

## Лекція 1

**Тема:** Природні мінерали, як сировина для виробництва калійних добрив. Калій, магній, їх вплив на урожай та здоров'я людини.

**Мета:** Розглянути властивості та особливості будови мінералів для виробництва мінеральних добрив.

### План

1. Характеристика природних мінерали, що є сировиною калійних і магнієвих добрив.
  - галогеніди
  - сульфатні мінерали
2. Калій, його сполуки та вплив на урожай і здоров'я людини.
3. Магній та сульфат магнію, їх використання.

### 1. Характеристика природних мінерали, що є сировиною калійних і магнієвих добрив

#### Галогеніди

Хлориди мають низьку твердість (1-2) та густину (1,6-2,0 кг/дм<sup>3</sup>) Клас хлоридів включає галіт, сильвін, карналіт, каїніт.

**Галіт (кам'яна сіль).** Назву дав у 1847 р. Локер за грецьким словом галос – сіль або море, оскільки галіт кристалізується під час випаровування морської води.

Хімічний склад галіту: мас. %: Na<sup>+</sup> 39.34, Cl<sup>-</sup> 60.66.

Фізичні властивості: сингонія – кубічна, блиск – скляний, на вивітрених поверхнях – жирний; твердість – 2,0; злам – рівний, раковистий, зернистий; колір – білий, з домішками – сірий, рожевий, бурий; риска – біла; прозорість – прозорий або просвічує, щільність 2,1-2,2 кг/дм<sup>3</sup>.

Діагностичні ознаки: солоний смак, низька твердість, досконала спайність по кубу, добре розчиняється в воді, забарвлює полум'я в жовтий колір.

Форми виділення: суцільні зернисті, щільні, стовпчасті маси, друзи.

Походження осадове, хімічний осад озер і мілких лагун у морських басейнах, продукт сублімації на стінках кратерів вулканів, вицвіти на поверхні ґрунтів за високого рівня мінералізованих підґрунтових вод, яке спричиняє засолення ґрунтів.

До найбільших родовищ галіту належать Стасфуртське (ФРН), родовища США (штати Канзас, Нью-Мехіко, Техас, Оклахома), Величка (Польща), Солікамськ (Росія), Прикаспійська низовина, Слов'янсько-Артемівське.

В розрізах порід соляних родовищ хлоридного типу поряд із звичайною кам'яною сіллю суттєву роль відіграє кам'яна сіль висолювання. Галіт висолювання має підрядне значення, але й може випадати в такій кількості, яка робить його основним породоутворюючим мінералом. Зазвичай прошарки кам'яної солі висолювання закінчують розрізи щорічних пачок. Одним із основних факторів, що зумовлюють появу в вигляді осаду кам'яної солі висолювання, є наявність калійного чи калійно-магнієвого басейну, який

підійшов до стадії осадження сильвіну або карналіту. Присутність іонів  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  відіграє роль основного висолюючого фактора. Далше необхідна наявність розчиняючого розчину, з якого виділяється галіт висолювання.

Розрізняють три типи галіту висолювання: седиментаційний (первинний), діагенетичний (вторинний) і катагенетичний (вторинний).

Седиментаційний галіт висолювання звичайно дрібно- або середньо кристалічний і часто має чітку зонально-кристалічну структуру. Особливістю цього галіту є те, що він утворює достатньо простягнуті і порівняно потужні прошарки з одноманітним складом і структурними рисами. Вони займають вершини щорічних пачок і тим свідчать про високу концентрацію ропи басейну. Багато зерен галіту забарвлені в буроватий відтінок за рахунок забарвлюючої речовини сильвіну – гідроксидів феруму. Як домішки в цій солі відмічаються кальцит і доломіт за другорядної ролі ангідриту, який переважає в сильвініті.

Діагенетична кам'яна сіль висолювання – це наслідок виникнення умов, за яких утворюються насичені розсоли, здатні до мігрування. Проникаючи в калійні відкладення, ці розсоли можуть їх розчиняти, висолюючи галіт. Шляхами мігрування розсолів

**Сильвін.** Назва походить від «*Sal digestivus Sylvii*» травна сіль Сильвіуса, від латинізованого імені Сильвій, голландського лікаря й хіміка Франциска де ля Бое.

Хімічний склад, мас. %:  $K^+$  52,45,  $Cl^-$  47,55,

Фізичні властивості: сингонія – кубічна, блиск 0 скляний, твердість – 1,5-2,0, спайність – досконала, злам – рівний, раковистий, зернистий; колір – білий або безбарвний, за наявності домішок – червоний, бурий, цегляно-червоний, синій; риска – біла, прозорість – прозорий, просвічує, твердість 1,5-2, крихкий, щільність – 1,97-1,99 кг/дм<sup>3</sup>.

Діагностичні ознаки: невелика твердість, легко розчиняється в воді, гірко-солоний пекучий смак, забарвлює полум'я в фіолетовий колір.

Форми виділення – у вигляді землястих, щільних, зернистих мас.

Походження – хімічний осад морів, озер, а також продукти сублимації під час вулканічних вивержень.

Сильвініт – суміш сильвіну і галіту.

Сильвін найчастіше зустрічається в суцільних зернистих скупченнях разом із іншими мінералами соляних покладів. Рідко утворює друзи і окремі кубічні кристали, подібні за зовнішнім виглядом до галіту. Характерною рисою сильвіну є притупленість кутів куба, зумовлена розвитком октаедра. Зустрічаються паралельні зростання сильвіну з галітом і гематитом.

Сильвін виникає здебільшого шляхом осадження з водних розчинів. У соляних відкладах він знаходиться разом із галітом, карналітом та ін. Утворення сильвіну відбувається і тепер у т.з калійних озерах, найбільшими з яких є Серлз (Каліфорнія) і Мертве море, озера Західного Казахстану і Середньої Азії. Сильвін характерний для верхніх горизонтів соляних відкладів, виникає також за рахунок карналіту, а також як продукт сублимації на стінках кратерів вулканів. Найбільшими родовищами сильвіну є

Саскачеванське (Канада), Солікамське (Росія), Стасфуртське (ФРН), Солігорське (Білорусь).

**Карналіт  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .** Названий у 1856 р. на честь німецького гірничого інженера Р. фон Карналля.

Хімічний склад, мас. %: К 14,07, Mg 8,75, Cl – 38,27,  $\text{H}_2\text{O}$  – 38,90.

Фізичні властивості. Сингонія – ромбічна, блиск – на свіжому зламі скляний, жирний, твердість 1,0-3,0, спайність – відсутня, злам – раковистий, колір – білий, рожевий і червоний (за наявності домішок  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) з жовтуватим і блакитним відтінками, риска – біла, прозорість – прозорий, просвічує, щільність 1,6 кг/дм<sup>3</sup>, твердість 2-3, крихкий, щільність 1,60

Діагностичні ознаки: добре розчиняється у воді, невелика твердість, гірко-солоний пекучий смак, дуже гігроскопічний. Під час розчинення у воді на відміну від сильвіну тріщить подібно до рипіння снігу в морозну погоду, на повітрі швидко сиріє і розпадається на КСl і розчин  $\text{MgCl}_2$ .

Форми походження в природі. Трапляється у вигляді суцільних зернистих мас, які розпливаються на повітрі. Походження осадове – утворюється як правило в родовищах галіту і сильвіну внаслідок осідання в морських басейнах на останніх стадіях висихання, внаслідок чого він поширений у верхніх горизонтах соляних родовищ. Супутниками карналіту є гіпс, ангідрит, галіт, полігаліт, кізерит, епсоміт, каїніт, сильвін.

Найбільшими родовищами карналіту є Солікамське (Росія), Стасфуртське (ФРН), США (штати Техас, Оклахома, Нью-Мехіко).

