

Волинський національний університет  
імені Лесі Українки  
Факультет хімії, екології та фармації  
Кафедра хімії та технологій

**Олег Марчук  
Олександр Смітюх  
Іван Алексеюк**

***Основи фізико-хімічного аналізу***  
*(завдання для модульного контролю)*

**Методичні рекомендації  
для студентів спеціальностей  
102 – Хімія та 014 – Середня освіта (Хімія)**

**Луцьк – 2020**

## УДК 544.016

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою  
Волинського національного університету  
імені Лесі Українки  
(протокол № 4 від 16 грудня 2020 року)*

### Рецензенти:

**Мороз І. А.** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри матеріалознавства Луцького національного технічного університету;

**Марушко Л. П.** – кандидат хімічних наук, декан факультету хімії, екології та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки.

**М 30** Марчук О., Смітюх О. Олексюк І. Основи фізико-хімічного аналізу (завдання для модульного контролю). Методичні рекомендації до лабораторного практикуму для студентів спеціальностей 102 – Хімія та 014 – Середня освіта (Хімія) / Олег Васильович Марчук, Олександр Вікторович Смітюх, Іван Дмитрович Олексюк – Луцьк: ПП Іванюк В. П., 2020. – 39 с.

Навчально-методичне видання містить індивідуальні завдання для модульного контролю знань студентів з навчальної дисципліни “Основи фізико-хімічного аналізу” та короткі теоретичні відомості про просторову будову діаграми стану потрійної конденсованої системи із кристалізацією чистих компонентів.

Для студентів напряму підготовки бакалавра (спеціальності 102 – Хімія та 014 – Середня освіта (Хімія), викладачів та аспірантів.

**УДК 544.016**

© Марчук О. В., Смітюх О. В., Олексюк І. Д.  
2020

© Волинський національний університет  
імені Лесі Українки, 2020

**Тема 1**  
**Двокомпонентні системи**  
**(індивідуальні завдання)**

- Варіант 1.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{HgSe} - \text{SnSe}_2$  (рис. 1.1): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 2.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{HgS} - \text{GeS}_2$  (рис. 1.2): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 3.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{SnS}_2$  (рис. 1.3): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 4.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{SnS}_2$  (рис. 1.4): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 5.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Ge} - \text{S}$  (рис. 1.5): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 6.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Ge} - \text{Se}$  (рис. 1.6): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 7.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{SnSe}_3 - \text{HgSe}$  (рис. 1.7): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 8.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{SnSe}_3 - \text{ZnSe}$  (рис. 1.8): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.

- Варіант 9.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{SiS}_3 - \text{HgS}$  (рис. 1.9): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 10.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{SnSe}_3 - \text{CdSe}$  (рис. 1.10): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 11.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{GeS}_3 - \text{HgS}$  (рис. 1.11): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 12.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{GeSe}_2$  (рис. 1.12): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 13.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{SnS}_2$  (рис. 1.13): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 14.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{La}_2\text{S}_3$  (рис. 1.14): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 15.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3 - \text{ZnS}$  (рис. 1.15): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 16.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{GeS}_3 - \text{CdS}$  (рис. 1.16): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 17.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{GeSe}_3 - \text{CdSe}$  (рис. 1.17): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.

- Варіант 18.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{SiS}_3 - \text{CdS}$  (рис. 1.18): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 19.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{GeSe}_3 - \text{HgSe}$  (рис. 1.19): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 20.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{SnSe}_2$  (рис. 1.20): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 21.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{GeSe}_2$  (рис. 1.21): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 22.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Sn} - \text{S}$  (рис. 1.22): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 23.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Sn} - \text{Se}$  (рис. 1.23): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.
- Варіант 24.** Проаналізуйте діаграму стану системи  $\text{Cu} - \text{Se}$  (рис. 1.24): а) ідентифікуйте всі фазові поля; б) назвіть та запишіть характерні процеси (якщо такі наявні) і вкажіть температуру їх протікання.

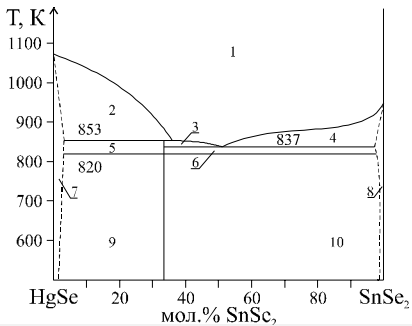


Рис. 1.1. [1]

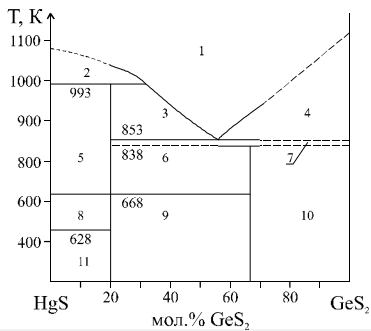


Рис. 1.2. [2]

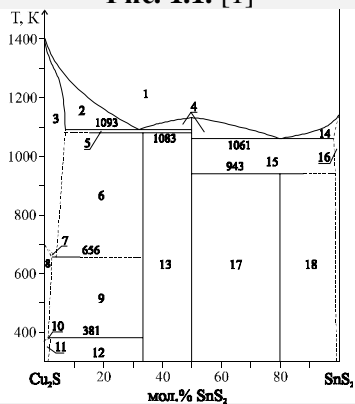


Рис. 1.3. [3]

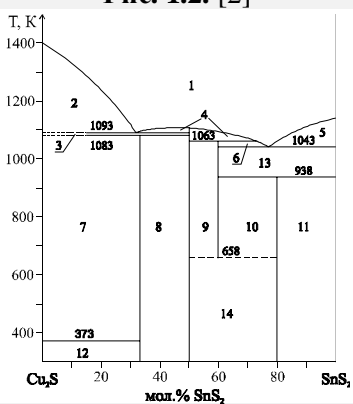


Рис. 1.4. [4]

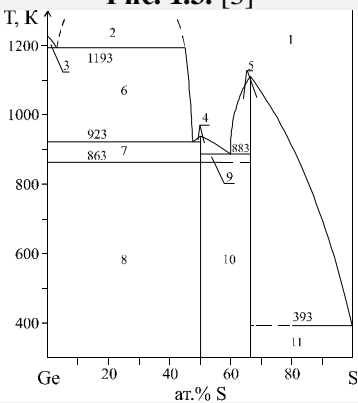


Рис. 1.5. [5]

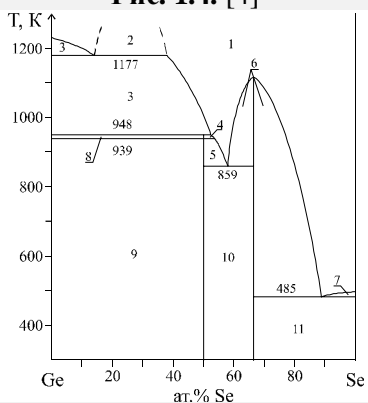
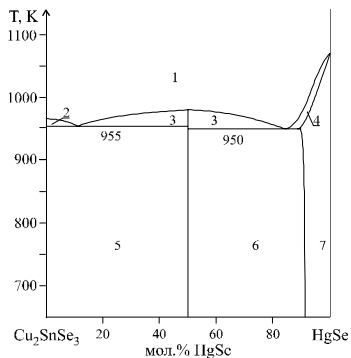
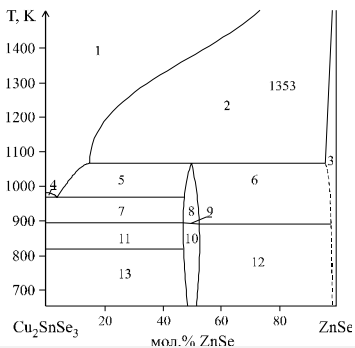


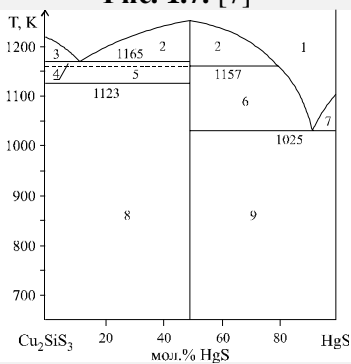
Рис. 1.6. [6]



