

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка

## **ЗБІРНИК ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ**

з курсу “Критерії прогновної  
оцінки рудоносних територій”

для студентів V курсу геологічного факультету

Львів  
2010

Рекомендовано до друку  
кафедрою геології корисних копалин  
Протокол № 31 від 31.08.2010

Уклали: Ляхов Юрій Васильович  
Павлунь Микола Миколайович  
Шваєвський Олександр Васильович

Відповідальний за випуск *М. М. Павлунь*

Редактор *М. М. Мартиняк*  
Технічний редактор *С. З. Сенік*  
Комп'ютерне верстання *Н. М. Лобач*

## **ЗБІРНИК ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ**

з курсу “Критерії прогновної  
оцінки рудоносних територій”

для студентів V курсу геологічного факультету

Формат 60 x 84/16. Умовн. друк. арк. 1,9.  
Тираж 100 прим. Зам.

Львівський національний університет імені Івана Франка  
79000 Львів, вул. Університетська, 1

## Вступ

Розробка, систематика нових, науково обґрунтованих критеріїв прогнозової оцінки територій на тверді корисні копалини з метою вирізнення першочергових перспективних площ, а також удосконалення методики прогнозно-металогенічних досліджень – одне з найважливіших завдань сучасного етапу розвитку геології.

У процесі аналізу металогенічних особливостей великих територій (ділянок земної кори), що вивчають магістри та спеціалісти в курсі “Основи металогенії” (дев’ятий семестр), враховують не тільки дані, спостережувані геологами поблизу поверхні земної кори, а й матеріали вивчення її більш глибинніших зон (іноді до 150 - 200 км). Літолого-структурні та фізико-хімічні закономірності, якими зумовлені головні причини концентрації (або розсіяння) корисних компонентів, докладно вивчають головню в трьох геологічних дисциплінах (В.М. Козеренко, 1982): геотектоніці, геохімії та петрології. Студенти повинні чітко засвоїти, що інформативне взаємопроникнення, логічна взаємодія саме цих дисциплін визначає надійність та успіх прогнозних досліджень потенційно рудоносних комплексів різного масштабу – від регіональних геолого-структурних зон, блоків у межах певних металогенічних провінцій, областей, рудних басейнів та районів до окремих рудних зон, вузлів, полів та жильних зон і навіть поодиноких рудних стовпів (бонанців).

Металогенічні закономірності, а відтак і ознаки (критерії) прояву зруденіння далеко не однакові в різні етапи геологічної історії. Як і переважна більшість геологічних процесів, характер та масштабність (а відтак і

продуктивність) рудогенерувальних систем інколи суттєво еволюціонують упродовж так званих метало-генічних циклів. Саме тому в металогенії важливе місце належить таким поняттям, як “археохрон”, “мезохрон” та “неохрон”, а студент-спеціаліст повинен чітко розуміти визначальну роль відповідної інформації для прогнозної оцінки перспективності відповідних територій з подальшою організацією в їхніх межах розшукового та розвідувального процесів. У цьому курсі, відповідно до змісту курсу “Основи металогенії”, вся інформація про зруденіння, всі геологічні матеріали регіонального і локального характеру викладають винятково на рудно-формаційній основі. У такій формі прогнозного аналізу різноманатні генетичні типи родовищ корисних копалин чітко (а головню логічно) пов’язуються з певними геологічними формаціями – “продуктивними”, “рудогенерувальними” (або материнськими) та просто “рудовмісними” за (Д. В. Рундвістом (1978)). Відтак необхідна інформація про головні шляхи розвитку наукового аналізу, що вже на початку ХХ ст. був узятий за основу процесів геологічного прогнозування, важливою є такж узагальнена інформація про визначальну роль наукових розробок видатних геологів різних часів та народів, зокрема праці А. Г. Вернера, А. Д. Брейтгаута, А. М. Севергіна, А. Далаульє, пізніше – М. С. Шатського, О. М. Заварицького, Ю. О. Білібіна, В. І. Смірнова, Д. В. Рунквіста та багатьох інших.

