при измерването на интегралното светопропускане на кварц по предлаганата методика. Подробно въпросът за начините на оценка на грешките изобищо при фотометричните методи е разгледан в монографията на Дъорфел (1965). Тук ще се спрем само на тези елементи от методиката, които я отличават от стандартните фотометрични методи и са източници на случайни грешки. На първо място това е самото изследване на оптически нееднородна среда — определена фракция от анизотропно вещество (кварц), потопена в изотропна имерсионна течност. Възможният източник на случайни грешки тук е преди всичко промяната в съотношението кварц — имерсионна течност, която може да се дължи на: 1) нееднаквост на формата и размерите на зърната в пробите и еталона, и 2) нееднаквост на уплътняването на кварцовата фракция в кюветата. Със стандартизирането на операциите на смилане и отделяне на нужната фракция формата и размерите на зърната стават само евентуален източник на систематични грешки, но самият въпрос за избор на оптимална фракция за тези изследвания е обект на бъдещата работа.

Втората причина за промяна на съотношението е по-сериозна, тъй като след допълнително уплътняване за една и съща проба са наблюдавани отклонения в измерваните значения на  $\tau(\lambda)$  до 5—8%. Досега не са разработени критерии за „степен на уплътнение“, но проведените наблюдения показват, че след стръскване  $\Delta\tau(\lambda)/\tau(\lambda)$  е равно на  $\pm 0,05$ . Това надхвърля случайните грешки при стандартните фотометрични методи и следователно може да бъде прието с приближение за грешка на метода (за интервала 5%  $\langle \tau(\lambda) \rangle$  90%,  $\Delta E/E$  е от 0,003 до 0,01, където  $E$  е екстинкцията на пробата; Дь о р ф е л, 1965).

## Експериментални данни и обсъждане на резултатите

Обект за изпробване на новата методика беше серия от кварцови проби, взети от една жила край с. Хлябово, Сакар, през 1985 г. С цел обхващане на по-разнообразен по своите свойства жилак кварц бяха взети единични проби и от други жили в същия район.

За еталонни проби на методиката бяха използвани изкуствени кварцови кристали, производство на ЗЕПЕ — София, несъдържащи флуидни включения, които се използват като изходна суровина при производството на кварцови стъкла.

През 1986 г. в ГосНИИКС — Ленинград бяха изследвани по използваната там методика 26 проби. От тях 23 бяха изследвани също и по двата варианта на предлаганата тук методика, което позволи да се сравнят получените резултати (табл. 2 и фиг. 3).