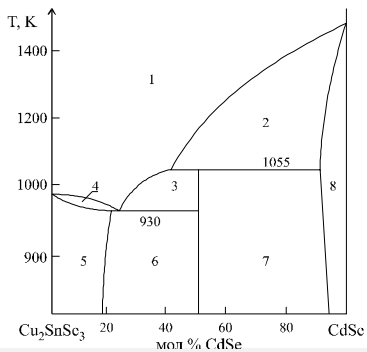
**Рис. 1.7. [7]**



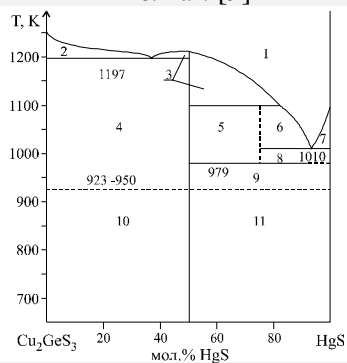
**Рис. 1.8. [8]**



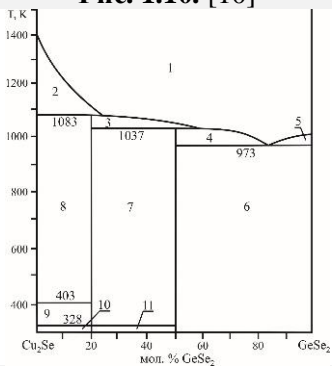
**Рис. 1.9. [9]**



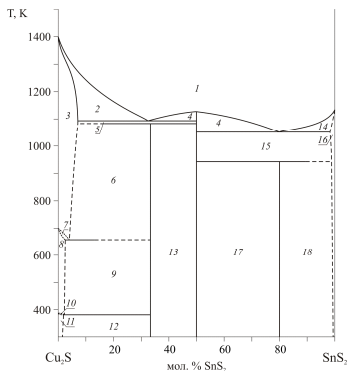
**Рис. 1.10. [10]**



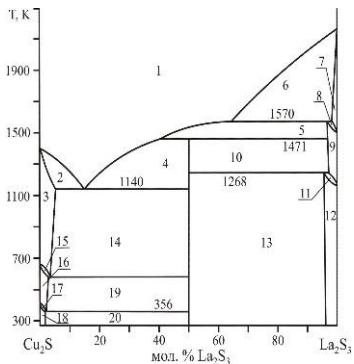
**Рис. 1.11. [11]**



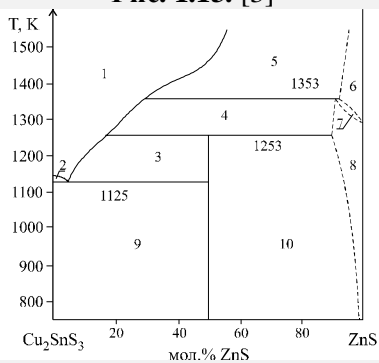
**Рис. 1.12. [12]**



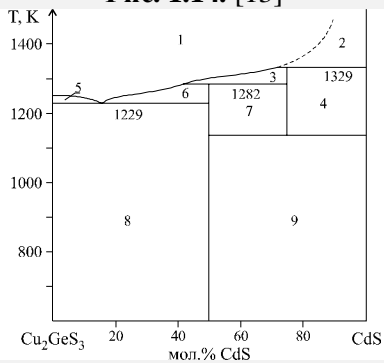
**Рис. 1.13.** [3]



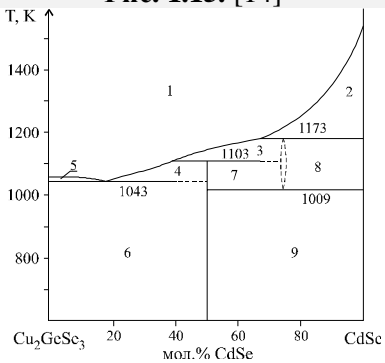
**Рис. 1.14.** [13]



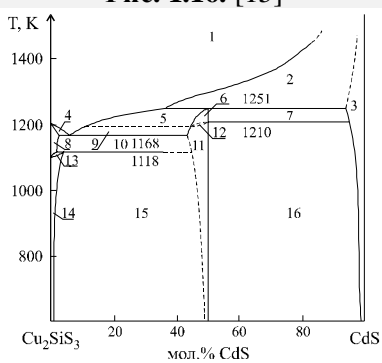
**Рис. 1.15.** [14]



**Рис. 1.16.** [15]



**Рис. 1.17.** [15]



**Рис. 1.18.** [16]



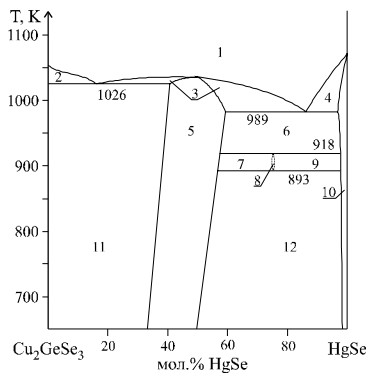


Рис. 1.19. [9]

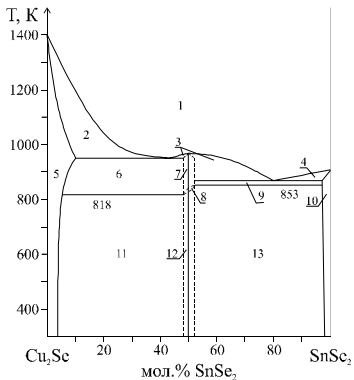


Рис. 1.20. [17]

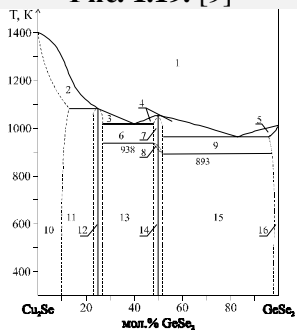


Рис. 1.21. [17]

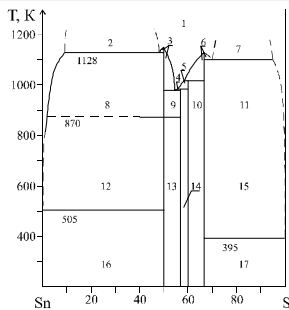


Рис. 1.22. [18]

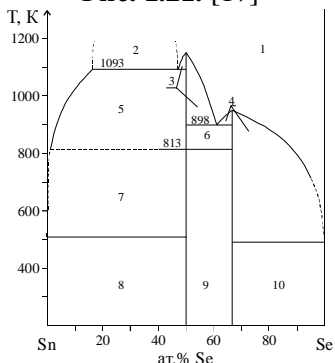


Рис. 1.23. [19]

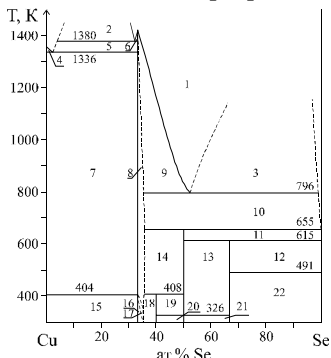


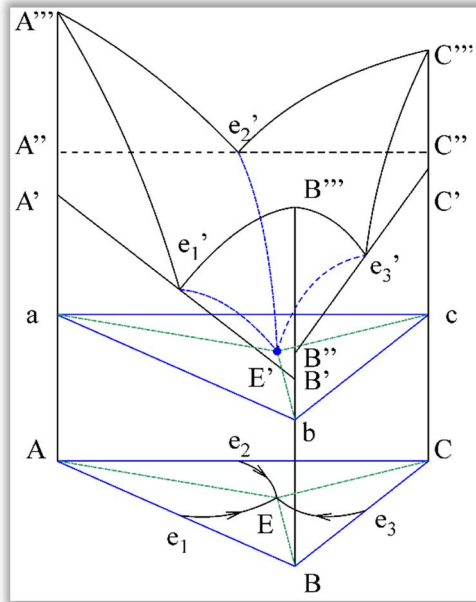
Рис. 1.24. [20]

## Тема 2

### Діаграма стану потрійної конденсованої системи із кристалізацією чистих компонентів (короткі теоретичні відомості)

#### 2.1. Просторова діаграма стану.

Розглянемо будову потрійної системи  $A - B - C$ , яка утворена трьома компонентами  $A$ ,  $B$  і  $C$ , що необмежено розчинні в рідкому стані, а в твердому стані не утворюють твердих розчинів (рис. 2.1).