У збірнику наведено 15 змістовних модулів, які охоплюють головні формаційні типи родовищ твердих корисних копалин. Наприкінці збірника розміщено контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

## **Частина I.** **ТЕОРЕТИЧНА (ЗАГАЛЬНО-ПОНЯТТЄВА)**

### **Модуль 1.** **Мета прогнозування та його типи**

Чітка формалізація понять, що є термінологічною базою логіки процесів геологічного прогнозування перспективної рудоносної території. Зокрема, “закономірність” поширення зруденіння, типи його “зв’язків”, “чинники”, “критерії”, та інші часто вживані терміни, на жаль, тлумачать досить вільно.

1. Студент повинен знати, що навіть “прогноз” у геологічному розумінні не просто “передбачення” (з грец. “упередження, випередження знань” апіорі, тобто поза досвідом), а, за визначенням академіка Д. В. Рундквіста, – “складна система наукового аналізу конкретної геологічної ситуації та ґрунтового доказу її потенційної рудоносності з позицій як попереднього досвіду геологів, так і сучасних наукових знань”. Потрібно чітко розрізняти поняття “комплексного” (за Ю. О. Білібіним – “регіонального”) та “галузевого” (за Ю. О. Білібіним – “спеціального”) прогнозування, треба пояснити, як відповідні дослідження відрізняються за метою, об’єктом дослідження, методологією та етапністю. Характер причинно-наслідкових зв’язків між цими двома типами прогнозних робіт, а відтак, і логіка їхньої послідовності та порядок рекомендацій є різним. Важливий також зміст кожного з трьох етапів “багатоступеневої” розбравки територій під час галузевого прогнозування, масштабність вихідних та підсумкових матеріалів (карт, схем) – від так званого “оглядового” дрібномасштабного прогнозу до “детальнішого” та “локального”.

2. Стосовно визначення “закономірних зв’язків” зруденіння вкрай важливо наголосити на принциповому значенні “статистично - стійкого” (на 90 %) характеру його взаємовідношень (у просторі, часі, речовинно, енергетично, зрештою, генетично) з будь-яким геологічним утворенням (процесом) різного масштабу. Потрібно розрізняти та розуміти (перечислити) хоча б сім-вісім типів “зв’язків”, якими можна й потрібно оперувати в разі вирішення конкретних геолого - прогнозувальних питань.
3. Принципово важливо показати процесуально-причинний сенс поняття “чинник” (лат. фактор), який навіть етимологічно не можна розглядати на кількісно-параметричному рівні, на кшталт “критерію”. Потрібно нагадати провідні чинники ендегенного та екзогенного зруденіння, можливо, космогенного; відкоригувати поняття стосовно рудоносних чинників: рудопідвідних, рудорозподільних, рудокалізувальних та рудоконтролювальних і рудоутворювальних.
4. “Критерій” (грец. “засіб вирішення будь-якого питання”, у нашому випадку прогнозно-розшукового) як специфічна риса (ознака) можливого зруденіння, на відміну від багатьох інших ознак, є поняттям пріоритетно - параметричним, кількісно статистично - стійким, ієрархічні системи якого можна впевнено перенести на інші площі галузевого прогнозування. Розрізняють “прямі” та “непрямі” критерії, що належать до чотирьох класів – речовинні (широкого діапазону, від рудно - формаційних до термобарогеохімічних), просторові, вікові та генетичні (речовинно-енергетичні); їхній склад та ієрархічні співвідношення принципово різні для цілей регіонального та локального прогнозу, що ілюструють матеріали другої частини цього курсу. Сучасний комплекс інструментально-об’єктивної оцінки ло-

кальних критеріїв за багатофазовими включеннями в мінералах (термобарогеохімічні дослідження) заслуговує на детальніше, спеціальне ознайомлення, оскільки потужна школа прикладної термобарогеохімії з відповідним досвідом прогнозування збереглася тільки на геологічному факультеті Львівського національного університету; зміст, ілюстрація та приклади так званих оптимально-температурних критеріїв (на прикладі руд Mo-W, Sn, Au, Ag, Pb-Zn, Sb-Hg, флюориту, ісландського шпату, п'єзокварцу), критерії термоградієнтного аналізу (оцінка вертикального розмаху зруденіння, коефіцієнт його ерозії, поширення стовпів багатого зруденіння), ТБГХ критерії "флюїдно-фазового", "концентраційно-сольового" класів, "флюїдно-вуглекислотні" та декреп-тометричні.

