

УДК 552.32 : 552.08:546 + 549.6/.7

**К.Ю. Єсипчук, Н.М. Коновал, Л.В. Сьомка**

## **ЩОДО ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ХІМІЧНИХ АНАЛІЗІВ ГРАНІТОЇДІВ ТА ЇХ ПЕРЕРАХУНКИ НА НАБЛИЖЕНИЙ МОДАЛЬНИЙ МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД**

Розглянуто різні типи похибок, можливих під час виконання хімічного аналізу гірських порід. Запропоновано нову методику перерахунку хімічного складу гранітоїдів на їх наближений модальний мінеральний склад. Наведено хімічний склад 12 зразків біотитових гранітів житомирського і кіровоградського комплексів та виконано його перерахунок на мінеральний склад за цією методикою з метою виявлення якості аналізів.

В опублікованій геологічній літературі та фондових матеріалах (геологічних звітах) накопичилися десятки тисяч результатів хімічних аналізів різних типів гірських порід, зокрема гранітоїдів. Використання їх для петрохімічних побудов ускладнено внаслідок різного ступеня достовірності через похибки різного походження. Найзначніші, так звані грубі похибки, пов'язані з неправильним опробуванням і порушенням методики аналізу. Наступну групу похибок складають випадкові похибки або відхилення, пов'язані з такими неконтрольованими чинниками, як вплив температури на якість аналізу, похибки під час зважування продуктів хімічних реакцій, якість реагентів, і контрольованими — сумлінням аналітиків, якістю приладів тощо. До найменш значущих похибок належать так звані систематичні, впливу яких на якість аналізів уникнути практично неможливо: вони зумовлені структурною та текстурною неоднорідністю порід, впливом на результати аналізу присутності інших елементів, хибним калібруванням приладу та деякими іншими чинниками.

Похибок двох перших груп можна уникнути шляхом сумлінного відбору проб, якісної їх підготовки та сумлінної роботи аналітичної лабораторії, хоча вони дуже часто спостерігаються серед результатів аналізів у геологічних

звітах. Припустимі похибки результатів хімічного аналізу гранітоїдів визначають через відносне середньоквадратичне відхилення значень вмісту різних породоутворювальних оксидів, %:  $\text{SiO}_2$  — 0,7–0,8;  $\text{TiO}_2$  — 9–15;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 3;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 10–15;  $\text{FeO}$  — 6–9;  $\text{MnO}$  — 8–20;  $\text{MgO}$  — 10–20;  $\text{CaO}$  — 9–15;  $\text{Na}_2\text{O}$  — 8;  $\text{K}_2\text{O}$  — 5–8;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 9–24;  $\text{SO}_3$  — 15–25;  $\text{H}_2\text{O}^-$  — 9–15;  $\text{H}_2\text{O}^+$  — 6–20 [2]. Звичайно, за наявності відхилень двох перших типів загальні похибки визначення вмісту цих оксидів можуть збільшуватись у два-три, а то й більше разів, що ми нерідко спостерігаємо в результатах хімічних аналізів гранітоїдів, особливо у геологічних звітах.

З метою відбракування неякісних результатів хімічних аналізів гірських порід давно запропоновано перераховувати їх на реальний (модальний) мінеральний склад і навпаки. Методика таких перерахунків викладена в книзі "Универсальные таблицы для пересчета состава горных пород" Я.С. Висневського [1]. За допомогою цих перерахунків, знаючи реальний мінеральний склад породи (граніту), встановлений за підрахунком мінералів у шліфах, та хоча б приблизний склад породоутворювальних мінералів (основність плагіоклазу, залізистість біотиту та інших темноколірних мінералів), легко перевірити якість отриманого у лабораторії результату одного або групи аналізів, що ми їх запозичуємо для петрохімічних перерахунків із опублікованої літе-

© К.Ю. Єсипчук, Н.М. Коновал,  
Л.В. Сьомка, 2009

ратури чи геологічних звітів. Ці перерахунки можна виконувати на комп'ютері за наступною програмою (наводимо схему розрахунку для біотитових гранітів).