**Рис. 2.1.** Просторова діаграма стану потрійної системи із кристалізацією чистих компонентів.

Якщо в такій системі взяти розплавлену суміш із трьох компонентів з довільним їх вмістом, то при охолодженні такої суміші спочатку, як правило, буде викристалізовуватись один із компонентів. При охолодженні сплавів певного компонентного складу із розплаву може сумісно викристалізовуватись два або три компоненти.

Процес, при якому викристалізовується лише один компонент (А, В або С), називають **первинною кристалізацією**. Після процесу первинної кристалізації із того ж самого сплаву проходить процес **вторинної кристалізації** (викристалізовується два компоненти А + В, В + С або А + С). За вторинною кристалізацією завжди слідує процес **третинної кристалізації** (А + В + С).

**Поверхнею ліквідусу** називається така поверхня, при досягненні якої фігуративною точкою розплавленої системи, при охолодженні останньої розпочинається процес кристалізації. Поверхня ліквідусу такої системи проходить через точки А', В' і С', що відповідають температурам плавлення чистих компонентів, а також через лінії ліквідусу А'e<sub>1</sub>'В', В'e<sub>3</sub>'С' і С'e<sub>2</sub>'А' бінарних систем А – В, В – С і С – А відповідно. Вцілому поверхня ліквідусу складається із трьох частин А''e<sub>2</sub>'Е'e<sub>1</sub>'А'', В''e<sub>1</sub>'Е'e<sub>3</sub>'В'' і С''e<sub>3</sub>'Е'e<sub>2</sub>'С'', які називаються **полями первинної кристалізації**. Ці поля попарно перетинаються по кривих e<sub>1</sub>'Е', e<sub>3</sub>'Е' і e<sub>2</sub>'Е', які відповідають кристалізації подвійних евтектик А + В, В + С і С + А і називаються **лініями вторинної кристалізації**.

Три поля первинної кристалізації і три лінії вторинної кристалізації перетинаються в одній спільній точці Е', для якої притаманними є такі властивості: 1) ця точка є самою низькою точкою ліквідусу і тому відповідає самому низькоплавкому сплаву системи; 2) точка Е' зображує третинну кристалізацію і називається **потрійною евтектичною точкою**. Сплав і температура, які відповідають цій точці, називаються **евтектичними**.

Для зображення поверхні ліквідусу потрійної системи на площині, використовують її ортогональну проекцію на площину концентраційного трикутника. На цьому трикутнику точки А, В і С відповідають чистим компонентам; відрізки А – В, А – С і В – С відповідають подвійним системам; точки e<sub>1</sub>', e<sub>2</sub>' і e<sub>3</sub>' відповідають подвійним евтектикам; площини Ae<sub>2</sub>Ee<sub>1</sub>A, Be<sub>1</sub>Ee<sub>3</sub>B і Ce<sub>3</sub>Ee<sub>2</sub>C відповідають проекціям полів первинної кристалізації; криві Ee<sub>1</sub>, Ee<sub>2</sub> і Ee<sub>3</sub> – проекції ліній вторинної кристалізації, точка Е – проекція евтектичної точки Е'.

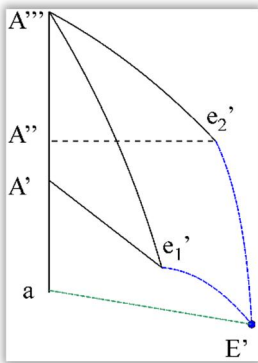
Солідус потрійної системи зображений площиною рівностороннього трикутника *abc*, який проходить через точку потрійної евтектики Е' паралельно до площини концентраційного

трикутника  $ABC$ . Площину рівностороннього трикутника  $abc$  називають площиною закінчення кристалізації сплавів потрійної системи.

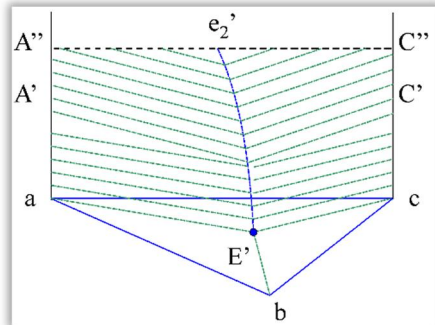
Між поверхнею первинної кристалізації і площиною закінчення кристалізації розміщені так звані об'єми первинної і вторинної кристалізації (рис. 2.2). Таких об'ємів первинної кристалізації є три, кожен з яких відповідає чистим компонентам  $A$ ,  $B$  і  $C$ .

Між солідусом системи і об'ємами первинної кристалізації розміщені об'єми вторинної кристалізації (рис. 2.3). Таких об'ємів вторинної кристалізації є три, кожен із яких прилягає до сторін  $A - B$ ,  $B - C$  і  $C - A$ .

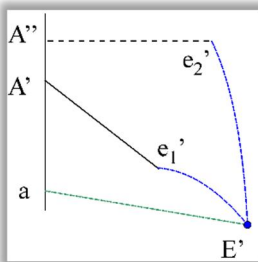
Об'єми первинної і вторинної кристалізації розділені поверхнями, які мають форму (рис. 2.4).



**Рис. 2.2.** Об'єм первинної кристалізації.



**Рис. 2.3.** Об'єм вторинної кристалізації.



**Рис. 2.4.** Поверхня розділу об'ємів первинної і вторинної кристалізації.

Таким чином просторова діаграма **потрійної конденсованої системи із кристалізацією чистих компонентів** складається із таких елементів:

1. трьох поверхонь первинної кристалізації компонентів системи;
2. трьох об'ємів первинної кристалізації;
3. трьох об'ємів вторинної кристалізації;
4. площини закінчення кристалізації сплавів системи або поверхні солідуса.

## 2.2. Політермічні перерізи.

Розглянемо будову найбільш характерних політермічних перерізів потрійної системи. Характер протікання процесів кристалізації у типових сплавах потрійної конденсованої із кристалізацією чистих компонентів представлено у таблиці 2.1.

**Таблиця 2.1.** Процесів кристалізації.

Місце фігуративної точки сплаву	Кристалізація		
	первинна	вторинна	третинна
<b>В середині площадки</b>			
$Ae_1E$	A	A + B	A + B + C
$Ae_2E$	A	A + C	A + B + C
$Be_1E$	B	B + A	A + B + C
$Be_2E$	B	B + C	A + B + C
$Ce_1E$	C	C + A	A + B + C
$Ce_2E$	C	C + B	A + B + C
<b>На кривій вторинного виділення</b>			
$Ee_1$	–	A + B	A + B + C
$Ee_2$	–	A + C	A + B + C
$Ee_3$	–	B + C	A + B + C
<b>На допоміжній прямій</b>			
AE	A	–	A + B + C
BE	B	–	A + B + C
CE	C	–	A + B + C
<b>На відрізку</b>			
$Ae_1$	A	A + B	–

Місце фігуративної точки сплаву	Кристалізація		
	первинна	вторинна	третинна
$Ae_2$	A	A + C	–
$Be_1$	B	B + A	–
$Be_3$	B	B + C	–
$Ce_2$	C	C + A	–
$Ce_3$	C	C + B	–
<b>У точці</b>			
E	–	–	A + B + C
$e_1$	–	A + B	–
$e_2$	–	A + C	–
$e_3$	–	B + C	–
A	A	–	–
B	B	–	–
C	C	–	–

Знаючи етапи кристалізації сплавів, можна легко побудувати будь-який політермічний переріз трійної системи (див. рис. 2.5 – 2.9).