**Бішофіт  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .** Хімічний склад, мас. %: Mg 11,96, Cl – 34,88,  $\text{H}_2\text{O}$  – 53,16. Бішофіт, який утворює породи, присутній у вигляді зерен різного розміру – від тонкого до гігантських розмірів; форма зерен неправильна, в основному ізометрична, деколи зустрічаються ідіоморфні кристали і зубоподібні видовжені зерна, орієнтовані перпендикулярно нашаруванню. Структура порід, зумовлена розміром зерен бішофіту, змінюється від тонко до гігантозернистої, часто зустрічаються різнозернисті породи. Колір бішофіту безбарвний, водяно-прозорий, деколи зі слабким жовтуватим, рожевим, жовто-рожевим та сіруватим відтінком, матово- і молочно-білий, червоний, світло-рожевий прозорий, голубувато-сірий, голубувато-димчастий.

Мінерали-домішки бішофітових порід представлені хлоридними (карналіт, галіт і деколи сильвін) і сульфатними (ангідритом, полігалітом і кізеритом) мінералами, боратами і глинистим матеріалом. Сульфатні мінерали, в основному мікро- і тонкозернисті. Ангідритові зерна мають неправильну (ізометричну і видовжену) або призматичну форму, полігалітові – волокнисту і неправильно видовжену, кізеритові – коротко ромбічну до круглої. Сульфатні мінерали або розсіяні в хлоридних мінералах (у бішофіті, рідко в карналіті), суттєво не змінюючи їх вигляду, або сконцентровані в прошарки, жили, плями, точкові включення.

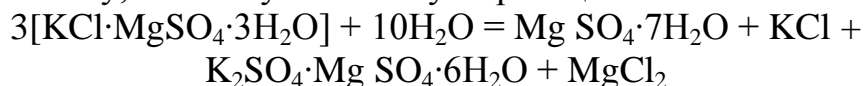
Серед хлоридних бішофітових порід виділяються породи бішофіт-карналітового, бішофіт-карналіт-галітового та бішофіт-галітового складу [ 5 ]. Бішофіт-карналітові породи широко розповсюджені, решта зустрічається

дуже рідко. Породи бішофіт-карналітового складу представлені з різноманітним співвідношенням породоутворюючих мінералів. Як домішки можуть бути галіт і деколи сильвін, сульфатні мінерали – ангідрит, полігаліт, кізерит, а також глинистий матеріал [ 5 ].

**Каїніт  $\text{KMgCl}[\text{SO}_4]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .** Хімічний склад, мас. %: К 15,70, Mg 9,77, Cl 14,24,  $\text{SO}_4$  38,58,  $\text{H}_2\text{O}$  21,71; сольовий склад KCl 29,9,  $\text{MgSO}_4$  48,4,  $\text{H}_2\text{O}$  21,7.

Назва мінералу каїніту походить від грецького кайнос – новий (завдяки сучасному, вторинному утворенню). Сингонія моноклінна, вид симетрії призматичний. Каїніт найчастіше зустрічається в формі зернистих агрегатів, рідше – кристалів табличчастого або призматичного габітусу.

Колір каїніту жовтувато-або сірувато-білий, інколи червоний. Блиск скляний. Твердість 2, крихкий. Щільність 2,13 кг/дм<sup>3</sup>. Добре розчиняється в воді. Питання про походження каїніту не зовсім з'ясоване. Згідно з Я.Г. Вант-Гоффом (1936) каїніт утворюється за температури вище 13 °С і існує до температури 76-83 °С. нижче від 13 °С відбувається конверсія каїніту з утворенням шеніту, епсоміту і сильвіну за реакцією:



На стабільній діаграмі кристалізації солей з морської води за температури 25 °С поле каїніту відсутнє, тому частина дослідників вважає, що каїніт є вторинним мінералом, який утворюється за рахунок конверсії карналіту в присутності магнію сульфату або в результаті взаємодії магнію сульфату з сильвіном. Однак дослідженнями В.В. Лобанової доведено, що каїніт безпосередньо випадає з ропи, тобто є первинним мінералом. Лобанова у прикарпатських родовищах зустріла такі структурні відмінності каїніту, які допомагають визначити його генезу. Це агрегати правильних ромбоєдричних кристалів, які часто мають зональну структуру «човників» і «ялинок». Подібна зональна структура кубічних «човників» у галіті спостерігається в сучасних відкладеннях соляних озер, які є первинного походження. Відмічається наявність каїніту у вигляді тонкодисперсної маси, частково перекристалізованої у дрібнозернисту, що свідчить про хомогенне утворення каїніту і є ознакою його первинності. Каїніт часто знаходиться в галіті у вигляді включень правильних кристалів, що вказує на одночасне утворення цих двох мінералів. Відмічаються найбільш тісні парагенетичні співвідношення каїніту з галітом, сильвіном, лангбейнітом, полігалітом, з якими каїніт утворює кристалічно-зернисті маси. Про первинність каїніту в покладах свідчить також чітка шаруватість каїнітової породи.

Каїніт – перший калійний мінерал, виявлений у Прикарпатті. Каїнітова порода є найбільш поширеною серед калійних порід Прикарпаття. Вона досить однотипна, переважно дрібнозерниста і має сірувато-жовтий, голубувато-жовтий, рідше червонувато-жовтий кольори. До її складу входять здебільшого галіт і каїніт з незначною домішкою полігаліту (3-10 %) та глинистого матеріалу (6-25 %). У залежності від кількісного співвідношення основних компонентів галіту і каїніту виділяються дві основні відміни каїнітової породи: власне каїнітові (вміст галіту 20-40 %, каїніту 35-60 %) і

каїніт-галітова (вміст галіту 40-50 %, каїніту 20-35 %). Каїніт утворюється осадовим шляхом і є типовим морським утворенням. Відомі також вторинні утворення каїніту по карналіту.

Діагностичні ознаки: невелика твердість, добре розчинний у воді, гірко-солоний пекучий смак, мало гігроскопічний.

Форми знаходження у природі – зернисті маси.

Великим родовищем каїніту є Стасфуртське (ФРН), де каїніт зустрічається як первинний мінерал у кізеритовому шарі і утворює каїнітовий ярус, який залягає вище карналітового.

### Сульфатні мінерали

**Кізерит  $MgSO_4 \cdot H_2O$ .** Хімічний склад, мас. %: Mg 17,57,  $SO_4$  69,41,  $H_2O$  13,02. Кізерит одержав назву на честь президента Єнської академії Д. Кізера. Сингонія моноклінна, вид симетрії призматичний. Зустрічається у вигляді суцільних зернистих мас. Кристали порівняно рідкісні, мають вигляд ромбічних біпірамід.

Кізерит безбарвний, сірувато-білий або жовтуватий. Блиск скляний, твердість 3,5, крихкий. Щільність 2,57 кг/дм<sup>3</sup>. розтертий кізерит, замішаний з водою, твердне подібно до випаленого гіпсу. У воді розчиняється дуже повільно. Це гігроскопічний мінерал, на вологому повітрі гідратується, значно збільшується в об'ємі і поступово переходить у білий горошкуватий епсоміт.

Кізерит виникає осадовим шляхом, кристалізуючись із складних водних розчинів за температури вище 18 °С в останні стадії кристалізації за нестачі води, за інших умов кристалізується гексагідрит або епсоміт, які за вищої температури переходять у кізерит. Кізерито-епсомітові утворення виділяються на вивітрілій поверхні стінок гірничих виробіток. Зустрічається в соленосних відкладах Прикарпаття у вигляді незначної домішки в каїніто-лангбейнітовій, рідше каїнітовій породах. Кізерит вперше був знайдений у Калуші. Кізерит з галітом утворює прошарки в соляній породі, кізерит в кількості до 7 % зустрічається в галіті, полігаліті та ангідриті. Кізерит на деяких ділянках асоціює з сильвіном, галітом і лангбейнітом. У парагенезі з кізеритом відмічаються полігаліт, ангідрит, левеїт, карналіт. У Стебницькому родовищі кізерит найчастіше зустрічається в каїнітових породах, рідше – серед галітових. М.С. Коробкова (1955) наводить дані про вміст кізериту в соляних породах Стебницького родовища: в грубозернистій кам'яній солі – 0,3 %; у породі, збагаченій галітом і полігалітом – більше 0,8 %; у породі, що містить каїніт, шеніт та галіт – 17,2 %.