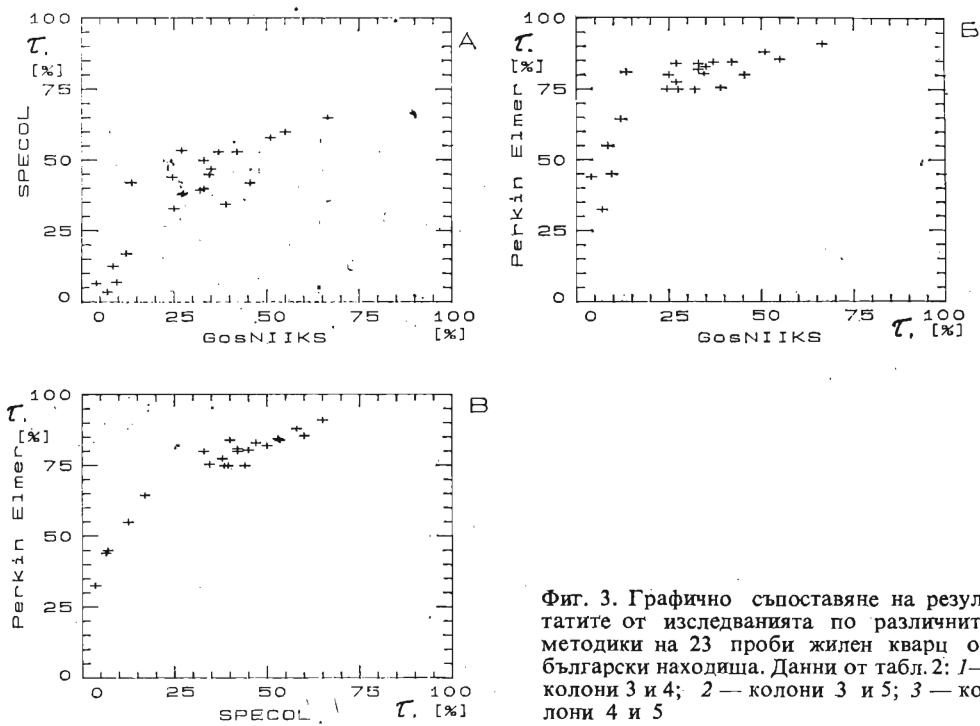
Т а б л и ц а 2

Резултати от изследванията на коефициента на светопропускване —  $\tau$ , (%) по различни методики

| № по ред | Индекс на пробата | ГосНИИКС, 1986 г. | Настоящата работа |              |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
|          |                   |                   | SPECOL            | Perkin Elmer |
| 1        | 11—MT             | 4                 | 6,5               | 44           |
| 2        | 1—2               | 7                 | 3,5               | 32,5         |
| 3        | 1—15              | 8,5               | 12,5              | 55           |
| 4        | P. 62—E           | 9,5               | 7                 | 45           |
| 5        | 1—26              | 12                | 17                | 64,5         |
| 6        | 4—27              | 13,5              | 42                | 81           |
| 7        | 17—27             | 24,5              | 44                | 75           |
| 8        | 1—13              | 25                | 33                | 80           |
| 9        | 11—27             | 27                | 38                | 77,5         |
| 10       | 3—27              | 27                | 53,5              | 84           |
| 11       | 10—27             | 27,5              | 38,5              | 75           |
| 12       | 14—27             | 32                | 39,5              | 75           |
| 13       | 13—27             | 33                | 40                | 84           |
| 14       | 2—27              | 33                | 50                | 82           |
| 15       | 7—27              | 34,5              | 45                | 80,5         |
| 16       | 1—27              | 35                | 47                | 83           |
| 17       | 12—27             | 37                | 53                | 84,5         |
| 18       | 15—27             | 39                | 34,5              | 75,5         |
| 19       | 6—27              | 42                | 53                | 84,5         |
| 20       | 5—27              | 45,5              | 42                | 80           |
| 21       | 8—27              | 51                | 58                | 88           |
| 22       | 9—27              | 55                | 60                | 85,5         |
| 23       | 1—25              | 66,5              | 65                | 91           |

Разликите между данните в колони 3 и 4, от една страна, и колона 5, от друга, се дължат на систематичните грешки от разсейване на светлинния поток при работа без интеграционна сфера

Първоначално те бяха стандартизирани по формулата  $z_i = (x_i - \bar{x}) / s$ , след което бяха сравнени стандартните отклонения за сериите по F-критерия на  $\Phi$  и  $\psi$  е р. Между стандартизираните данни за ГосНИИКС и SPECOL не бе установена разлика при избрана статистическа сигурност  $P=95\%$ . (F изчислено е равно на 1,36, а  $F_{95}$  таблично при 22 сте-



Фиг. 3. Графично съпоставяне на резултатите от изследванията по различните методики на 23 проби жилин кварц от български находища. Данни от табл. 2: 1 — колони 3 и 4; 2 — колони 3 и 5; 3 — колони 4 и 5

пени на свобода е равно на 2,05 (Д ъ р ф е л, 1985)). Коэффициентът на линейна корелация между двете серии е 86,4%. При сравняване на първите две серии с данните от варианта Perkin-Elmer се установяват значими разлики и при  $P=99\%$ , съответно  $F=6,70$  и  $F=4,92$  при таблично  $F_{95}=2,81$ . Причина за тези разлики са систематичните грешки, които снижават наблюдаваните значения за коэффициента на светопропускане при измерване без интеграционна сфера. Пътят за създаването на методика, позволяваща съпоставка между резултатите на различни лаборатории, е въвеждането на поправки за систематичните грешки, възникващи от конкретната геометрия на приборите. Разположението на точките на фигури 3 б и 3 в съответствува на зависимост от типа  $Y = A + B \cdot \log X$  или  $Y = A \cdot \exp(B/X)$ , но уточняването на тези зависимости е обект на бъдещи изследвания.