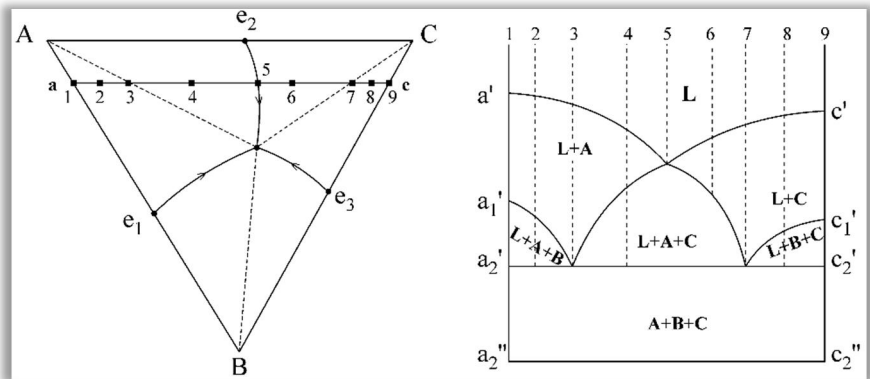


Рис. 2.5. Діаграма стану політермічного перерізу  $a - c$ .

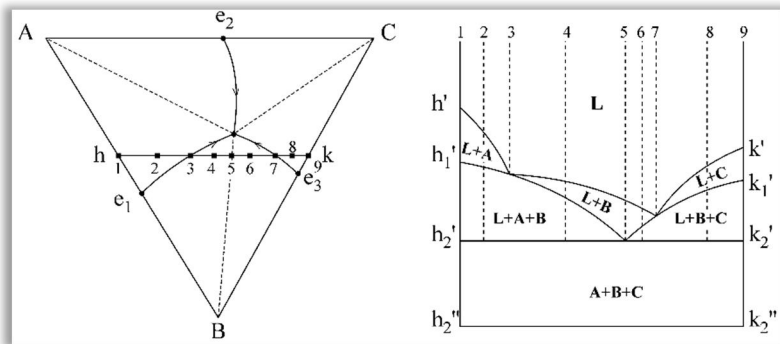


Рис. 2.6. Діаграма стану політермічного перерізу  $h - k$ .

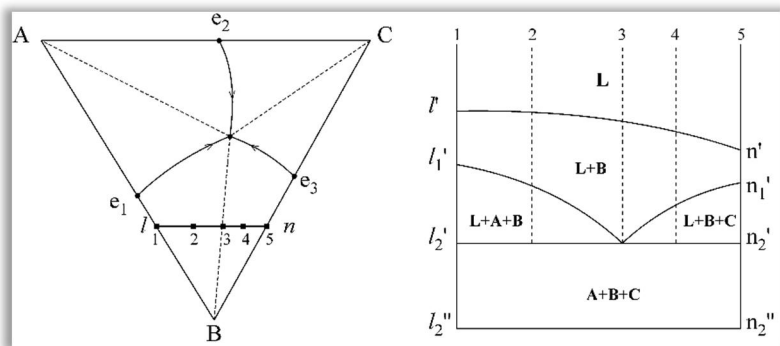


Рис. 2.7. Діаграма стану політермічного перерізу  $l - n$ .

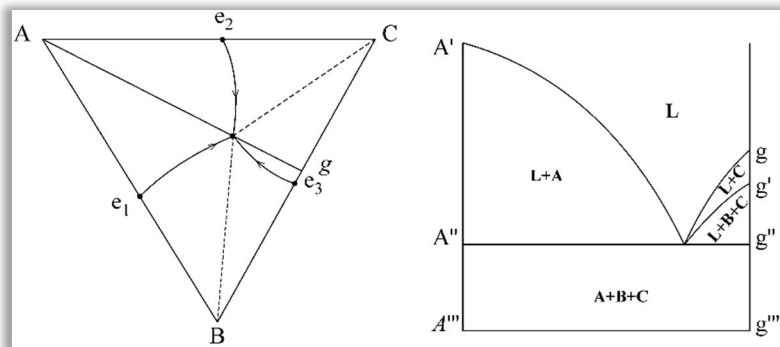
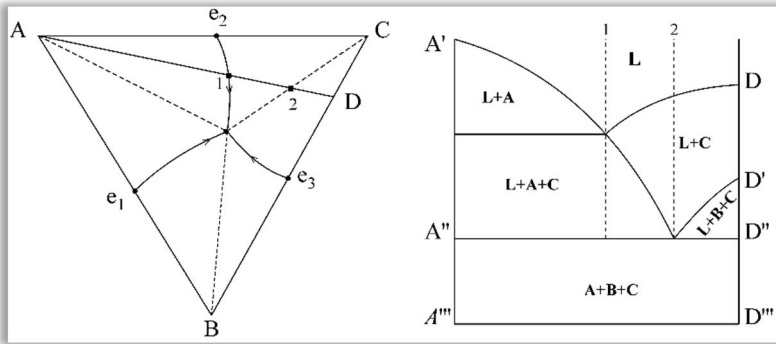


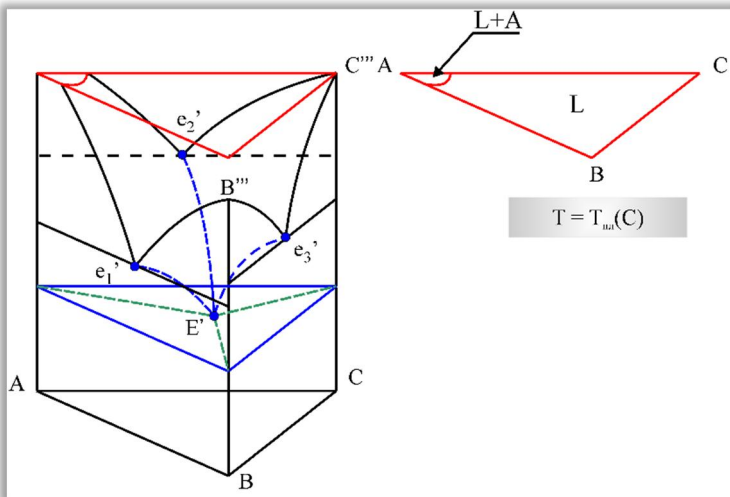
Рис. 2.8. Діаграма стану політермічного перерізу  $A - g$ .



**Рис. 2.9.** Діаграма стану політермічного перерізу  $A - D$ .

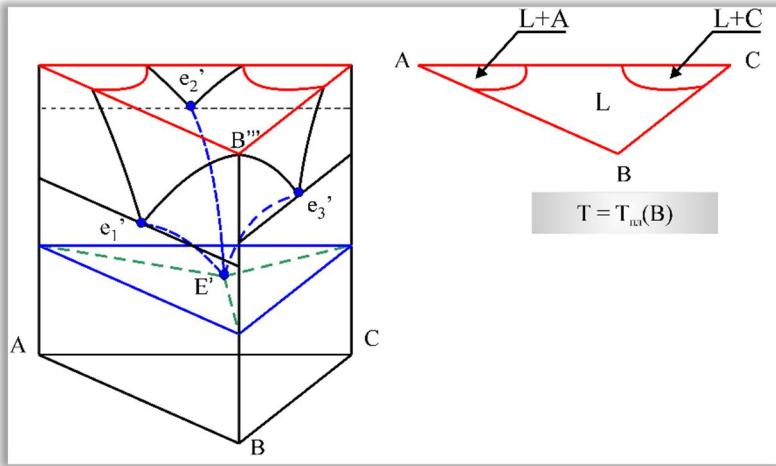
### 2.3. Ізотермічні перерізи.

Ізотермічними називають перерізи за постійної температури ( $T = \text{const}$ ). На рисунках 2.10 – 2.14 представлено типові ізотермічні перерізи потрійної конденсованої системи із кристалізацією чистих компонентів ( $T_{\text{пл}}(A) > T_{\text{пл}}(B) > T_{\text{пл}}(C)$ ).