Кізерит переважно первинний мінерал, про що свідчить проростання його каїнітом, карналітом та ін.

Кізерит утворюється осадженням, із складних водних розчинів, за температури 18 °С. В інших умовах кристалізуються гексагідрит або епсоміт, що за вищої температури переходять у кізерит. Кізерит втрачає воду тільки за температури 200 °С.

У Стасфуртському родовищі (ФРН) вміст кізериту досягає 30 % за потужності кізеритових пластів до 40 м. Тут кізерит асоціює з галітом, карналітом, сильвіном, полігалітом та ангідритом.

**Гексагідрит (Сакіт)  $MgSO_4 \cdot 6H_2O$ .** Хімічний склад, мас. %: Mg 10,64,  $SO_4$  42,05,  $H_2O$  47,31. Назва мінералу вказує на число молекул води в кристалогідраті. Сакіт – названий за назвою Сакського озера в АР Крим. Сингонія сакіту моноклінна, вид симетрії призматичний. Гексагідрат зустрічається в формі волокнистих утворень, деколи – кристалів таблитчастого та списоподібного габітусу.

Колір мінералу білий, деколи з ясно-зеленим відтінком. Блиск перламутровий, злом раковистий. Твердість 2, щільність  $1,75 \text{ кг/дм}^3$ , на смак – гіркий, солонуватий. Легко розчиняється у воді. Гексагідрит утворюється в магнезіально-сульфатних соляних озерах за температури  $48-69^\circ\text{C}$ . За нижчої температури кристалізується епсоміт, за вищої – кізерит.

Гексагідрит відомий в озерах Астраханської області і Прикаспію. В Україні він зустрічається разом із галітом у соляних озерах Криму.

**Епсоміт (Гірка сіль)  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ .** Хімічний склад, мас. %: Mg 9,86,  $SO_4$  38,97,  $H_2O$  51,16. Назву одержав від мінеральних джерел Епсом в Англії. Сингонія ромбічна, вид симетрії ромботетраедричний. Епсоміт утворює призматичні, голчасті та волокнисті кристали, а також нальоти, вицвіти і суцільні землясті маси. Головною формою на кристалах епсоміту, яка зумовлює його габітус, є призма, до якої приєднаний ромбічний тетраедр. Епсоміт білий, деколи безбарвний і прозорий. Блиск скляний, злом раковистий. Твердість 2,0-2,5, дуже крихкий. Щільність епсоміту  $1,69-1,75 \text{ кг/дм}^3$ . В сухих умовах епсоміт повільно втрачає воду, мутніє і переходить у гексагідрат.

В породах Прикарпаття знаходиться в невеликих кількостях серед продуктів вивітрювання сульфатних солей калію і магнію. Колір його білий, часто жовтуватий. Епсоміт разом із шенітом утворює білі і жовтуваті дрібнозернисті маси на породах, до складу яких входять каїніт, лангбейніт і карналіт. У прошарках соленосних глин, що контактують із каїнітовими породами, зустрічаються прожилки, виповнені прозорим жовтим епсомітом. Зерна епсоміту прозорі, видовжені, з добре вираженою спайністю. Волокнисті кристали мають численні рідкі включення овальної форми.

Під час нагрівання основна кількість води виділяється з кристалогідрату в інтервалі температур  $20-200^\circ\text{C}$ , за температури  $100^\circ\text{C}$  мінерал втрачає 37,6 % своєї маси і відповідає двохводному кристалогідрату. В інтервалі  $300-400^\circ\text{C}$  зневоднення мінералу закінчується.

Епсоміт – виключно вторинний мінерал, що утворюється за рахунок вивітрювання каїніту, лангбейніту, кізериту, шеніту. Супутниками епсоміту в соляних родовищах є галіт і кізерит. В озерах епсоміт зазвичай асоціює з мірабілітом, кізеритом та астраханітом. Основна маса епсоміту утворюється шляхом кристалізації з водних розчинів за температури вище  $31^\circ\text{C}$ . В деяких родовищах разом із первинним епсомітом є вторинний епсоміт, який утворюється за рахунок гідратації кізериту. Епсоміт можна одержати з чистого насиченого водного розчину магнію сульфату кристалізацією за температури нижче  $50^\circ\text{C}$ .

Епсоміт зустрічається в Стасфурті (ФРН), в озерах Ельтон та ін (Поволжя), США, Мексики, Єгипту. В Україні епсоміт зустрічається в Криму (оз. Сасик), в соляних родовищах Прикарпаття.

**Лангбейніт  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$** , хімічний склад, мас. %: K 18,34, Mg 11,72,  $SO_4$  69,44. Це основний мінерал соляних покладів Прикарпаття. Лангбейніт широко розвинений у смузі між Калушем і Стебником, входячи до складу лангбейнітових і лангбейніто-каїнітових порід.

Лангбейнітова порода, до складу якої входить лангбейніт (30-50 %), галіт (30 %), полігаліт (10 %), глинистий матеріал (до 10 %) поширена в калійних лінзах Стебницького родовища, у Східному полу Голині, на Домбровській ділянці порода щільна, кристалічно-зерниста, рожево-фіолетового кольору, з масивною текстурою.

Лангбейніто-каїнітова порода є основною породою Стебницького родовища і зустрічається в багатьох місцях Калуш-Голинського родовища. Порода щільна, строката, переважають сірі, жовті і червоні тони. В основному порода складена кристалічно-зернистою сумішшю галіту (30-40 %), каїніту (20-30 %), лангбейніту (10-20 %), сильвіну (5-10 %), кізериту (5-10 %) і глинистого матеріалу (до 20 %). Лангбейніт забарвлений у рожевий, фіолетовий, сірий, сірувато-білий колір. Зустрічається і беабарвний прозорий лангбейніт, за зовнішнім виглядом подібний до кварцу. Під час удару по ньому молотком виникають голубувато-зелені іскри.

Лангбейніт найчастіше утворює зерна неправильної форми, рідше – тетраедричні кристали. Зустрічаються в полімінеральній лангбейніто-каїнітій породі фіолетові і рожеві тетраедричні кристали лангбейніту розміром до 30 мм по ребру. Окремі кристали і зерна мають зональну будову, яка часто простежується також і в шліфах: однорідний на вигляд кристал виявляється побудованим з декількох зон, паралельних граням росту.

Вант-Гофф встановив, що лангбейніт кристалізується з розчинів за температури вище  $61^{\circ}C$ . При  $900^{\circ}$  мінерал плавиться. У присутності іонів K, Na, Mg, Cl,  $SO_4$  він може утворитися з леоніту і кізериту за підвищеної температури.

**Ангідрит  $CaSO_4$** , назву ангідрит дав А.Г. Вернер у 1804 р. від ан і гідор-грецького безводний. Хімічний склад, мас. %: Ca 29,44,  $SO_4$  70,56.

Фізичні властивості. Сингонія ромбічна, блиск скляний перламутровий, твердість 3,0-3,5, крихкий, спайність досконала, злам нерівний, колір білий з блакитним, сіруватим, червонуватим відтінком, безбарвний; риска біла, прозорість – прозорий, напівпрозорий, непрозорий; щільність  $2,96 \text{ кг/дм}^3$ .

Ангідрит зустрічається у щільних зернистих агрегатах, рідше зустрічаються добре утворені кристали товсто таблитчастого або призматичного габітусу. Головними формами на товстотаблитчастих кристалах ангідриту є пінакоїди, а на призматичних – призми.

Форми виділення: суцільні дрібнозернисті мармуроподібні.

Походження екзогенне. Утворюються випаданням у осад з морської води за температури понад  $42^{\circ}C$ . у розчині NaCl і  $MgCl_2$  ангідрит може відкладатися за температури  $20-30^{\circ}C$  може утворюватись під час дегідратації гіпсу.