#### А. Умовні позначення.

*Вміст в апатиті*

$(P_2O_5)_{Ап}$  (відповідає загальному вмісту  $P_2O_5$  в породі);  $(CaO)_{Ап}$ .

*Вміст в альбіті*

$(Na_2O)_{Аб}$  (відповідає загальному вмісту  $Na_2O$  в породі);  $(Al_2O_3)_{Аб}$ ;  $(SiO_2)_{Аб}$ .

*Вміст у магнетиті*

$(Fe_2O_3 \cdot 0,5)_{Мт}$  (припускаємо, що до складу магнетиту входить половина його складу в породі; решта входить до складу аніту);  $(FeO)_{Мт}$ .

*Вміст у флогопіті*

$(MgO)_{Фл}$  (відповідає загальному вмісту  $MgO$  в породі);  $(Al_2O_3)_{Фл}$ ;  $(K_2O)_{Фл}$ ;  $(SiO_2)_{Фл}$ ;  $(TiO_2 \cdot 0,25)_{Фл}$  (умовно припускаємо, що  $TiO_2$  розподіляється рівномірно між флогопітом, анітом, сфеном і ільменітом);  $(H_2O)_{Фл}$  (приймається, що "в. п. п." =  $H_2O^+$ ).

*Вміст в аніті*

$(FeO)_{Ан}$ ;  $(Fe_2O_3)_{Ан}$ ;  $(K_2O)_{Ан}$ ;  $(Al_2O_3)_{Ан}$ ;  $(SiO_2)_{Ан}$ ;  $(H_2O)_{Ан}$ .

*Вміст у мікрокліні (ортотлазі)*

$(K_2O)_{Мікр}$ ;  $(Al_2O_3)_{Мікр}$ ;  $(SiO_2)_{Мікр}$ .

*Вміст у сфені*

$(TiO_2)_{Сф}$ ;  $(CaO)_{Сф}$ ;  $(SiO_2)_{Сф}$ .

*Вміст у анортиті*

$(CaO)_{Анор}$ ;  $(Al_2O_3)_{Анор}$ ;  $(SiO_2)_{Анор}$ .

*Вміст в ільменіті*

$(TiO_2)_{Іл}$ ;  $(FeO)_{Іл}$ .

*Вміст у мусковіті*

$(Al_2O_3)_{Му}$ ;  $(K_2O)_{Му}$ ;  $(SiO_2)_{Му}$ ;  $(H_2O)_{Му}$ .

*Вміст у кварці*

$(SiO_2)_{Кв}$ .

**Б. Розраховуємо масовий вміст оксидів у мінералах**, враховуючи їх молекулярну частку від розрахункового вмісту оксиду в кожному з мінералів. У загальному випадку беремо середню (формульну) молекулярну частку, а якщо є аналізи конкретних мінералів — більш точну, конкретну молекулярну частку (коефіцієнт). В розрахунку підкреслені оксиди, які повністю входять до складу одного мінералу.

1. Апатит:  $(P_2O_5)_{Ап} = \underline{P_2O_5}$ ;  $(CaO)_{Ап} = P_2O_5 \cdot 1,17$ ;

2. Альбіт:  $(Na_2O)_{Аб} = \underline{Na_2O}$ ;  $(Al_2O_3)_{Аб} = Na_2O \cdot 1,65$ ;  $(SiO_2)_{Аб} = Na_2O \cdot 5,82$ ;

3. Магнетит:  $(Fe_2O_3)_{Мт} = (Fe_2O_3 \cdot 0,5)$ ;  $(FeO)_{Мт} = (Fe_2O_3)_{Мт} \cdot 0,45$ ;

4. Сфен:  $(TiO_2)_{Сф} = TiO_2 \cdot 0,25$ ;  $(CaO)_{Сф} = (TiO_2)_{Сф} \cdot 0,71$ ;  $(SiO_2)_{Сф} = (TiO_2)_{Сф} \cdot 0,75$ ;