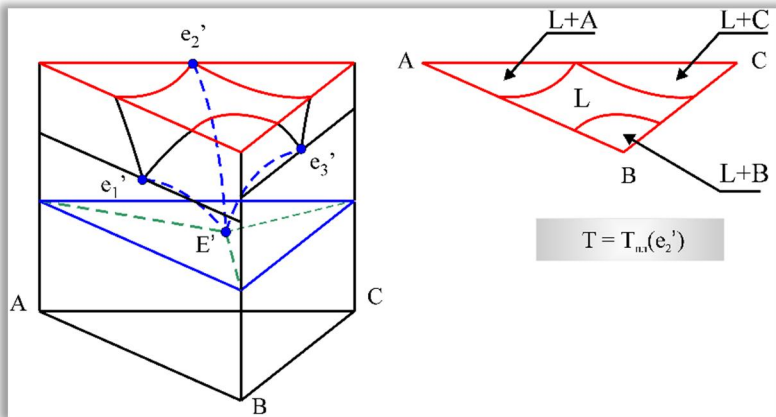


**Рис. 2.10.** Ізотермічний переріз потрійної системи  $A - B - C$  за температури плавлення компонента  $C$ .

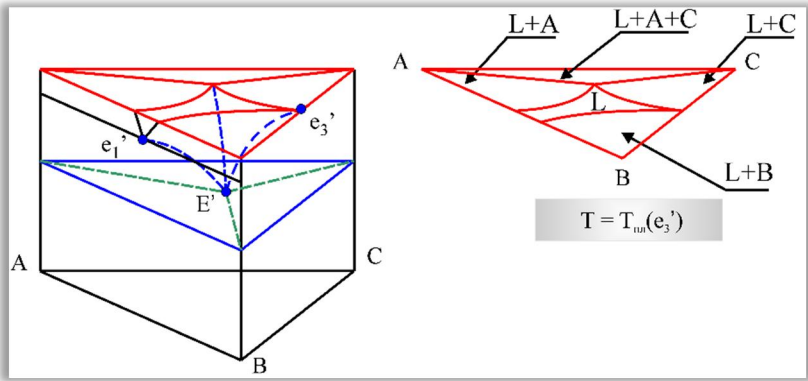




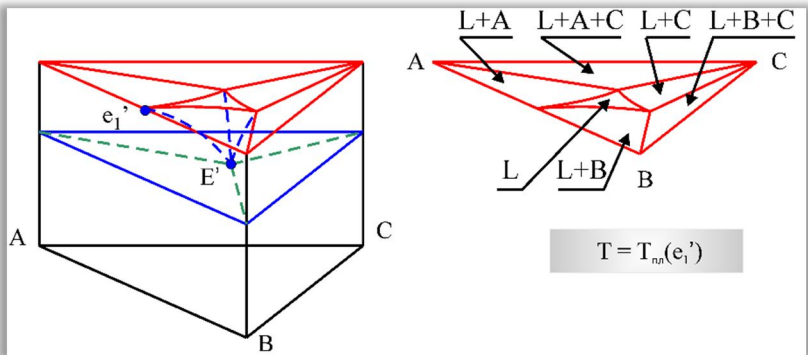
**Рис. 2.11.** Ізотермічний переріз потрійної системи А – В – С за температури плавлення компонента В.



**Рис. 2.12.** Ізотермічний переріз потрійної системи А – В – С за температури нонваріантного евтектичного процесу у системі А – С.



**Рис. 2.13.** Ізотермічний переріз потрійної системи А – В – С за температури неваріантного евтектичного процесу у системі В – С



**Рис. 2.14.** Ізотермічний переріз потрійної системи А – В – С за температури неваріантного евтектичного процесу у системі А – В

**Тема 3**  
**Трикомпонентні системи**  
*(індивідуальні завдання)*

**Варіант 1**

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.1) за температур 600 °С і 550 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-d$  та  $b-e$  і позначте на них усі фазові поля.

<b>T<sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С</b>						
A	B	C	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E
700	650	600	500	400	460	250

**Варіант 2**

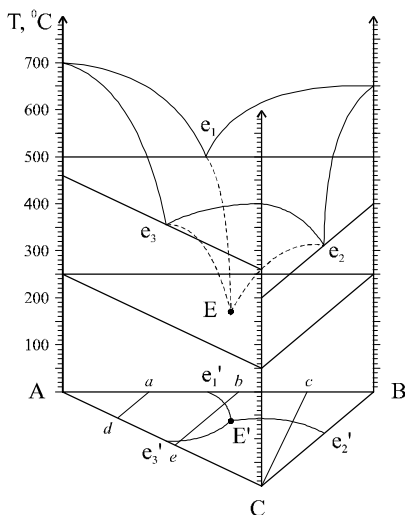
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.2) за температур 420 °С і 310 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $b-e$  та  $c-C$  і позначте на них усі фазові поля.

<b>T<sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С</b>						
A	B	C	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E
700	650	600	500	400	460	250

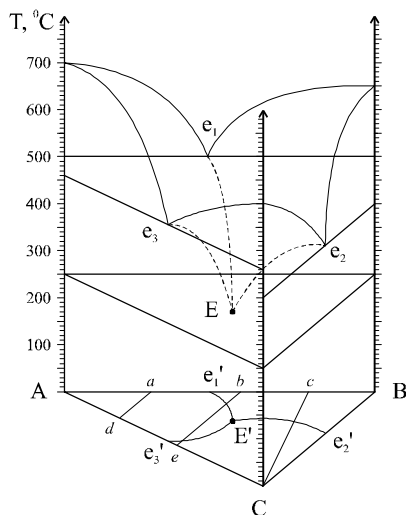
**Варіант 3**

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.3) за температур 550 °С і 480 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  та  $c-d$  і позначте на них усі фазові поля.

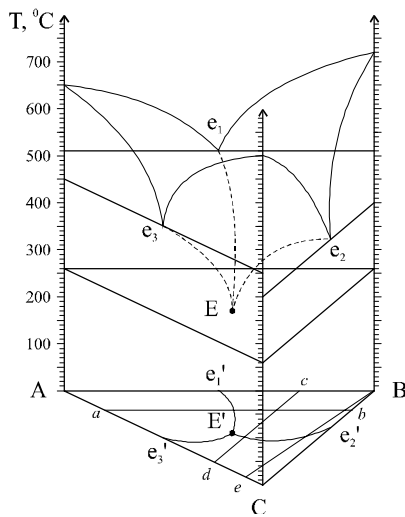
<b>T<sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С</b>						
A	B	C	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E
650	720	700	510	400	450	260



**Рис. 2.1**



**Рис. 2.2**



**Рис. 2.3.**

#### Варіант 4

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.4) за температур 480 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-d$  та  $B-e$  і позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
650	720	700	510	400	450	260

#### Варіант 5

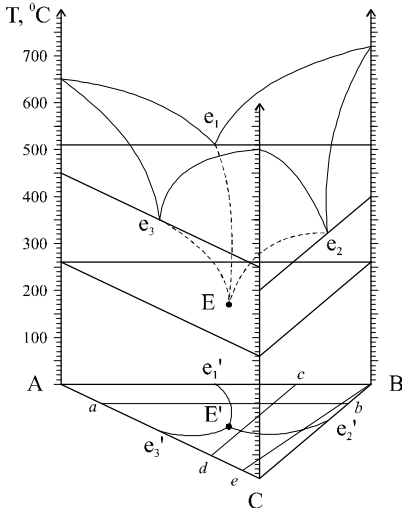
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.5) за температур 600 °С і 520 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $A-a$  і  $c-b$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
700	750	600	550	500	450	270

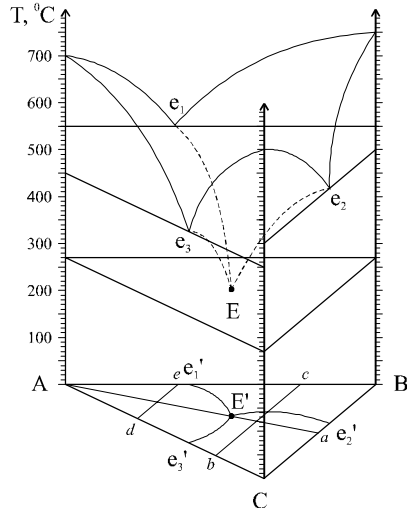
#### Варіант 3

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.6) за температур 500 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-b$  і  $e-d$  та позначте на них усі фазові поля.