Ангідрит є типовим хімічним утворенням і виникає шляхом осадження з морської ропи разом із гіпсом та ін. мінералами. Ангідрит випадає з чистих водних розчинів за температури вище 63,5 °С. У присутності натрій хлориду і магній хлориду ангідрит утворюється за температури вище 25-37 °С. За нижчої температури кристалізується гіпс.

В осадочних відкладах, які не містять кам'яної солі, ангідрит інколи утворює помітні поклади, де він асоціює з гіпсом. Процес перетворення ангідриту в гіпс супроводжується збільшенням на 30 % об'єму, внаслідок чого для таких родовищ характерні складчасті і тріщинуваті ділянки.

Родовища ангідриту досить численні, головні з них зв'язані з соляними покладами. До таких належать родовища ФРН (Стасфуртське), Росії (Західного Приуралля, Архангельської, Куйбишевської, Горьківської областей), України (Артемівське, Прикарпатське).

**Гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .** Назва походить від арабської «гебас» - білий. Типовий мінерал осадових порід, який трапляється у вигляді самостійних покладів, а також у глинах, мергелях, пісках тощо. Хімічний склад, мас. %: Ca 23,28,  $\text{SO}_4$  55,79,  $\text{H}_2\text{O}$  20,93.

Фізичні властивості: сингонія моноклінна, блиск скляний, перламутровий, шовковистий; твердість 1,5-2,0; спайність – досконала, злам скалкуватий, зернистий, раковистий; колір білий з бурим, чорним та іншим відтінками, залежно від домішок; риска біла, прозорість – прозорий, напівпрозорий, просвічує, непрозорий; щільність 2,3 кг/дм<sup>3</sup>.

Діагностичні ознаки: мала твердість, досконала спайність, кристалічна структура – шарувата. Під час нагрівання біліє і виділяє воду.

Різновиди: звичайний кристалічний гіпс, листуватий гіпс (Маріїне скло), лускуватий (пінистий) гіпс, зернистий, дрібнокристалічний гіпс (алебастр), волокнистий гіпс (селеніт), пластинчасто-зірчасті агрегати – гіпсові квіти.

Значно поширений у природі. У вигляді землистих і щільних скупчень утворює пласти в осадових породах. Трапляються агрегати гіпсу у вигляді щільних зернистих, листуватих, волокнистих мас, двійників (ластівчин хвіст).

Походження екзогенне (хімічний осад соляних озер і лагун; результат гідратації ангідриту, вивітрювання сульфідів і самородної сірки), зрідка низькотемпературне гідротермальне.

**Полігаліт  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .** Хімічний склад, мас. %: K 12,97, Mg 4,03, Ca 13,29,  $\text{SO}_4$  63,73,  $\text{H}_2\text{O}$  5,98.

Полігаліт одержав назву від грецьких слів полі – багато і галос – сіль. Сингонія триклінна. Для полігаліту характерні жилкуваті і волокнисті щільні маси. Колір мінералу білий із сіруватим або жовтуватим відтінком, часто цегляночервоний внаслідок домішок гематиту. Блиск скляний, твердість 2,5-3. Щільність 2,72-2,78 кг/дм<sup>3</sup>. Розчиняється у воді, утворюючи осад гіпсу.

Із хімічного аналізу стебницького полігаліту виявив близькість його складу до теоретичного. У 1914 р. Р. Гергей (R. Gorgey, 1914) описав різні за забарвленням відміни полігаліту зі Стебника – білий, рожевий, жовтий і червоний (під колір м'яса). В соляних породах Калуша встановлено, що



полігаліт зустрічається на різних глибинах у різних кількостях. Так пласт полігаліту потужністю в 1 м разом із галітом і глиною було виявлено на глибині 308 м, він вказує також на присутність полігаліту серед каїніто-лангбейнітових порід с. Тури Великої (4-5 %), с. Гірного (1,8-8,0 %). Відомо, що в калійних покладах Прикарпаття полігаліт є поширеним мінералом, але пластів значної потужності він не утворює. На великих площах Стебницького і Калуського родовищ спостерігаються лише 5-15 см його прошарки. Рідше зустрічаються лінзи полігаліту потужністю до 2 м, полігалітова порода буває представлена або самим полігалітом, або його сумішшю з ангідритом і глиною. У випадках, коли полігаліт залягає у витриманих на значних площах шарах і прошарках, а також у прошарках пісковиків, він має первинне (сингенетичне) походження.

Полігаліт присутній у всіх калійних породах, крім карналітової. Найбільше його у сильвініті (до 23 %), менше в каїнітовій породі (до 10 %) і найменше в каїніто-лангбейнітовій (до 1,6 %).

Полігаліт виділяється у вигляді щільних тонкозернистих мас. Утворює він інколи волокнисті. Злом мінералу нерівний. У воді розчиняється мало.

Кристалів полігаліту у прикарпатських родовищах не знайдено. За кольором виділяється червона, червонувато-бура, рожева, фіолетово-рожева, оранжево-жовта, сіра, біла. Полігаліт у прикарпатських родовищах зустрічається в асоціації з сильвіном, галітом, каїнітом, ангідритом та іншими мінералами і утворюється як первинним (пегнітогенним), так і вторинним шляхом.

Полігаліт – типове осадове утворення, яке випадає як морський осад. Він є поширеним мінералом соляних відкладів і зустрічається в асоціації з галітом та ангідритом. Полігаліт виділяється із складних розчинів за достатньої концентрації магнію, калію і температури від 0 до 80 °С. Інколи полігаліт зустрічається як продукт вулканічної діяльності в районах діючих вулканів.

До найбільших родовищ полігаліту належать Стасфуртське в ФРН, США (Техас, Нью-Мехіко), Йорк-Ширкське (Великобританія), Жилянське (Росія, поблизу Саратова). У Стасфуртському родовищі полігаліт утворює окремих шар, який залягає між ангідритовим та кізеритовим горизонтами.

**Сингеніт (Калушит)  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$ .** Хімічний склад, мас. %: К 23,81, Са 12,20,  $SO_4$  58,50,  $H_2O$  5,49. калушит є рідкісним мінералом. Вперше калушит був знайдений у Калуші, звідки й походить його назва. Калушит був виявлений у калійному руднику Глюкауф (Зондерсгаузен, ФРН). Зустрічався він також на Везувії та в кратерах деяких вулканів на Гавайських островах.

У 1904 р. калушит знайдено у свердловинах Морщина, де він у вигляді окремих голок, гнізд і зерен знаходився разом із галітом і мірабілітом на глибині 64 і 104 м.

У стебницькому родовищі калушит виявлений в асоціації з мірабілітом і глазеритом. Калушит знаходиться також в асоціації з галітом, сильвіном, гіпсом, мірабілітом, глазеритом. Він утворюється переважно як вторинний мінерал із розчинів, збагачених  $KCl$ ,  $K_2SO_4$  в результаті їх дії на ангідритові і галітові солі. За вмісту  $KCl$  в розчині менше 8 % сингеніт не утворюється.

Щільність калушиту 2,60. При нагріванні до температури 100 °С починає виділятися кристалізаційна вода і продовжує виділятися до 200 °С, зберігаючи при цьому кристалічну структуру.

**Леоніт  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$ .** Хімічний склад, мас. %: К 21,33, Mg 6,63,  $SO_4$  52,39,  $H_2O$  19,65. Леоніт – досить рідкісний мінерал соленосних порід Прикарпаття. Дрібні вкраплення зерен леоніту у каїнітовій породі Стебницького родовища відмічає М.С. Коробкова (1955). Під мікроскопом зерна леоніту прозорі, безбарвні, мають низькі кольори інтерференції.

Чисті скупчення леоніту в прикарпатських родовищах не зустрічаються. Леоніт знаходиться в солях у дуже малих кількостях, він тісно зростається з шенітом, сильвіном, епсомітом та ін. Навколо зерен рожево-фіолетового лангбейніту спостерігається біла і кремова леоніто-шенітова кайма, у якій леоніт утворився з шеніту за температури 25 °С. Леоніт у прикарпатських родовищах є вторинним продуктом, що утворюється в результаті розкладу лангбейніто-каїнітових мінералів.