5. Ільменіт:  $(TiO_2)_{Іл} = TiO_2 \cdot 0,25$ ;  $(FeO)_{Іл} = (TiO_2)_{Іл} \cdot 0,9$ ;

6. Флогопіт:  $(MgO)_{Фл} = \underline{MgO}$ ;  $(K_2O)_{Фл} = MgO \times 0,39$ ;  $(Al_2O_3)_{Фл} = MgO \cdot 0,43$ ;  $(SiO_2)_{Фл} = MgO \cdot 1,50$ ;  $(TiO_2)_{Фл} = MgO \cdot 0,07$ ;  $(H_2O)_{Фл} = MgO \cdot 0,15$ ;

7. Аніт:  $(FeO)_{Ан} = FeO - (FeO)_{Мт} - (FeO)_{Іл}$ ;  $(K_2O)_{Ан} = (FeO)_{Ан} \cdot 0,22$ ;  $(Al_2O_3)_{Ан} = (FeO)_{Ан} \cdot 0,24$ ;  $(SiO_2)_{Ан} = (FeO)_{Ан} \cdot 0,83$ ;  $(TiO_2)_{Ан} = (FeO)_{Ан} \cdot 0,07$ ;  $(Fe_2O_3)_{Ан} = (FeO)_{Ан} \cdot 0,15$ ;  $(H_2O)_{Ан} = (FeO)_{Ан} \cdot 0,08$ ;

8. Мікроклін:  $(K_2O)_{Мікр} = K_2O - (K_2O)_{Ан} - (K_2O)_{Фл}$ ;  $(Al_2O_3)_{Мікр} = (K_2O)_{Мікр} \cdot 1,09$ ;  $(SiO_2)_{Мікр} = (K_2O)_{Мікр} \cdot 3,83$ ;

9. Анортит:  $(CaO)_{Анор} = CaO - (CaO)_{Ап} - (CaO)_{Сф}$ ;  $(Al_2O_3)_{Анор} = (CaO)_{Анор} \cdot 1,81$ ;  $(SiO_2)_{Анор} = (CaO)_{Анор} \times 2,14$ ;

10. Мусковіт:  $(Al_2O_3)_{Му} = Al_2O_3 - (Al_2O_3)_{Аб} - (Al_2O_3)_{Фл} - (Al_2O_3)_{Ан} - (Al_2O_3)_{Мікр} - (Al_2O_3)_{Анор}$ ;  $(K_2O)_{Му} = (Al_2O_3)_{Му} \cdot 0,31$ ;  $(SiO_2)_{Му} = (Al_2O_3)_{Му} \cdot 1,17$ ;  $(H_2O)_{Му} = (Al_2O_3)_{Му} \cdot 0,12$ ;

11. Кварц:  $(SiO_2)_{Кв} = SiO_2 - (SiO_2)_{Аб} - (SiO_2)_{Фл} - (SiO_2)_{Ан} - (SiO_2)_{Мікр} - (SiO_2)_{Сф} - (SiO_2)_{Анор} - (SiO_2)_{Му}$ .

**В. Розрахунок вмісту мінералів** (мінералів, мас. %) виконується шляхом підсумовування значень вмісту всіх оксидів, що входять до складу кожного мінералу:

1. Апатит:  $Ап = P_2O_5 + (CaO)_{Ап}$ ;

2. Альбіт:  $Аб = Na_2O + (Al_2O_3)_{Аб} + (SiO_2)_{Аб}$ ;

3. Магнетит:  $Мт = (Fe_2O_3)_{Мт} + (FeO)_{Мт}$ ;

4. Флогопіт:  $Фл = MgO + (K_2O)_{Фл} + (Al_2O_3)_{Фл} + (SiO_2)_{Фл} + (TiO_2)_{Фл} + (H_2O)_{Фл}$ ;