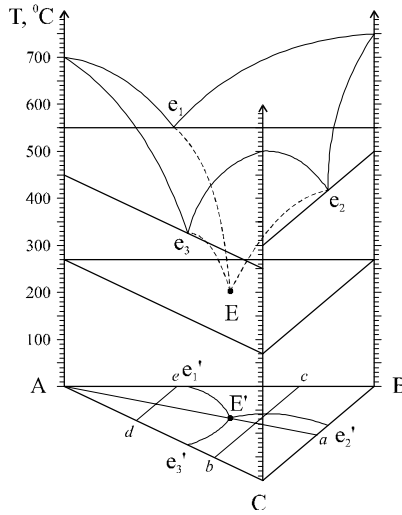
Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
700	750	600	550	500	450	270



**Рис. 2.4.**



**Рис. 2.5.**



**Рис. 2.6.**

### Варіант 7

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.7) за температур  $600^{\circ}\text{C}$  і  $550^{\circ}\text{C}$  та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $c-d$  та позначте на них усі фазові поля.

<b><math>T_{пл}</math> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), <math>^{\circ}\text{C}</math></b>						
A	B	C	$e_1$	$e_2$	$e_3$	E
700	750	650	550	500	450	280

### Варіант 8

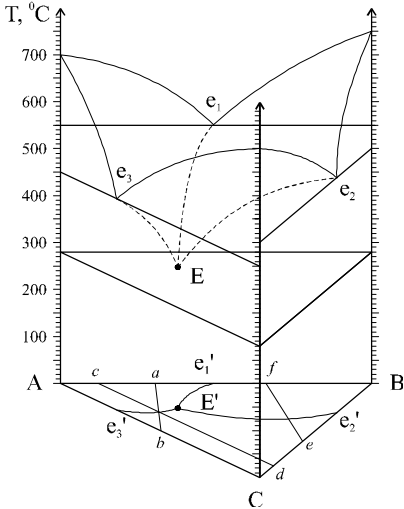
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.8) за температур  $500^{\circ}\text{C}$  і  $400^{\circ}\text{C}$  та позначте на них всі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-d$  і  $e-f$  та позначте на них усі фазові поля.

<b><math>T_{пл}</math> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), <math>^{\circ}\text{C}</math></b>						
A	B	C	$e_1$	$e_2$	$e_3$	E
700	750	650	550	500	450	280

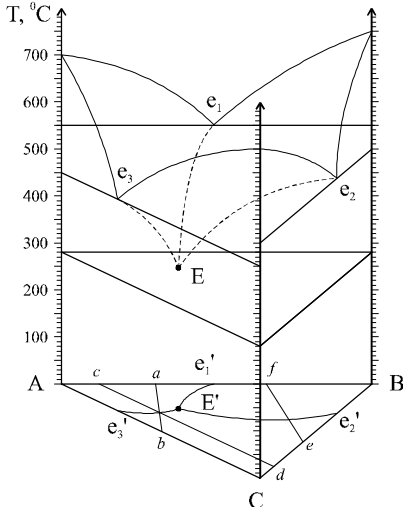
### Варіант 9

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.9) за температур  $600^{\circ}\text{C}$  і  $550^{\circ}\text{C}$  та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $c-d$  та позначте на них усі фазові поля.

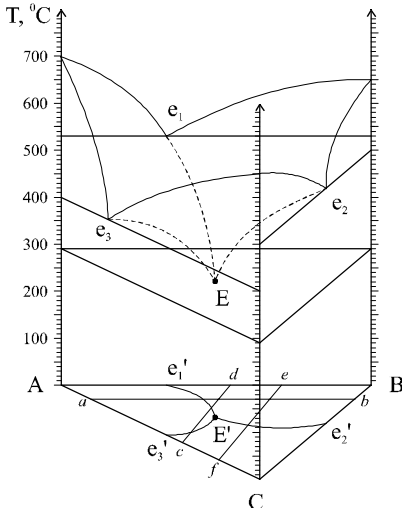
<b><math>T_{пл}</math> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), <math>^{\circ}\text{C}</math></b>						
A	B	C	$e_1$	$e_2$	$e_3$	E
700	650	650	520	500	400	290



**Рис. 2.7.**



**Рис. 2.8.**



**Рис. 2.9.**



### Варіант 10

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.10) за температур 500 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-d$  і  $e-f$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
700	650	650	520	500	400	290

### Варіант 11

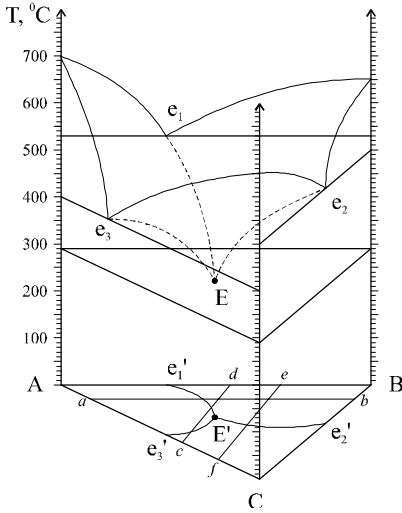
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.11) за температур 600 °С і 550 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $C-c$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
750	700	700	550	450	500	300

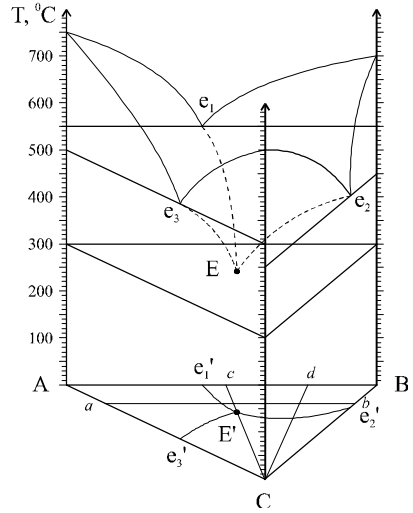
### Варіант 12

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.12) за температур 550 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $C-c$  і  $C-d$  та позначте на них усі фазові поля.

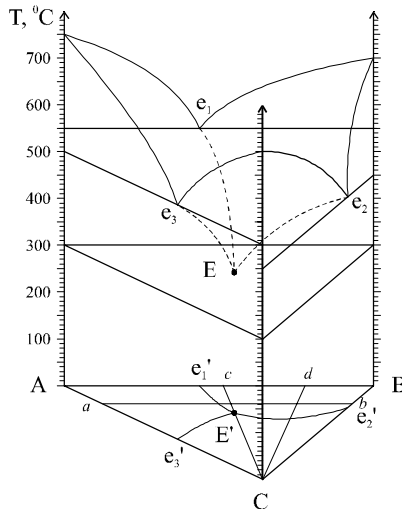
Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
750	700	700	550	450	500	300



**Рис. 2.10.**



**Рис. 2.11.**



**Рис. 2.12.**

### Варіант 13

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.13) за температур 550 °С і 480 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $C-c$  та позначте на них всі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
600	600	580	450	440	400	230

### Варіант 14

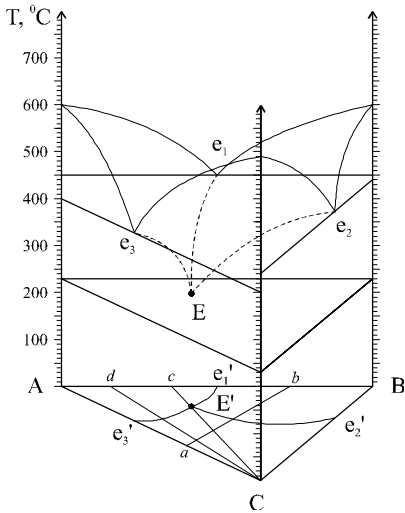
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.14) за температур 440 °С і 400 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $C-c$  і  $C-d$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
600	600	580	450	440	400	230

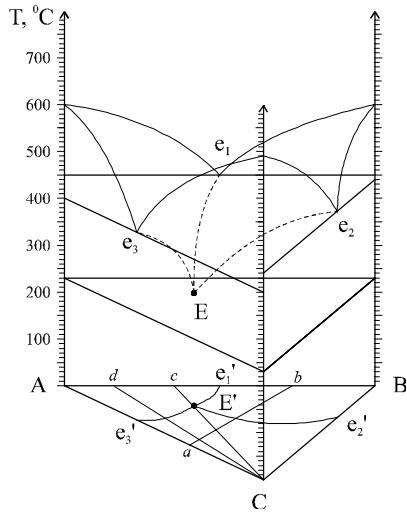
### Варіант 15

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. б) при температурах 500 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $B-c$  та позначте на них усі фазові поля.