Такі дослідження ґрунтуються на функціональному зв'язку значень палеотермоградієнтів і вертикального поширення зруденіння у відповідних структурно-фаціальних умовах. Як видно з рис. 1, за допомогою простих формул та нескладних графічних побудов оперативно можна обчислити такі параметри зруденіння відповідного формаційного типу: вертикальний розмах і глибину поширення фізико-хімічних зон, сприятливих для розвитку продуктивної мінералізації ( $P_{зар}$ ), її вірогідно найбільш концентрованої (багатої) частини ( $P_K$ ), порівняну глибину і коефіцієнти (у метрах) ерозійного зрізу ( $K_e$ ) сполучених чи поодиноких рудовмісних блоків, а також напрям і амплітуду епігенетичних (пострудних) блокових переміщень, перспективи і розмах зон їхнього продуктивного ( $P_e$ ) і багатого ( $P_e$ ) зруденіння нижче рівня сучасної поверхні. Якщо кути падіння рудоносних зон чи рудних тіл  $\alpha < 80^\circ$ , то праві частини наведених формул треба помножити на  $\sin \alpha$  (див. рис. 1).

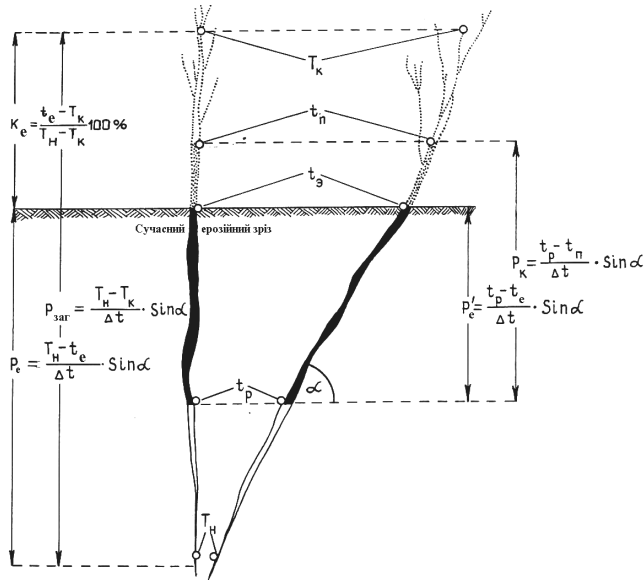


Рис.1. Принципова схема оцінки вертикального розмаху і витриманості зруденіння з глибиною на підставі ТБГХ-параметрів (значення і тренди  $\Delta T$ ).

## **Модуль 2.**

### **Елементи типізації зруденіння, як основа процесів його прогнозування**

Прогнозування – це науково обґрунтоване передбачення вірогідних місць локалізації зруденіння у вигляді промислових родовищ різних типів. В основі галузевого прогнозу є надійні знання про закономірність їхньої геотектонічної позиції, особливо геолого-структурних та літолого-фаціальних умов локалізації руд, за стійкого характеру мінерального складу та закономірної зміни стійких мінеральних парагенезисів у часі (стадійність) та просторі (зональність). Надійність прогнозних оцінок зруденіння головно визначена коректністю його типізації з метою уникнення ознак дещо уявного, суто



теоретичного походження, інколи на рівні суб'єктивних припущень того чи іншого дослідника; і навпаки – з урахуванням винятково реальних, об'єктивно наявних характеристик (параметрів) зруденіння, яке можна спостерігати, документувати, картувати та повністю об'єктивізувати процес прогнозування загалом. З цією метою у порівняльному порядку дають характеристику таких елементів типізаційних схем зруденіння.