## Заклучение

С предлаганата методика се доразвиват възможностите за експертна оценка на кварцови суровини за производствата на специални кварцови стъкла. В методиката се отчитат някои източници на систематични грешки и пропуски в по-старите работи, като се предлагат пътища за тяхното елиминиране и за по-нататъшното развитие на метода.

Основните нови моменти на предлаганата работа са:

- 1) Премахнати са систематичните грешки, възникващи при сравняването на опти-



чески нееднородна и оптически еднородна среда чрез въвеждането на нов тип еталонна проба — кварц-имерсионна течност.

2) Разработени са два варианта на методиката: „полеви“ и „специализиран“ с цел да бъде обхванат диапазонът от използваните в лабораторната практика спектрофотометри.

3) 23 проби жилин кварц от български находища са изследвани по методиката на ГосНИИКС и по двата варианта на предлаганата методика.

4) Резултатите, получени по различните методики, са оравнени чрез статистически критерий ( $F$  = критерий на  $F$  и  $ш$  е  $p$ ), чрез който е доказано отсъствието на значими различия между данните, получени по методика за ГосНИИКС и по вариант „SPECOL“. Наблюдаваните значими различия спрямо вариант „Perkin-Elmer“ се дължат на систематичните грешки при измервания без интеграционна сфера.

5) Вариант „Perkin-Elmer“ е изчистен от систематични грешки и резултатите, получени по него, могат да намерят приложение при детайлни изследвания на количеството на флуидни включения в различни кварцови суровини, докато вариант „SPECOL“ е подходящ за рутинни и експресни изследвания в полеви условия.

Отчитайки всичко казано дотук, смятаме, че методиката е насочена към широк кръг от потребители, занимаващи се с кварцови суровини за производство на специални кварцови стъкла: геолози-проучватели, обогатители и технолози, и е необходимо да бъде продължена работата по нейното усъвършенстване след отчитане на забележките на всички заинтересовани страни. Необходимостта от такава методика се вижда от самия краен продукт, получаван от тези суровини, и от широкото бъдеще, което се разкрива пред кварцовите стъкла.

Искам да изкажа искрена благодарност на Г. К. Киров за вниманието, което винаги ми е отделял за обсъждане на отделните моменти на методиката; на К. Кънчев, който много ми помогна при вникването в проблемите, свързани с трансмисионните спектри и тяхната обработка, а също така на всички мои колеги, които са ми помогнали в различни етапи на работата със съвет или със своето внимание.

## Л и т е р а т у р а

- БДС 11697-74 — Стъкло. Определяне коефициента на насочена светопропускливост.  
Вертушков, Г. Н. и др. 1969. Жильный кварц Восточного склона Урала. Методы исследования. — *Тр. Свердловского горного института*, 58. 100 с.  
Дэна, Дж. и др. 1966. Система минералогии. Минералы кремнезема. М., Мир. 430 с.  
Дьорфел, К. 1965. *Преценка на аналитичните методи и резултати*. С., Наука и изкуство. 142 с.  
Ташкер, Э. М. 1983. *Методические рекомендации по оценке качества кварцевого сырья для плавки и оптического стекловарения*. М., Мингео. 68 с.  
Трашлев, С. 1986. *Временни методически указания за геоложките проучвания на жилин кварц*. С., Комитет по геология, 21 с.  
Юргенсон, Г. А. 1984. *Типоморфизм и рудоносность жильного кварца*. М., Недра. 149 с.  
MacAdam, D. L. 1981. *Color Measurement*. Springer. 229 p.

(Постъпила на 20. XII. 1988 г.)