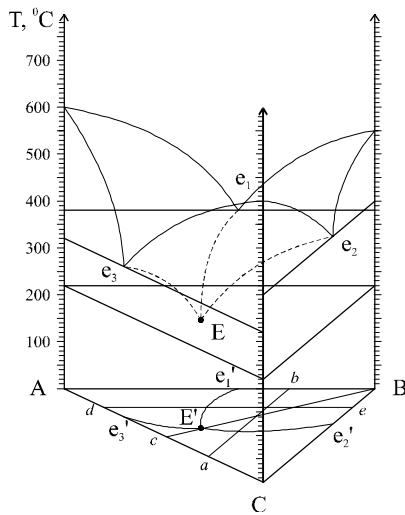
Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
600	550	550	380	400	320	220



**Рис. 2.13.**



**Рис. 2.14.**



**Рис. 2.15.**

### Варіант 16

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.16) за температур 450 °С і 300 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $B-c$  і  $d-e$  та позначте на них всі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
600	550	550	380	400	320	220

### Варіант 17

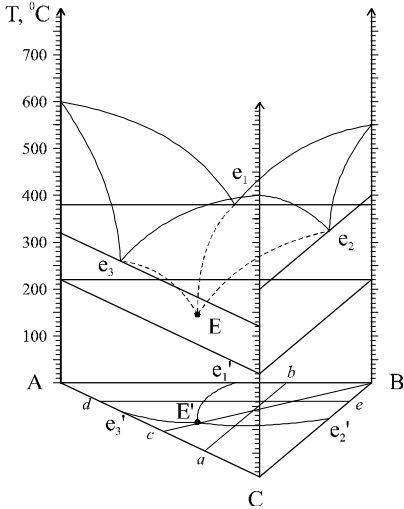
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.17) за температур 600 °С і 500 °С та позначте на них всі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $C-c$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
750	600	600	450	430	400	250

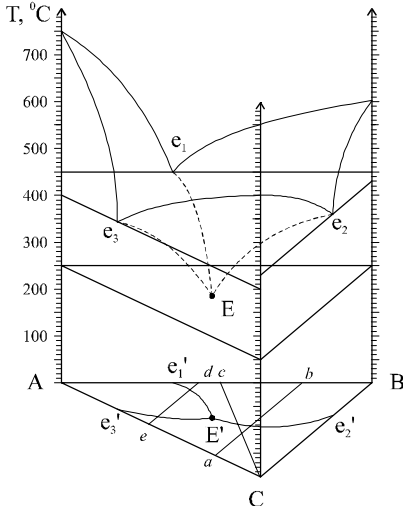
### Варіант 18

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.18) при температурах 500 °С і 400 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $C-c$  і  $e-d$  та позначте на них усі фазові поля.

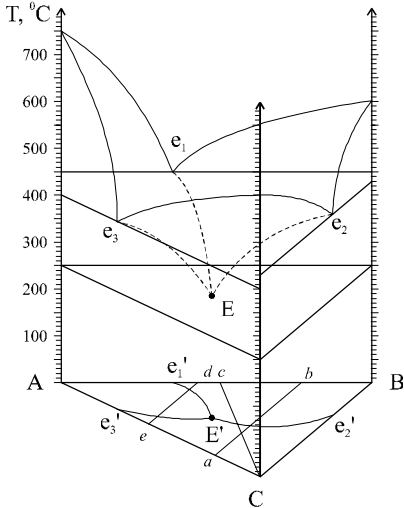
Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
750	600	600	450	430	400	250



**Рис. 2.16.**



**Рис. 2.17.**



**Рис. 2.18.**

### Варіант 19

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.19) за температур 600 °С і 550 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $a-b$  і  $C-c$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
650	750	600	470	450	400	300

### Варіант 20

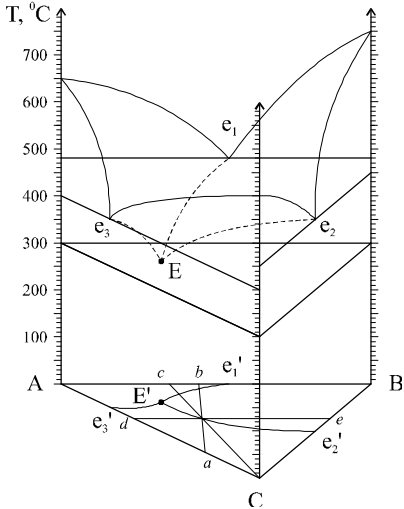
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.20) за температур 550 °С і 400 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $C-c$  і  $d-e$  та позначте на них усі фазові поля.

Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
650	750	600	470	450	400	300

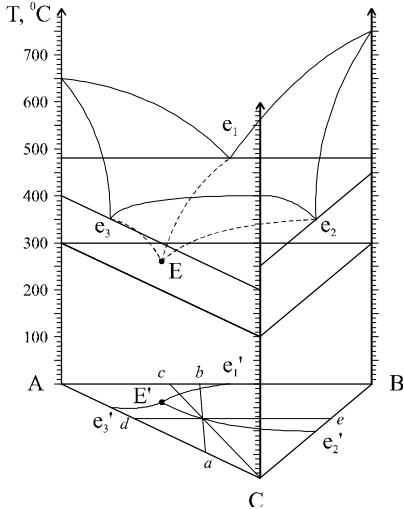
### Варіант 21

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.21) за температур 420 °С і 310 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $b-e$  та  $c-C$  і позначте на них усі фазові поля.

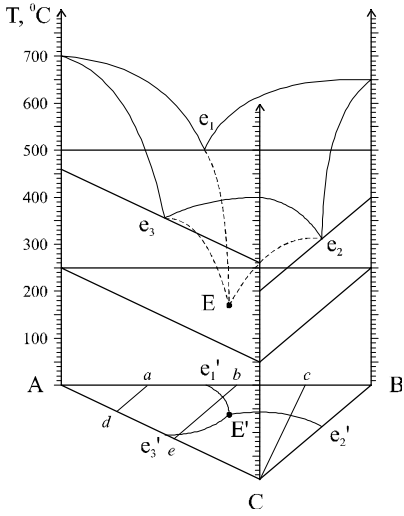
Т <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
А	В	С	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Е
700	650	600	500	400	460	250



**Рис. 2.19.**



**Рис. 2.20.**



**Рис. 2.21.**



### Варіант 22

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.22) за температур 480 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-d$  та  $B-e$  і позначте на них усі фазові поля.

T <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
A	B	C	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E
650	720	700	510	400	450	260

### Варіант 23

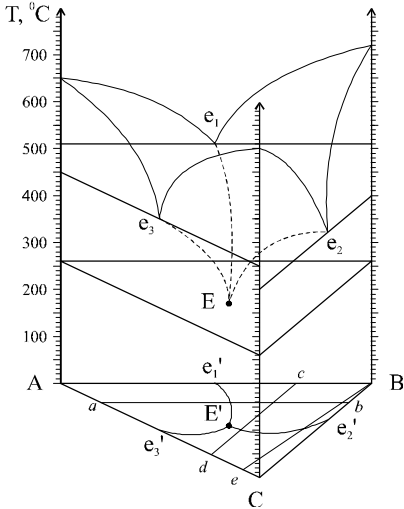
1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.23) за температур 500 °С і 450 °С та позначте на них усі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-b$  і  $e-d$  та позначте на них усі фазові поля.