5. Аніт:  $Ан = (FeO)_{Ан} + (Fe_2O_3)_{Ан} + (K_2O)_{Ан} + (Al_2O_3)_{Ан} + (SiO_2)_{Ан} + (TiO_2)_{Ан} + (H_2O)_{Ан}$ ;

6. Мікроклін:  $Мікр = (K_2O)_{Мікр} + (Al_2O_3)_{Мікр} + (SiO_2)_{Мікр}$ ;

7. Сфен:  $Сф = (TiO_2)_{Сф} + (CaO)_{Сф} + (SiO_2)_{Сф}$ ;

8. Анортит:  $Анор = (CaO)_{Анор} + (Al_2O_3)_{Анор} + (SiO_2)_{Анор}$ ;

9. Ільменіт:  $Іл = (TiO_2)_{Іл} + (FeO)_{Іл}$ ;

10. Мусковіт:  $Му = (Al_2O_3)_{Му} + (K_2O)_{Му} + (SiO_2)_{Му} + (H_2O)_{Му}$ ;

11. Кварц:  $Кв = (SiO_2)_{Кв}$ .

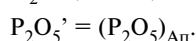
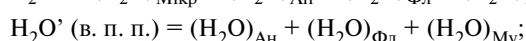
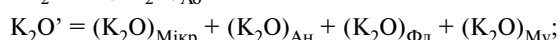
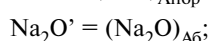
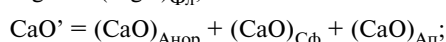
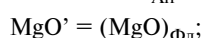
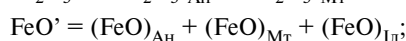
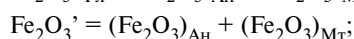
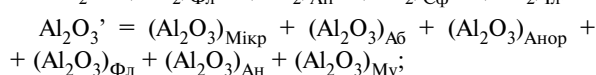
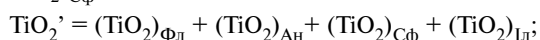
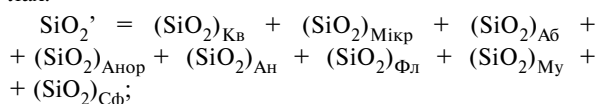
#### Г. Завершення розрахунку:

1. Сумарна кількість біотиту в породі:  $Бі = Фл + Ан$ .  
Залізистість біотиту:  $f_{Бі} = \frac{Ан}{Ан + Фл} \cdot 100 \%$ .

2. Сумарний вміст плагіоклазу в породі:  $Пл = Аб + Анор$ .

Основність (N) плагіоклазу:  $N_{Пл} = \frac{Анор}{Анор + Аб} \cdot 100 \%$ .

3. Підсумовуємо всі оксиди за їх вмістом в мінералах:



4. Одержані розрахункові значення вмісту оксидів у породі порівнюємо із результатами аналізу і визначаємо надлишок або брак кожного з них, що вже є показником якості аналізу. Але більш важливим є розрахунковий вміст кожного з мінералів, залізистість біотиту та основність плагіоклазу. Відхилення за цими показниками більше ніж у 10–20 % (для різних оксидів) від показників, одержаних в результаті мікроскопічного вивчення шліфів, безумовно, свідчить про неякісне виконання хімічного аналізу. Причина похибок повинна визначатися за результатами контрольного опробування та аналізу тієї ж породи.

В табл. 1 наведені результати хімічних аналізів біотитових гранітів житомирського і кіровоградського комплексів (по шість аналізів із кожного), запозичені з опублікованої літератури та геологічних звітів, якість

яких перевірено за викладеною методикою. У табл. 2 наведено розрахований мінеральний склад цих проб гранітів.

За петрографічними даними, граніти житомирського комплексу характеризуються таким мінеральним складом [3], %: Пл – 21–44 (середнє – 34,7); Мікр – 16–46 (28,6); Кв – 16–32 (25,1); Бі – 3–20 (7,7); Му – 1–8 (3,2);  $N_{\text{Пл}}$  – 12–21 (15);  $f_{\text{Бі}}$  – 57–68. Мінеральний склад біотитових гранітів кіровоградського комплексу [4, 5], %: Пл – 13–35; Мікр – 35–60; Кв – 25–35; Бі 3–7;  $N_{\text{Пл}}$  – 10–18;  $f_{\text{Бі}}$  – 50–65.