**Шеніт (пікромерит)  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ .** Хімічний склад, мас. %: К 19,42, Mg 6,04,  $SO_4$  47,71,  $H_2O$  26,84. Щільність шеніту 2,08-2,20 кг/дм<sup>3</sup>

У родовищах калійних солей Прикарпаття шеніт є поширеним мінералом, але значних скупчень, за винятком Калуш-Голинського родовища, не утворює. Шеніт виявлений також у багатьох гірничих виробках Стебницького та Калуського родовищ. Так, наприклад, він спостерігався у вивітрілій частині лінзи разом із епсомітом, астраханітом, глазеритом.

Найчастіше шеніт зустрічається у вигляді білих, жовтуватих, рожевих, горошкуватих мас, що покривають стінки гірничих виробок у місцях розвитку каїніто-лангбейнітових порід, а також у вигляді дрібно- і крупнозернистих утворень або жовтих волокнистих агрегатів, які виповнюють тріщини. Під мікроскопом зерна шеніту безбарвні, прозорі, рідко мають сіруватий та жовтуватий відтінок, зумовлений домішками глини та гідроксиду феруму. У шліфах видно заміщення шенітом зерен каїніту та лангбейніту. Деколи шеніт розвивається настільки, що від зерен каїніту і лангбейніту залишаються лише дрібні релікти. Значні кількості шеніту у вигляді окремих прозорих кристалів і друз знаходяться в затоплених штреках Голинського рудника.

Під час нагрівання шеніту починає виділятися вода за температури 75-80 °С, шеніт втрачає дві молекули кристалізаційної води і переходить у леоніт, за температури 140 °С виділяється вся кристалізаційна вода і за 188 °С зневоднена речовина розкладається на  $K_2SO_4$  і  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ . У кристалах шеніту часто спостерігаються численні вclusions кристалів галіту, бульбашок газу, ропи, забарвленої в бурій колір. Шеніт є виключно вторинним мінералом і утворюється за рахунок розкладання каїніту і лангбейніту під дією води і розчинів сульфатів.

У зоні соляного дзеркала процес розкладу каїніто-лангбейнітових порід призводить до формування шенітової шапки, де шеніт знаходиться в парагенезі з мірабілітом, епсомітом, глазеритом, леонітом. Такі шенітові

шапки зустрічаються в районі Домбровського кар'єру Калуш-Голинського соляного родовища.

**Мірабіліт**  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , глауберова сіль. Назву дано за прізвищем німецького хіміка Й.Р. Глаубера, який відкрив цю сіль і був здивований її видом: лат. *mirabilis* - дивний, незвичайний.

Хімічний склад, мас. %: Na 14,27,  $\text{SO}_4$  29,81,  $\text{H}_2\text{O}$  55,92.

Фізичні властивості: блиск скляний, твердість 1,5-2,0, спайність досконала, злам раковистий, колір безбарвний, білий; риска біла, прозорість – прозорий, напівпрозорий, щільність 1,43-1,52 кг/дм<sup>3</sup>. Мірабіліт водяно-прозорий, часом жовтуватий, легко розчиняється у воді. Під час нагрівання вище 30 °С розчиняється у власній кристалізаційній воді. Має слабкий гірко-солоний смак. Форми виділення – у вигляді кірок, вицвітів, суцільних зернистих та злитих мас в донних відкладеннях соляних озер.

Походження екзогенне. Мірабіліт утворюється в соляних озерах, збагачених сульфатом натрію. На повітрі втрачає воду і переходить у тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Мірабіліт є поширеним мінералом гіпсово-глинистої шапки, яка супроводжує поклади калійних солей. Лінза мірабіліту залягала тут серед глин, які містили кам'яну сіль, гіпс, сірку, озокерит. Ця лінза мірабіліту мала довжину 250 і потужність 7 м.

Вміст мірабіліту в деяких зразках досягав 34-53 %. Утворення цього мінералу пов'язували з вилуговуванням калієвих і магнієвих сульфатів. Мірабілітові утворення описані в роботі Ч. Кужняра, який зазначає, що під гіпсовою шапкою мірабіліт утворює лінзи потужністю до декількох метрів. Такі лінзи приурочені в основному до місць розвитку каїніто-лангбейнітових солей. Мірабілітові прояви зустрічаються і в інших місцях Прикарпаття, але головним чином там, де розвинуті каїніто-лангбейнітові породи. Мірабіліт зустрічається у вигляді двох генетично різних відмін. Перше – це сезонне утворення, що виникає на поверхні в результаті осадження солей із соляних джерел у літній період. Потужність мірабілітових відкладів цього типу не перевищує 0,2 м. У зв'язку з наявністю в гіпсово-глинистій шапці значної кількості глинистого матеріалу ґрунтові води через неї фільтруються. Тому на соляному дзеркалі утворюються розсолні горизонти з дуже низьким дебітом. На соляному дзеркалі пласти каїніто-лангбейнітового складу, формують розсоли з підвищеною концентрацією іонів калію, магнію, сульфатів і бромю. За температури 7-9 °С під час дії розсолів на ці породи починається їх шенітизація. Далі відбувається утворення глазериту, астраханіту й епсоміту. Останнім продуктом конверсії каїніто-лангбейнітових порід в умовах понижених температур є мірабіліт.

Потужність мірабілітових покладів коливається від десятків сантиметрів до 5-6 м. На Домбровському кар'єрі розвинуті потужні пласти сульфатів калію і магнію, потужність шеніто-мірабілітової шапки досягає 12 м, мірабіліт представлений тут суцільними агрегатами і окремими кристалами. Добре розчиняється у воді. Разом із мірабілітом зустрічаються окремі кристали астраханіту. У глинах, що містять мірабіліт і шеніт, є гнізда і прошарки епсоміту, включення полігаліту, глазериту.

В районі Стебника у гіпсово-глинистій шапці поблизу зрізу соляним дзеркалом лангбейніто-каїнітових порід розвинені глазерито-мірабілітові відклади потужністю до 19 м. Про наявність мірабіліту в Моршині відомо ще з кінця XIX ст.. Мірабіліт зустрінутий також в районі розвитку лангбейніто-каїнітових порід. На кривих нагрівання мірабіліту ендотермічний ефект за температури 60-70 °С відповідає плавленню мірабіліту, другий ендотермічний ефект за температури 100-160 °С пов'язаний із кипінням води, яка виділилася з кристалогідрату.

**Тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .** Хімічний склад, мас. %: Na 32,37,  $\text{SO}_4$  67,63. зустрічається в тих місцях, де є поклади мірабіліту, що виникають влітку поблизу виходів мінеральних джерел. Тенардит утворює тонку сніжно-білу присипку на сезонних мірабілітових відкладах. На кривій нагрівання тенардиту спостерігаються два ендотермічні ефекти. Перший із максимумом за температури 270 °С викликаний поліморфним перетворенням натрію сульфату, другий (із максимумом за 860 °С) – плавленням речовини. У прикарпатських родовищах тенардит з розсолів не випадає, а утворюється лише за рахунок дегідратації мірабіліту в теплу пору року.

**Глазерит  $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ .** Хімічний склад, мас. %: K 25,39, Na 6,32,  $\text{SO}_4$  57,80. Глазерит спостерігається в місцях вивітрювання прикарпатських соляних покладів, зокрема в гіпсових шапках. Він утворюється внаслідок дії насичених NaCl розсолів на каїніт, лангбейніт, полігаліт, сильвін, шеніт. Крім того, в парагенезі з глазеритом зустрічаються мірабіліт, тенардит, калушит, гіпс, галіт. Серед соляних покладів глазерит утворює невеликі прошарки і гнізда. Глазеритова порода грубозерниста, червонуватого кольору; в ній постійно присутній мірабіліт. Глазерит часто має включення глини, дрібних зерен шеніту, голок калушиту. Плоскі голки калушиту часто наростають на поверхні кристалів глазериту. Це свідчить про те, що глазерит і калушит кристалізувались одночасно.