T <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
A	B	C	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E
700	750	600	550	500	450	270

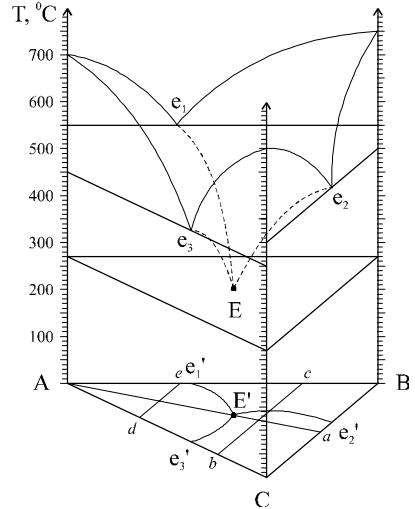
### Варіант 24

1. Побудуйте ізотермічні перерізи потрійної системи А – В – С (рис. 2.24) за температур 500 °С і 400 °С та позначте на них всі фазові поля.
2. Побудуйте діаграми стану політермічних перерізів  $c-d$  і  $e-f$  та позначте на них усі фазові поля.

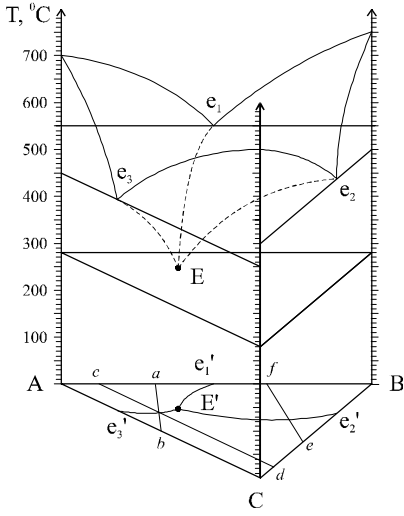
T <sub>пл</sub> (компонентів, подвійних та потрійних евтектик), °С						
A	B	C	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E
700	750	650	550	500	450	280



**Рис. 2.22.**



**Рис. 2.23.**



**Рис. 2.24.**

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Ворошилов Ю. В., Мотря С. Ф., Семрад Е. Е. Фазовые равновесия в системах ртуть – олово – сера(селен). *Журн. неорган. химии*. 1993. Т. 38, № 6. С. 1061-1064.
- [2]. Мотря С. Ф. Тройные системы ртуть – германий(олово) – сера(селен). В сб.: Получение и свойства сложных полупроводников. Киев: УМК ВО. 1991. С. 17-26.
- [3]. Пискач Л. В. Фазові рівноваги в системах  $A^I_2X - CdX - C^{IV}X_2$  ( $A^I - Cu, Ag; C^{IV} - Si, Ge, Sn; X - S, Se, Te$ ): Дис. ... канд. хім. наук: 02.00.01. Луцьк, 1997. – 161 с.
- [4]. Khanafer M., Gorochov O., Rivet J. Etude des proprietes electriques des phases:  $Cu_2GeS_3, Cu_2SnS_3, Cu_8GeS_6$  et  $Cu_4SnS_4$ . *Mat. Res. Bull.* 1974. Vol. 9(3). P. 1543-1552.
- [5]. Лю Цюнь-Хау, Пашинкин А. С., Новосёлова А. В. Исследование системы германий – сера. *Доклады АН СССР*. 1963. Т. 151(6). С. 1335-1338.
- [6]. Gorbale A. B., Abbashian R. The Ge – Se (germanium – selenium) system. *Bull. Alloy Phase Diagr.* 1990. Vol. 2(3). P. 257-263.
- [7]. Parasyuk O. V., Olekseyuk I. D., Marchuk O. V. The  $Cu_2Se - HgSe - SnSe_2$  system. *J. Alloys Compd.* 1999. Vol. 287. P. 197-205.
- [8]. Dudchak I. V., Piskach L. V. Phase equilibria in the  $Cu_2SnSe_3 - SnSe_2 - ZnSe$  system. 2003. Vol. 351. P. 145-150.
- [9]. Марчук О. В. Фазові рівноваги в квазіпотрійних системах  $Cu_2X - HgX - D^{IV}X_2$  ( $D^{IV} - Ge, Sn; X - S, Se$ ) і кристалічна структура тетраарних сполук : Дис. ... канд. хім. наук: 02.00.04. Луцьк, 2005. 156 с.
- [10]. Olekseyuk I. D., Piskach L. V. Phase equilibria in the  $Cu_2SnX_3 - CdX$  ( $X - S, Se$ ) systems. *Russ. J. Inorg. Chem.* 1997. Vol. 42. P. 274-276.
- [11]. Parasyuk O. V., Gulay L. D., Romanyuk Ya. E., Olekseyuk I. D. Phase diagram of the quasi-binary  $Cu_2GeS_3 - HgS$  system and crystal structure of the LT-modification of the  $Cu_2HgGeS_4$  compound. *J. Alloys Compd.* 2002. Vol. 334(1-2). P. 143-146.
- [12]. Garcaly G., Chézean N., Rivet J., Flahaut J. Description du systeme  $GeSe_2 - Cu_2Se$ . Transition de phases du composé  $Cu_8GeSe_6$ . *Bull.*

- Soc. Chim. Franse.* 1973. Vol. 4. P. 1191-1195.
- [13]. Андреев О. В., Разумкова И. А., Митрошин О. Ю., Сикерина Н. В., Хритохин Н. А., Соловьева А. В. Фазообразование в системах сульфидов ns- (Sr, Ba), 3d- (Sc, Cu) и 4f- (La – Lu) – элементов в мезо- и наносостояниях: Монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета. 2008. 132 с.
- [14]. Olekseyuk I. D., Dudchak I. V., Piskach L. V. Phase equilibria in the  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{ZnS} - \text{SnS}_2$  system. *J. Alloys Compd.* 2004. Vol. 368. P. 135-143.
- [15]. Piskach L. V., Parasyuk O. V., Romanyuk Ya. E. The phase equilibria in the quasi-binary  $\text{Cu}_2\text{GeS}(\text{Se})_3 - \text{CdS}(\text{Se})$  systems. *J. Alloys Compd.* 2000. Vol. 299(1-2). P. 227-231.
- [16]. Piskach L. V., Parasyuk O. V., Olekseyuk I. D. The  $\text{Cu}_2\text{SiS}_3 - \text{CdS}$  System. *Zh. Neorg. Khim.* 1999. Vol. 44(5). P. 763-764.
- [17]. Зотова Т. В., Карагодин Ю. А. Исследование характера фазового равновесия в системах  $\text{Cu} - \text{Ge}(\text{Sn}) - \text{Se}$  по разрезам  $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{Ge}(\text{Sn})\text{Se}_2$ . Сб. науч. тр. по пробл. микроэлектрон. (Серия “Технология спецматериалов и интегральных схем”). Москва: МИЭТ. 1975. Вып. XXI. С. 57-61.
- [18]. Караханова М. И., Пашинкин А. С., Новоселова А. В. О диаграмме плавкости олово – сера. *Изв. АН СССР. Неорган. материалы.* 1966. Т. 2(6). С. 991-996.
- [19]. Караханова М. И., Пашинкин А. С., Новоселова А. В. О диаграмме плавкости системы олово – селен. *Изв. АН СССР. Неорган. материалы.* 1966. Т. 2(7). С. 138-141.
- [20]. Абрикосов Н. Х., Банкина В. Ф., Порецкая Л. В. и др. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе. Москва: Наука. 1975. 219 с.

Навчально-методичне видання

Марчук Олег Васильович  
Смітюх Олександр Вікторович  
Олексеюк Іван Дмитрович

## *Основи фізико-хімічного аналізу*

*(завдання для модульного контролю)*

**Методичні рекомендації  
для студентів спеціальностей  
102 – Хімія та 014 – Середня освіта (Хімія)**

Друкується в авторській  
редакції  
Верстка О.В. Марчука

Підписано до друку 30.11.2010. Формат 60x84 1/16  
Ум. друк. арк. 4.5 Зам. № 189. Тираж 100  
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний  
Друк ПП Іванюк В.П. 43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 63  
Свідоцтво Держкомінформу України  
ВЛн № 31 від 04.02.2004 р.