1. “Генетичний тип” родовищ різних корисних копалин як теоретично досить умовна сукупність продуктів розвитку однотипних у геолого-енергетичному сенсі процесів (магматичних, постмагматичних, осадових, метаморфічних).
2. “Геолого-генетичний тип” як складова частина генетичного типу, що внаслідок специфіки геологічних умов локалізації руд має спільні риси морфо-структурної та мінералого-геохімічної спеціалізації (на кшталт пізньомагматичні родовища титаномагнетитових, хром-шпінелідових руд або контактово-метасоматичні скарнові родовища заліза, міді, свинцю, цинку, вольфраму, грейзенові рідкіснометалеві родовища).
3. “Промислово-генетичний тип” як складова частина геолого-генетичного угруповання промислових родовищ, на які припадає (у світовому масштабі) не менше 1 % щорічного видобування певної корисної копалини.
4. “Рудно-формаційний тип” – уже не уявна, а реально-природна множина родовищ конкретної корисної копалини (або їхнього комплексу), що утворилася в дуже наближених геолого-тектонічних умовах і має особливо стійкий набір мінералого-геохімічних парагенезисів з однаковими рисами їхнього дискретно-стадійного та просторово-зонального розвитку. Це вже не уявно-генетичне поняття, а реальне **структурно-речовинне**, і саме тому тільки воно може бути **засадничим** для прогнозного аналізу будь-якого

масштабу. Важливо сконцентрувати увагу на специфіці розуміння “речовинного змісту рудної формації” (це не просто мінеральний тип) та її “структури” в традиційному трактуванні М. С. Шатського.

5. Нарешті, поняття “рудоносна” геологічна формація, тобто різновид такої геологічної формації, з якою просторово або у віковому сенсі, а інколи й генетично пов’язані промислово цінні концентрації тієї чи іншої корисної копалини. Важливою є логічна паралель, що розкриває структурні рівні організації всієї сукупності процесів геологічного прогнозування: розглядаючи мінерали як структуровані асоціації хімічних елементів, а гірські породи (і руди) – як специфічні парагенезиси мінералів, доходимо висновку, що геологічна формація є просторовою, віковою або генетичною асоціацією гірських порід і руд.

Відтак базовим є поділ рудоносних формацій на власне продуктивні, які самостійно відіграють роль прямих критеріїв зруденіння (прикладів багато), материнські (рудогенерувальні), які найчастіше пов’язані з магматичною або післямагматичною діяльністю різноглибинних осередків, та рудовмісні (більшість осадових, метаморфогенних та накладених гідротермально-метасоматичних). Доречно наголосити на суттєвості (значенні) рудогенерувальної ролі вторинних геологічних формацій – кір звітрювання, метаморфогенних і особливо гідротермально-метаморфогенних. Зокрема, таких як пропілітова (Cu, Cu-Fe, Cu-Zn), вторинно-кварцитова (Au-Ag, Hg-Sb, Cu-Mo, корунд, алуніт), аргілізитова (Au-Ag, Zn-Pb, Hg-Sb та ін.), березитова (Zn-Pb-Au-Ag, W-Mo-Au), гумбеїтова (Mo, Cu-Mo, U-Mo), серпентинітова (азбест, тальк, Cr-Pt), магнезіально-скарнова (Fe, B, апатит, шпінель), вапняково-скарнова (Fe, Co, Cu, Zn-Pb, Mo-W, As), грейзенова (Sn-W, Be-W-Mo-Bi, Mo-W-Be, Li-Be), фенітова (Zr-Nb-Ta-U-Th), карбонатитова (Ti-Fe, Zr-Hf-Nb-Ta, апатит, флогопіт).

## Частина II

# КРИТЕРІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ РУДОНОСНИХ ФОРМАЦІЙ

Мета цієї частини спецкурсу – ознайомлення студентів з характером ієрархії прогностичних критеріїв різномасштабного рангу на прикладі провідних рудних формацій металевих і неметалевих корисних копалин. Це відбувається з використанням найповніше та досконало розроблених критерійних систем, що були сформовані та багаторазово перевірені (апробовані) у процесі освоєння особливо показових всесвітньо відомих рудоносних провінцій, у тому числі й України. Водночас особливу увагу приділяють тим рудоносним формаціям, критерійне забезпечення яких буде суттєво сприяти подальшому розвитку мінерально-сировинної бази нашої країни та освоєнню нових аспектів розробки її надр. Звичайно, що таким вимогам відповідають, здебільшого, традиційні для України залізорудні метаморфогенні й осадові формації, магматогенні хромітоносні, осадові мангановорудні, титаноносні розсипища. Окрім цих типових представників групи чорних металів, для країни важливі й кольорові (Pb, Zn, Cu), рідкіснометалеві (Nb, Ta, Ce, Rb, Mo), останніми роками побільшало геолого-розвідувальної інформації стосовно родовищ і рудопроявів благородних металів; не менш важливі дані про неметалеві корисні копалини країни – п'єзооптичну сировину та коштовне каміння кришталеносних пегматитів Волині, алмазонасних кімберліти Приазов'я, фосфоритові поклади Причорномор'я, Поділля та ін.