1. Результати аналізу № 37, с. Полонне (В.І. Луцицький). Визначений занижкий вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,58 – розр. 0,65; 12 %) та  $\text{K}_2\text{O}$  (4,74 – розр. 5,82; 18 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл – 35;  $N_{\text{Пл}}$  – 13; Мікр – 23; Кв – 25; Бі – 8;  $f_{\text{Бі}}$  – 71; Му – 9. Аналіз неякісний: завищена залізистість біотиту ( $\text{MgO}$  в аналізі повинно бути більше 0,70 %) і значення вмісту  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а, відповідно, і мусковіту (9 %), якого не може бути понад 7 %.

2. Результати аналізу № 7, м. Житомир, кар'єр (М.І. Безбородько). Визначено забагато  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,46 – розр. 0,98; 34 %) і замало  $\text{K}_2\text{O}$  (6,36 – розр. 6,61; 4 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл – 29;  $N_{\text{Пл}}$  – 18; Мікр – 34; Кв – 26; Бі – 7;  $f_{\text{Бі}}$  – 61; Му – 2. Аналіз якісний.

3. Результати аналізу № 1, м. Житомир, кар'єр (Ю.Ір. Половинкіна). Визначено забагато  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,18 – розр. 0,76; 30 %), бракує  $\text{K}_2\text{O}$  (4,72 – розр. 5,76; 20 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл – 33;  $N_{\text{Пл}}$  – 19; Мікр – 26; Кв – 28; Бі – 4;  $f_{\text{Бі}}$  – 68; Му – 8. Аналіз не дуже якісний: порівняно висока залізистість біотиту і високий вміст мусковіту ( $\text{MgO}$  – 0,39 % дещо замало, а  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – забагато).

Таблиця 1. Результати хімічних аналізів біотитових гранітів житомирського і кіровоградського комплексів, мас. %

Компонент	Житомирський комплекс					Кіровоградський комплекс						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{SiO}_2$	69,17	70,38	71,20	71,76	67,84	66,97	68,88	69,02	70,40	72,60	70,85	72,12
$\text{TiO}_2$	0,00	0,00	0,35	0,26	0,41	0,43	0,48	0,36	0,47	0,37	0,55	0,32
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16,04	14,36	15,81	14,02	16,15	18,60	14,87	16,58	14,23	13,22	13,65	11,20
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,58	1,46	1,18	0,64	0,66	0,64	0,47	0,70	1,26	0,34	2,13	2,18
$\text{FeO}$	2,50	2,00	1,40	2,80	2,06	2,64	2,59	2,75	1,94	2,59	0,65	1,62
$\text{MnO}$	0,00	0,00	0,10	0,04	0,05	0,00	0,02	0,08	0,06	0,03	0,01	0,04
$\text{MgO}$	0,70	0,78	0,39	0,33	1,09	1,83	0,49	0,50	1,00	0,40	0,28	1,56
$\text{CaO}$	0,91	1,05	1,37	0,69	2,25	2,20	1,53	1,44	1,54	1,51	0,84	3,81
$\text{Na}_2\text{O}$	3,48	2,86	3,19	3,60	3,80	3,50	2,76	3,74	2,70	2,70	2,93	0,46
$\text{K}_2\text{O}$	4,74	6,36	4,72	5,55	4,66	1,80	6,68	4,68	4,41	4,95	6,66	4,59
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,00	0,00	0,01	0,21	0,24	0,18	0,18	0,18	0,23	0,21	0,11	0,14
$\text{SO}_3$	0,00	0,00	0,04	Сл.	0,60	0,00	0,01	Н.в.	Сл.	Сл.	0,04	0,02
$\text{H}_2\text{O}^-$	0,00	0,55	0,10	0,25	0,26	0,06	Н.в.	0,14	0,16	0,10	0,10	0,07
В. п. п.	1,15	Н.в.	0,50	0,43	0,84	0,00	1,01	0,58	0,81	0,66	0,83	1,51
Сума	99,27	99,80	100,36	100,58	100,91	98,85	99,97	100,75	99,21	99,68	99,63	99,64