Під час нагрівання глазериту за температури 430 °С відбувається розкладання речовини. Ендотермічний пік за температури 830 °С відповідає плавленню мінералу.

## **2. Калій, його властивості, роль та значення для рослин і людей**

Користь від калію, особливо безхлоридних його форм, загальновідома. Калій є найважливішим елементом для життя і в той же час – найбільш дефіцитним у ґрунті. Разом із азотом і фосфором він є одним із основних елементів для живлення рослин. Калій сприяє перетворенню азоту рослинами в білок, збільшенні вмісту цукру в цукрових буряках, цитрусових і баштанних культурах, томатах, білків у зернових, покращенні споживчих якостей всієї сільськогосподарської продукції. Недостатнє забезпечення рослин калієм призводить до того, що азотні добрива не переводяться в білок і залишаються у вигляді нітратів, отруйних для живого організму. За свідченням медиків вживання з рослинною їжею трьох грамів калію та півграма магнію зменшує захворюваність на серцево-судинні, гіпертонічні і ревматичні хвороби. Люди з надмірною масою тіла, а також гіпертоніки за

допомогою калію і магнію можуть регулювати свій вуглеводневий і жировий обмін без втомлюваних дієт та обмежень у харчуванні з метою схуднення, а також нормалізувати артеріальний тиск. Сполуки калію в організмі необхідні для нормального функціонування всіх м'яких тканин: клітин мозку, судин, капілярів, м'язів (особливо серцевого), печінки, нирок, залоз внутрішньої секреції та інших. Вони регулюють водно-сольовий обмін в організмі. Директор дослідницького інституту харчування і серцево-судинної системи США Девід А. Мак-Коррон стверджує: "Ні один із хімічних елементів не спричиняє такого суттєвого впливу на нормальний перебіг процесів внутріклітинної регуляції фізіологічних функцій, як калій".

Калій блокує поступлення в рослини радіоактивних ізотопів цезію, які попали в ґрунти внаслідок аварії на ЧАЕС. Рослина поглинає більш рухливий калій, а малорухливі і важкі ізотопи цезію залишаються в ґрунті і поступово розкладаються. Вперше повідомлення про те, що від радіоактивного цезію-137 у рослинах можна позбутись за допомогою калію, долетіло з далекого тихоокеанського атола Бікіні, де в 1940-1950 роках США проводили наземні випробування ядерної зброї. Жителів атола, аборигенів, на період випробувань перевезли на інші острови. Перед їх поверненням на Бікіні було необхідно здійснити дезактивацію ґрунту, зараженого радіоактивним цезієм-137 і стронцієм-90. Спочатку планувалось на всьому атолі зняти родючий шар ґрунту товщиною пів метра і захоронити. Це означало на довгі роки позбавити аборигенів можливості вирощувати продукти харчування. Американські спеціалісти виявили, що засвоєння радіоактивного цезію-137 перешкоджає внесення в ґрунт калію і рослини практично не заражаються радіонуклідами. Таким чином були збережені ґрунти і рослинність, зокрема кокосові пальми, плоди яких складають значну частину раціону жителів атола. "Калієва терапія" забруднених радіонуклідами земель була своєчасно використана білоруськими агрохіміками і ґрунтознавцями при вирішенні аналогічних проблем екологічно чистої продукції після аварії на ЧАЕС. Вже через п'ять років білоруський досвід внесення підвищених доз калійних добрив (до 200 кг на гектар) дозволив знизити вміст радіонуклідів на більшій частині території Білорусі до рівня, нижчого за гранично допустимий. Подібна технологія пропонується для знезараження сільгосппродукції на територіях Семіпалатинського полігону та інших подібних об'єктах. Ці висновки треба врахувати і в Україні, адже пік захворюваності від дії радіоактивного забруднення очікується через 50 років після аварії на ЧАЕС, тобто в 2036 році. Аналогічно очищується сільгосппродукція від радіоактивного стронцію-90 за допомогою подібного до нього елемента – магнію, який є в калійно-магнієвих добривах.

Калій збільшує морозостійкість рослин. Можна запевняти, що за нормального внесення калію в ґрунти втрати посівів зернових минулої зими не були б такими важкими. Крім того калій підвищує стійкість рослин до посухи. Це також актуально для нас, оскільки останніми роками надходять повідомлення про засухи в східних та південних областях України. Калій

підвищує стійкість сільськогосподарських культур до хвороб, що не менш важливо, оскільки, наприклад, на Калущині, та й не тільки, починаючи з 1994 року помідори не можна виростити без пестицидів. Без них вони чорніють і гниють ще зеленими.

Отже, ми переконуємось, що калій сільському господарству в сьогоденних умовах потрібний. Скільки ж ми використовуємо калію. За період 1970-1990 років в Україні вносили щорічно 1,5 млн. тонн калійних добрив у перерахунку на поживну речовину. Для живлення рослин добрива повинні вноситись у ґрунт у збалансованому вигляді за масового співвідношення азот:фосфор:калій = 1:1:1. Ще в 1990 році воно складало 1:0,79:0,66. Приблизно таке ж співвідношення поживних речовин вносилося у ґрунти в розвинених країнах світу. В Україні випуск калійних добрив знизився до 20 тисяч тонн. У перерахунку на 1 гектар української ріллі це складало 0,60 кг калію. Для порівняння на 1 гектар ріллі вносять калію в перерахунку на 100 % поживної речовини: у країнах Балтії 116 кг, в Західній Європі – 107, у Північній Америці – 127, в Японії – 200. Крім того, в країнах Заходу з полів забирають тільки зерно, а соломі подрібнюють і залишають на стерні. З нею також залишаються поживні елементи. До слова, в Японії найбільша в світі тривалість життя, це значить, що високі дози калію їм не шкодять. У підрадянській Україні в 1988 році вносили на 1 гектар 47,8 кг калію.

Рослини з ґрунту виносять обмінний калій. Урожай лише зернових, який складав у 2002 році 38,8 млн. тонн, виніс із ґрунту 2,1 млн. тонн поживних речовин, у тому числі 875 тис. тонн азоту, 505 тис. тонн фосфору і 665 тис. тонн калію. До цього слід додати урожай насіння соняшника, який склав 3,27 млн. тонн або 12 центнерів з гектара. Ця культура особливо виснажує ґрунт калієм і після себе потребує внесення калійних добрив. З наведених даних видно, що винос калію з ґрунту лише на 3 % компенсується внесенням калійних добрив. Це означає, що відбувається виснаження ґрунтів. Збереження такого стану призведе до деградації знаменитих українських чорноземів, наслідком чого стане поступове зниження урожайності. Це закінчиться тим, що урожайність впаде до такого рівня, коли орати землю і вирощувати урожай стане економічно не вигідно. Далше можна говорити про продовольчу безпеку держави, та й про незалежність самої держави.

Для наглядності наведемо дані про споживання калійних добрив в інших державах світу. У Великобританії споживають 470 тис. тонн калію, в Італії – 350, Франції – 1620, Німеччині – 1055, Бразилії – 767, Канаді – 352, США – 5093, Японії – 535. Судячи з рівня споживання калійних добрив у передових країнах, вони не є зайвими.

Дані про перспективи споживання, особливо азійськими країнами, свідчать про зростання попиту на сульфатні форми калійних добрив, у 2010 році на 20 %. Вони мають низку переваг перед хлоридними, які виробляють у Білорусі та Російській Федерації. Сульфатні добрива незамінні під цитрусові культури, томати, тютюн, картоплю, зернові, виноград та інші. Саме такі форми добрив можна виробляти з полімінеральних руд Прикарпаття. У

Європі розробляються тільки два родовища таких руд: в Німеччині та в Західній Україні. Було ще одне родовище – на Сіцилії, але через вичерпання запасів калійних руд його недавно закрили. Німецькі родовища віддавна активно розробляються. Німеччина виробляє в рік біля 3,4 млн. тонн калію. Сьогодні там видобувають руди з глибини до 1400 метрів. Зупинені українські калійні підприємства мають ще потужні запаси сировини, які могли б забезпечити їх роботу на десятки років. На Прикарпатті є нові площі калійних солей із запасами мільярд тонн, кожне з яких може стати сировинним джерелом для нових заводів на сотні років.