Усією цією інформацією зумовлений набір рудоносних формацій з погляду практичного аналізу їхнього поширення саме в надрах України.

Порядок наступних розділів, які присвячені певному корисному компоненту, визначений класифікаційною

схемою академіка А. Г. Бетехтіна (1964), тобто за властивостями сировини та її промисловим використанням. У межах кожного з розділів порядок характеристики певних рудних формацій та їхніх критеріїв визначений винятково економічними чинниками від найбільш промислово вагомих у напрямі зниження їхнього значення з урахуванням можливої комплексності руд та їхніх кількісно-якісних та морфометричних параметрів.

Характеристика кожної рудної формації (межа відповідного підрозділу) передбачає: стисле визначення її генетичної позиції, приблизний порядок світових запасів, щорічний видобуток, сортність, мінеральний склад, можлива комплексність руд, мінімальний та середній вміст головного компонента, корисних та шкідливих домішок. Обов'язковим є перелік провідних світових рудних провінцій поширення, головних (так би мовити генотипних) родовищ, у тому числі в Україні. Лише після цього наводять структурно витримані ієрархії відповідних критеріїв прогновної оцінки від **регіональних** до **локальних**.

### **Модуль 3.**

#### **Залізорудні формації**

Системи критеріїв для прогновної оцінки територій та розшуків родовищ чорних та легувальних металів досить повно та коректно розроблені, здебільшого, для Fe, Cr, Mn, Ti.

1. Формація смугастих залізистих кварцитів (джеспілітів) належить до серії метаморфогенних, класу регіонально метаморфізованих утворень; за М. М. Страховим, на неї припадає близько 90 - 92 % світового ресурсу заліза, за останньою оцінкою Джей-Сіменса – близько  $10^{12}$  т руди. Вміст заліза у власне магнетитових

рудах коливається від 25 - 40 до 70 %, у гематитових – до 40 %. Руди дуже чисті, так звані мартенівські, шкідливих домішок (сірка та фосфор) майже нема, позитивним є природне підшихтовування – до 3 % CO<sub>2</sub>, 4-5 % MgO, CaO; кількість SiO<sub>2</sub> до 50 %. Руди легко збагачуються шляхом електромагнітної сепарації.

Запаси руди окремих родовищ часто вимірюють сотнями мільйонів тонн, інколи – першими мільярдами тонн. До першої десятки залізрудних басейнів світу належать: 1) Україна (Кривий Ріг, родовища Саксаганське, Іллічівське), у Приазов'ї Маріупольське родовище; 2) КМА (родовища Лебединське, Михайлівське, Голошищівське), у Карелії – Оленьогірське, Костамукське; 3) Центральний Казахстан – родовища Гвардійське, Каражал, Карсакпайське; 4) США – басейн Верхнього озера; 5) Канада – басейн Лабрадор (родовище Аніміка); 6) Північна Бразилія – басейн Мінас-Жерайс; 7) Індія – басейн штату Біхор-Оріса; 8) північний схід Китаю – Малий Хінган; 9) Західна Австралія – басейн Нобберу (родовище Хаммерслі); 10) ПАР – басейн Трансвааль. Саме на ці провінції припадає понад 40 % світового видобутку заліза, зокрема на магнетитові руди – 35 % на гематитові лише – 5 %.

Регіональні критерії - 1) геохронологічні (докембрійський вік); 2) геотектонічні (кристалічні щити); 3) метаморфічні (зеленосланцева фація).

Локальні критерії: 1) структурні підняття в межах кратонів; 2) магматичні (метабазити, лептити); 3) літолого-фаціальні (тонкорозшаровані суттєво кварцитові залізисті породи потужністю понад 1 км); 4) геофізичні (лінійні магнітні аномалії інтенсивністю понад 10 000 гамм за довжини 10 - 100 км).