4. Результати аналізу № 4, м. Новоград-Волинський (І.Б. Шербаков). Дещо бракує  $Fe_2O_3$  (0,64 — розр. 0,72; 11 %) та  $K_2O$  (5,55 — розр. 5,96; 8 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 32;  $N_{Пл}$  — 6; Мікр — 29; Кв — 27; Бі — 8;  $f_{Бі}$  — 85; Му — 3. Аналіз не дуже якісний: завищена залізистість біотиту ( $MgO$  — 0,33 % дещо замало або в породі більше магнетиту й ільменіту) і занижена основність плагіоклазу (замало  $CaO$  — 0,69 % або дещо забагато  $Na_2O$  — 3,60 %).

5. Результати аналізу № 1322, м. Житомир, кар'єр Крошня (В.М. Сидоров). Визначено забагато  $Fe_2O_3$  (0,66 — розр. 0,50; 24 %), бракує  $FeO$  (2,06 — розр. 2,15; 4 %) та  $K_2O$  (4,66 — розр. 5,08; 9 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 42;  $N_{Пл}$  — 23; Мікр — 23; Кв — 31; Бі — 9;  $f_{Бі}$  — 55; Му — 3,5. Аналіз не дуже якісний: дещо завищено  $N_{Пл}$  ( $CaO$  повинно бути менше 2,25 %) та розрахований вміст Бі (9 %, що є наслідком перебільшеного вмісту заліза та магнію).

6. Результати аналізу № 1249, м. Житомир, кар'єр Крошня (В.М. Сидоров). Визначено замало  $Fe_2O_3$  (0,64 — розр. 0,70; 9 %) і дуже бракує  $K_2O$  (1,80 — розр. 4,08; 127 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 39;  $N_{Пл}$  — 24; Мікр — 3; Кв — 27; Бі — 13;  $f_{Бі}$  — 50; Му — 19. Аналіз неякісний: завищено  $N_{Пл}$ , вміст біотиту та мусковіту. Зовсім невірно визначений вміст  $K_2O$ ,  $Al_2O_3$  та деяких інших елементів.

7. Результати аналізу № И-869/1, Бобринецький масив, м. Бобринець, кар'єр (В.І. Орса). Визначено дещо забагато  $TiO_2$  (0,48 — розр. 0,44; 8 %), бракує  $Fe_2O_3$  (0,47 — розр. 0,59; 26 %) та  $K_2O$  (6,68 — розр. 6,93; 4 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 29;  $N_{Пл}$  — 21; Мікр — 35; Кв — 24; Бі — 8;  $f_{Бі}$  — 78; Му — 2. Аналіз невисокої якості: завищена залізистість біотиту ( $MgO$  повинно бути понад 0,49 %);

можливо в породі більш ніж 0,33 % магнетиту і 0,23 ільменіту), дещо завищена основність плагіоклазу (занизький вміст  $Na_2O$ ).

8. Результати аналізу № 1857/8, Кіровоградський масив, м. Кіровоград, кар'єр (К.І. Свешніков). Визначено замало  $TiO_2$  (0,36 — розр. 0,40; 11 %),  $Fe_2O_3$  (0,70 — розр. 0,73; 4 %), а особливо  $K_2O$  (4,68 — розр. 5,67; 21 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 37;  $N_{Пл}$  — 15; Мікр — 23; Кв — 23; Бі — 8;  $f_{Бі}$  — 78; Му — 8. Аналіз невисокої якості: завищено залізистість біотиту ( $MgO$  в породі понад 0,50 %), сильно завищено вміст мусковіту (забагато  $Al_2O_3$ ).