### **3. Магній, сполуки магнію та їх використання**

Магній є вкрай необхідним елементом для життєдіяльності рослин, оскільки бере безпосередню участь у фотосинтезі, синтезі пектинових речовин і фітину, що накопичуються в зерні; разом з фосфором магній міститься у вегетуючих частинах рослин і в насінні. Культурами, чутливими до нестачі елемента, є конопля, просо, кукурудза. У зв'язку з цим, для поліпшення живлення рослин використовують магнійвмісні добрива.

Склад полімінеральних калійних руд Прикарпаття дозволяє випускати безхлоридні калійно-магнієві добрива. Магній також є поживним елементом для рослин і корисним для здоров'я людини. Він є четвертим головним катіоном. Біля 50-60 % всього магнію тіла міститься в кістках. Решта магнію міститься в клітинах, таким чином магній є другим основним катіоном внутрішньоклітинної рідини після калію. Магній як внутріклітинний іон відіграє важливу роль в нормальному функціонуванні клітин. Він активізує ферменти, бере участь в обміні вуглеводів і білків і приймає участь в підтриманні рівня калію в клітині. Магній є важливою ланкою в функціонуванні механізму нейром'язевої провідності, провідності нервових утворень у центральній нервовій системі і скорочення міокарда.

У нормі рівень магнію в плазмі крові 1,5-2,5 мекв/л (0,002-0,003%). 25-33 % цієї кількості зв'язано з білками плазми, а решта вільна або іонізована. Саме ця іонізована частина є фізіологічно важливою. Магній використовують як терапевтичний засіб при лікуванні гіпертензії вагітних, ішемічній хворобі серця, аритмії або астми. Результати 15-річних досліджень учених Північно-західного університету (Чікаго) за пацієнтами, які не хворіють цукровим діабетом або метаболічним синдромом, показали, що регулярне вживання в їжу продуктів, багатих магнієм, знижує ймовірність розвитку метаболічного синдрому на 31 %. Відповідно до рекомендацій Інституту медицини (США) щоденна потреба в магнії у 19-30 річних чоловіків складає 400 мг, жінок – 310 мг. Найбагатші магнієм мигдаль, шпинат, авокадо, банани, курага, чорнослив, пшеничний рис, вівсяна, пшенична і гречана крупи. (Medicus Amicus, 2007, № 1).

Магній відіграє важливу роль в житті рослин і тварин. Магній у рослинах знаходиться в молекулі хлорофілу (біля 15-30 %), в клітковому соку і протоплазмі. Суттєвий вплив він здійснює на процес фотосинтезу в рослинах, будучи в складі хлорофілу. Магній має велике значення в

енергетичному обміні і в інших процесах обміну речовин, підвищує опірність рослин зовнішнім впливам і хворобам. Якщо магній відсутній або забезпечення ним сильно знижується, то хлорофіл не утворюється. Ознакою цього є хлороз і пізніше некроз листків, які можуть приймати різне забарвлення: жовте, оранжеве, червоне, коричневе. Найчутливіші до нестачі магнію кукурудза, капуста, буряк, картопля, тютюн, виноград, плодові культури.

Магній входить до основного складу фосфоровмісної органічної сполуки – фітину. Він служить також носієм фосфатів, суттєво впливає на їх поглинання, переміщення і перетворення в рослинах. Магній приймає участь у процесах дихання та енергетичного обміну, здійснює суттєвий вплив на поділ клітин, синтез нуклеїнових кислот і нуклеопротейдів. Помітно його роль у вуглеводному обміні, синтезі білків, жирів та фізіологічно активних сполук (вітаміни А і С). Розподіл цього елемента по органах рослин нерівномірний: у першу чергу він нагромаджується в репродуктивних органах, зокрема в зародку.

При недостатці магнію знижується вміст хлорофілу в зелених частинах рослин і розвивається хлороз між жилками листа (жилки залишаються зеленими). Гострий дефіцит його викликає мармуровість листя, їх скручування і пожовтіння. У хлібних злаків нестача магнію викликає мармуровість і волосатість листя, у дводольних рослин зелене забарвлення змінюється на жовту, червону, фіолетову. Між жилками появляються плями різного кольору внаслідок відмирання тканин. При цьому крупні жилки і прилягаючі до них частинки листа залишаються зеленими. Кінчики листків і краї загинаються, в результаті чого листя куполоподібно вигинаються, краї листків морщаться і поступово відмирають. Ознаки недостатності появляються і розповсюджуються від нижніх листків до верхніх.

Дефіцит магнію частіше відмічається при вирощуванні рослин на вимитих гумусних, дерново-підзолистих ґрунтах, червоноземах, багатих калієм ґрунтах, вапнованих піщаних і супіщаних різновидностях інших типів ґрунтів. Магнієве голодування може посилюватись при внесенні високих доз хлориду кальцію, калійної солі, сульфату амонію через важкий доступ магнію на фоні надлишку калію і амонію. Таке ж явище спостерігається на кислих ґрунтах, при цьому магній погано поглинається рослинами і легко вимивається. На кислих ґрунтах блідно-зелене забарвлення хлорозних листків може переходити в червоно-фіолетове. На нейтральних ґрунтах пластинки між жилками листка жовтіють або біліють. Листя набуває мармурового забарвлення. На картоплі при сильному голодуванні вражається вся рослина за винятком верхівки. В результаті вміст крохмалю в бульбах знижується на 1-3 %.

У ґрунті магній зустрічається в різних мінералах, зокрема в магнезиті і доломіті. Розчинність карбонату магнію вища, ніж карбонату кальцію. У залежності від наявності магнієвих карбонатних мінералів вивітрювання таких мінералів призводить до утворення розчинних магнієвих сполук. Обмінний магній вимивається і якщо його запаси не поповнюються, то



відбувається виснаження ґрунту розчинним магнієм. Внаслідок цього піщані ґрунти є типові ґрунти з нестачею магнію.

Розчинні магнієві добрива рекомендується вносити при весняній обробці ґрунту. За великої кількості опадів і зрошення малорозчинні магнієві сполуки мають перевагу перед легкорозчинними. При виявленні дефіциту магнію в період вегетації здійснюють підживлення водорозчинними формами добрив.

Застосовуючи магнієві добрива під зернові культури, треба враховувати потребу культур, період найбільшої потреби в елементі (початок вегетації), співвідношення Са, Mg і К в ґрунті. Магнієві добрива підвищують урожай зерна, його якість (білковість, виповненість, масу 1000 зерен). Рослини стають стійкішими до вилягання, ураження грибковими захворюваннями. Для картоплі кращими формами добрив є сульфат магнію, калійно-магнієві і фосфатно магнієві добрива.

При підживленні цукрового буряка, який добре відгукується на внесення магнію, бажано вносити добрива, що містять також натрій. Магній підвищує вміст цукру в коренеплодах. Надлишок магнію викликає у рослини відмирання коренів, вона перестає засвоювати кальцій. Тому основне в живленні культур - це врахування їх потреби і баланс всіх макро- і мікроелементів.

Маній є важливим елементом і в тваринництві. Він приймає участь у багатьох фізіологічних процесах у тварин, в утворенні кісток, у процесах м'язового скорочення, в обміні речовин, у гормональному регулюванні. В організмі великої рогатої худоби міститься в середньому 38 г магнію на 1 кг живої ваги, 70 % цієї кількості входить до складу скелету. Додаткова потреба тварин у магнії – 20-30 г, нестача магнію в кормах спричиняє втрати кальцію в організмі, порушення в роботі центральної нервової системи, безпліддя, зниження опірності тварин до хвороб. У глинистих ґрунтах магній міститься переважно в первинних силікатах, у карбонатних ґрунтах – у формі магній карбонату і доломіту. Невелика кількість магнію міститься в ґрунтового розчині у розчиненому вигляді. Для рослин важливий саме розчинений магній ґрунтового розчину.