9. Результати аналізу № 234, Кіровоградський масив, р. Сухокля, с. Софіївка (О.М. Голуб). Визначено забагато  $Fe_2O_3$  (1,26 — розр. 0,88; 30 %), замало  $FeO$  (1,94 — розр. 2,08; 7 %) та  $K_2O$  (4,41 — розр. 5,28; 20 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 29;  $N_{Пл}$  — 20; Мікр — 22; Кв — 32; Бі — 8;  $f_{Бі}$  — 55; Му — 7. Аналіз невисокої якості: завищена кількість мусковіту (надлишковий  $Al_2O_3$ ), дещо завищена кількість біотиту та основність плагіоклазу.

10. Результати аналізу № 11, Кіровоградський масив, м. Кіровоград, кар'єр (Ю.Л. Гасанов). Визначено замало  $Fe_2O_3$  (0,34 — розр. 0,55; 21 %) та  $K_2O$  (4,95 — розр. 5,32; 7 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 29;  $N_{Пл}$  — 21; Мікр — 25; Кв — 34; Бі — 8;  $f_{Бі}$  — 82. Аналіз якісний умовно: дуже завищена залізистість біотиту ( $MgO$  в породі понад 0,40 %), можливо, в породі трохи більше магнетиту й ільменіту. Дещо завищені кількість біотиту і основність плагіоклазу.

11. Результати аналізу № 90-1545/55, Боков'янський масив, 2 км на Пд від с. Братолобівка (І.М. Панкратов). Визначено істотний надлишок  $Fe_2O_3$  (2,13 — розр. 1,08; 49 %), дещо замало  $K_2O$  (6,66 — розр. 6,87; 3 %). Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 28;

Таблиця 2. Розрахований за результатами хімічних аналізів мінеральний склад біотитових гранітів, мас. %

Компонент	Житомирський комплекс					Кіровоградський комплекс						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ап	—	—	0,02	0,46	0,52	0,39	0,39	0,39	0,50	0,46	0,24	0,30
Аб	29,47	24,23	27,02	30,49	32,19	29,65	23,37	31,68	22,87	22,87	24,80	3,90
Мт	0,42	1,06	0,86	0,46	0,48	0,46	0,33	0,51	0,91	0,25	1,50	1,58
Сф	—	—	0,22	0,17	0,25	0,25	0,21	0,22	0,30	0,22	0,35	0,20
Іл	—	—	0,29	0,13	0,19	0,04	0,23	0,17	0,30	0,13	0,27	0,15
Фл	2,43	2,71	1,39	1,17	3,87	6,48	1,73	1,79	3,54	1,42	1,00	5,52
Ан	5,98	4,21	2,93	6,73	4,74	6,49	6,17	6,50	4,31	6,50	0,10	2,73
Мікр	23,39	33,68	25,58	28,59	22,55	3,20	35,35	23,26	21,61	25,10	38,50	22,20
Анор	4,51	5,20	6,43	1,93	9,41	9,51	6,09	5,79	5,85	5,94	3,02	17,77
Му	9,03	2,09	7,57	3,46	3,53	19,13	2,09	8,29	7,33	3,11	0,91	—
Кв	24,76	26,20	28,13	27,16	31,25	26,90	23,58	23,07	31,91	33,93	26,09	44,12
Бі	8,63	6,92	4,32	7,90	8,61	12,97	7,90	8,29	7,85	7,92	1,10	8,25
$f_{Бі}$	71	61	68	85	55	50	78	78	55	82	9	33
Пл	33,98	29,43	33,45	32,42	41,60	39,16	29,46	37,47	28,72	28,81	27,83	21,67
$N_{Пл}$	13	18	19	6	23	24	21	15	20	21	11	82

$N_{\text{Пл}}$  — 11; Мікр — 39; Кв — 26; Бі — 1;  $f_{\text{Бі}}$  — 9; Му — 1. Аналіз неякісний: сильно занижена залізистість біотиту і низький його вміст (бракує FeO).