Рослинами магній виноситься із ґрунту 15-30 кг/га магнію за рік в залежності від культури та урожайності. Найбільше виносять магнію пшениця, бобові, цукровий буряк картопля, капуста, трав'яні рослини. Крім того, в нечорноземних ґрунтах магній вимивається в ґрунтові води пропорційно кількості опадів, в середньому рекомендується вносити в ґрунт щорічно від 20 до 50 кг/га Mg [20]. Внаслідок внесення магнієвих добрив на лугах і пасовищах не тільки підвищується їх продуктивність, але й корми збагачуються магнієм. Підживлення магнієм овочевих та плодово-ягідних культур, картоплі є основними джерелом постачання магнію організму людини.

Основним джерелом для виробництва магнійвмісних добрив є його природні сполуки: епсоміт, кізерит, магнезит, серпентиніт.

Як уже згадувалося, в Україні основні запаси сульфатних магнієвих солей зосереджені в Прикарпатському басейні - Калуш-Голинського та Стебниківського калійно-магнієвих родовищах, де раніше, здійснювався видобуток солей. За даними ІК «Інфоіндустрія» що до імпорту показників сульфату магнію в Україну за перше півріччя 2013 року, на український ринок сульфат магнію потрапляє у вигляді наступних продуктів: магнію сульфат гептагідрат (магній сірчаноокислий 7-водний, епсоміт, гірка сіль), магнію сульфат безводний (отримують шляхом зневоднення епсоміта), магнію сульфат дигідрат (магній сірчаноокислий двоховодний), магнію сульфат моногідрат (магній сірчаноокислий одноводного, кізерит), магнію сульфат моногідрат безводний, сульфат магнію в комплексі з іншими мікроелементами.

В якості добрив використовують епсоміт і кізерит. Згідно з аналізом, за перше півріччя 2013 року на частку епсоміта (включаючи безводний продукт) припало 82%, а кізеріту (включаючи безводний продукт) – 17% від загальної кількості імпортованого сульфату магнію. Нижче наводимо їх коротку характеристику та застосування в сільському господарстві. Магнію сульфат гептагідрат (магній сірчаноокислий 7-водний, епсоміт). Хімічна формула:  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . Використовується при виробництві синтетичних миючих засобів, а також в сільському господарстві як добриво.

Магнію сульфат моногідрат (магній сірчаноокислий одноводний, кізерит). Хімічна формула:  $MgSO_4 \cdot H_2O$ . Кізерит є цінним джерелом магнію і сірки для сільськогосподарських культур.

Магній поряд з азотом і калієм швидко засвоюється листям рослини, тому сульфат магнію в якості добрива застосовують через будь-які системи поливу для проведення підгодівлі через його високу розчинність у воді. При основному внесенні сульфат магнію застосовується з азотними і фосфорними добривами. Виробники рекомендують використовувати магній сульфат (одноводний, кізерит) у вигляді самостійного водного розчину або разом з сечовиною, добривами для підгодівлі листків, або з відповідними пестицидами. Гранульований магнію сульфат (кізерит) вносять під цукровий буряк (1,5-3,0 ц / га), кукурудзу (1,5-2,5 ц / га), картопля (1,0-2,0 ц / га), льон-довгунець (1,0-1,5ц / га). Також добриво використовують для основного внесення під овочеві (70-150 кг / га), польові (120-160 ц / га), плодові (300-500 кг / га) культури і для підгодівлі - 30-50 кг / га 1 раз в 10-20 днів. Зауважимо, що кізерит використовують з 2.5% концентрацією, в той час як епсоміт - 5%.

За даними ІК «Інфоіндустрія», за 6 місяців 2015 року в Україну імпортовано близько 18 тис. Т. Сульфату магнію; (Рис.2.2.).

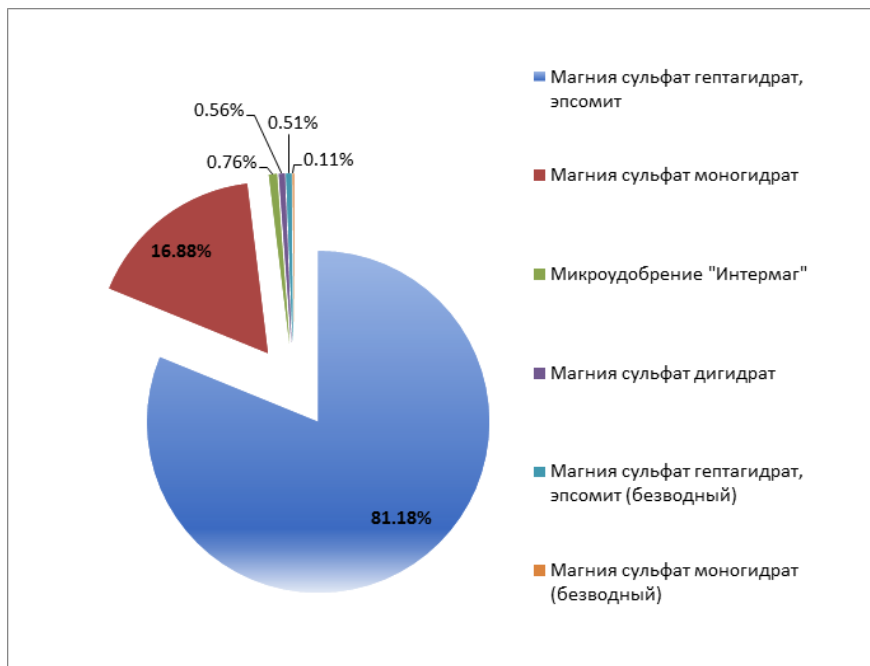


Рис.1. Обсяг імпорту сульфату магнію в Україну (%) за перше півріччя 2013 р.

У порівнянні з аналогічним періодом 2012 року обсяг імпорту виріс в 2,42 рази: імпорт епсоміту виріс в 2,6 рази, кізеріту - в 2 рази. Основна частка імпортованого товару (99.5%) припадає на Польщу, Китай, Туреччину, Індію, РФ. У першому півріччі 2013 року порівняно з аналогічним періодом минулого року виріс імпорт сульфату магнію

Очевидно, показник обсягу імпорту за наступні роки також буде значно вище минулого в зв'язку зі збільшенням популярності використання продукту аграріями.

### Література

1. Здановський А.Б. Л.:Галургія. – Химия, 1972 - 432 с.
2. Галургія. Теория и практика. Под ред. И.Д. Соколова. - Л.: Химия, 1983.- 342 с.
3. Переработка природных солей и рассолов. Справочник. Под ред. И.Д. Соколова. - Л.: Химия, 1985.
4. М.Е. Позин. Технология минеральных удобрений и солей. Т. 1, Т. 2. - Л.: Госхимиздат, 1970.
5. О.Д. Кашкаров, И.Д. Соколов. Технология калийных удобрений. - Л.: Химия, 1987–248 с.
6. Копейкина А.Н. Значение вторичных элементов питания для сельскохозяйственных культур. Химическая промышленность за рубежом. - М.: НИИТЕХИМ, 1984. С. 26-40.
7. Жарков М.А., Жаркова Т.М., Мерзляков Г.А, Гребенников Н.П., Єрмаков В.А., Аксенов Л.Л. Бишофитовые отложения Приволжской моноклинали. В кн.. Особенности строения залежей бишофита и калийных солей. Тр. Ин-та геологи и геофизики Сиб. Отд. АН СССР, Втп. 439. Новосибирск, Наука, 1980. С. 4-32
8. Лобанова В.В. К петрографии бориславського калийного месторождения. Тр. ВНИИГ, вип.. 68, Л.: 1974, с. 52-64.