12. Результати аналізу № 90-1556/52, Боков'янський масив, 1 км на ПнС від с. Братолобівка (І.М. Панкратов). Визначено істотний надлишок  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (2,18 — розр. 1,25; 43 %), замало  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (11,20 — розр. 12,27; 10 %) Розрахований мінеральний склад, %: Пл — 22;  $N_{\text{Пл}}$  — 82; Мікр — 22; Кв — 44; Бі — 8;  $f_{\text{Бі}}$  — 33. Аналіз неякісний: сильно завищена основність плагіоклазу (надлишок — CaO, брак —  $\text{Na}_2\text{O}$ ), дещо завищена кількість біотиту та занижена його залізистість (замало FeO).

Проведені перерахунки дали змогу зробити деякі висновки щодо якості аналізів.

З шести аналізів біотитових (біотит-мусковітових) гранітів житомирського комплексу високоякісний лише один (М.І. Безбородька); три аналізи якісні умовно, два зовсім неякісні (В.І. Лучицький, В.М. Сидоров).

З шести аналізів біотитових гранітів кіровоградського комплексу якісні умовно чотири, два неякісні (І.М. Панкратов).

Серед оксидів, вміст яких визначали, найбільші похибки спостерігаються у визначенні  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , вміст якого майже повсюдно завищений, хоча в одному неякісному аналізі — сильно занижений. Великі похибки встанов-

лені у визначенні  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , вони сягають 30—49 % (з різним знаком), хоча через невеликий вміст цього оксиду його визначення суттєво на якість результатів аналізів не впливає. Значні похибки у визначенні вмісту  $\text{K}_2\text{O}$  (до 21 %), який майже постійно є заниженим. Як правило, занижений вміст MgO, іноді — FeO та  $\text{Na}_2\text{O}$ , завищений — CaO.

Проведені нами перерахунки результатів хімічних аналізів гранітів кіровоградського комплексу із геологічних звітів показали, що не більше як третину з них можна визнати високоякісними.

Дещо важче здійснювати перерахунки результатів хімічних аналізів гранітоїдів, у складі яких присутні кілька темноколірних мінералів: крім найрозповсюдженішого біотиту — рогова обманка, ромбічний та моноклінний піроксени, гранати. В цих випадках бажано мати реальні дані щодо мінерального складу породи і залізистості породоутворювальних мінералів по конкретних шліфах і протолочках або хоч би середні значення цих показників для комплексу чи масиву і вводити у розрахунки відповідні коефіцієнти. Навіть такі орієнтовні перерахунки допоможуть відбракувати безумовно неякісні аналізи.

1. *Висьневский Я.С.* Универсальные таблицы для пересчета состава горных пород. — Ташкент : Наука, 1965. — 198 с.
2. *Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов /* Под ред. Г.В. Остроумова. — М. : Недра, 1979. — 400 с.
3. *Щербак Н.П.* Петрология и геохронология докембрия западной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1975. — 269 с.
4. *Щербаков И.Б.* Петрология Украинского щита. — Львов : ЗУКЦ, 2005. — 366 с.
5. *Щербаков И.Б., Еситчук К.Е., Орса В.И. и др.* Гранитоидные формации Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1984. — 192 с.

Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М. П. Семененка НАН України, Київ

Надійшла 17.12.2008

**РЕЗЮМЕ.** Рассмотрены разные типы ошибок, возможных во время выполнения химического анализа горных пород. Предложена новая методика пересчета химического состава гранитоидов на их приблизительный модальный минеральный состав. Приведен химический состав 12 образцов гранитов житомирского и кировоградского комплексов и выполнен его пересчет на минеральный состав по этой методике с целью оценки качества анализов.

**SUMMARY.** Different types of the errors during chemical analysis of the rocks are considered. A new method of conversion of granitoids chemical composition to their approximately modal mineral composition is proposed. Chemical analysis of 12 biotite granites of Zhitomyr and Kirovograd complexes was carried out and their conversion to mineral composition was made for estimating the analysis quality.