2. Формація мартитових та бурозалізнякових кір звітрювання. Як типово вторинна ця формація розвивається на магнетитових і гематитових рудах різного походження, зокрема, на залізистих кварцитах попе-

редньої формації, скарново-магнетитовій, гідротермально-метасоматичних сидеритах, масивах основних та ультраосновних порід. Тому комплекс її прогнозно-розшукових критеріїв є комбінацією ознак як первинних (похідних), так і вторинних формацій.

Регіональні критерії: 1) геотектонічні (області завершеної складчастості, докембрійські щити, кристалічні масиви глибокоеродованих платформ); 2) метаморфічні (кори звітрювання на метабазитах та породах зеленосланцевої фації докембрійських щитів); 3) магматичні (звітрювання масивів основних та ультраосновних порід, а також кислих на “скарнованому” контакті з вапняками); 4) палеокліматичні (палеокліматичні зони субтропіків з інтенсивним та тривалим розвитком звітрювання площинного або лінійного типу).

Локальні критерії: 1) структурні (ледве приховані палеопідняття другого порядку); 2) літолого-фаціальні звітрювання на залізорудних покладах або масивах основного й ультраосновного складу); 3) геохімічні (вертикально-зональних кір звітрювання, що свідчить про винесення Ca, Mg, Na, K, накопичення в зоні аерації Fe, Mg, Ti, Al); 4) геофізичні (мартитові руди, натомість, мають в два - три рази нижчий магнетизм, електроопір, однак зберігають попередню гравітаційну характеристику).

Надалі за аналогією подають характеристику інших економічно менш значущих залізорудних формацій.

3. Магнетитово-скарнова.
4. Магнезіоферитова (магномагнетитова).
5. Титано-магнетитова (з ванадієм).
6. Сидерит-шамозит-гідрогетитова (оолітова).
7. Сидеритова стратиформна.
8. Апатит-перовськіт-магнетитова.
9. Апатит-магнетитова.
10. Кременисто-гематитова.

## **Модуль 4.**

### **Хромітоносні формації**

1. Дуніт-гарцбургітова (власне магматична).  
Регіональні критерії: 1) магматичні, 2) геотектонічні.  
Локальні критерії: 1) петрохімічні, 2) мінералого-петрографічні, 3) геохімічні, 4) морфоструктурні, 5) геофізичні.

## **Модуль 5.**

### **Манганосні формації**

1. Пісковиково-глиниста (теригенно-осадова).
2. Конгломерат-пісковикова (теригенно-осадова).
3. Доломіт-вапнякова (прибережно-лагунна).
4. Сульфат-вапнякова (прибережно-лагунна).
5. Кременисто-карбонатна.
6. Ефузивно-кремениста (вулканогенно-осадова як потенційне джерело).
7. Сланцево-кремениста (вулканогенно-осадова як потенційне джерело).
8. Манганосна кір звітрювання (вторинно накладена).
9. Гондитова (метаморфогенна на кодуригах, гондитах, джеспілітах як потенційному джерелі).

## **Модуль 6.**

### **Титаносні формації**

1. Ільменіт-рутилова з цирконом (прибережно-басейнові розсипища).
2. Ільменіт-лейкоксенова (пролювіально-делювіальні розсипища).
3. Ільменітова (алювіальні розсипища).

4. Метаморфізованих розсипищ (як потенційне джерело).

## **Модуль 7. Свинцево-цинкові формації**

На відміну від інших металів, у прогнозуванні свинцево-цинкового зруденіння домінує не генетичний, а морфоструктурний підхід. Їх поділяють за умовами залягання та формою рудних тіл (згідні та незгідні до рудовмісних товщ). Це зумовлено тим, що за статистикою майже 90 % світового ресурсу свинцю та цинку припадає саме на згідні (стратифіковані, стратиформні) поклади руд різного походження. Розроблені ієрархічні схеми прогнозу для 13 рудних формацій, які можуть бути складовою частиною певних геологічних. Зокрема, власне вулканогенні спіліт-кератофірова і дацит-ліпаритова, що містять відповідно:

1. колчеданно-поліметалеву мідно-цинкову (“уральський тип”);
2. колчеданно-поліметалеву мідно-свинцево-цинкову (“алтайський тип”).

Вулканогенно-теригенно-кремнисто-карбонатні є вміними для:

1. поліметалевої (Pb, Zn, Fe) формації “атасуйського” типу;
2. поліметалевої (Pb, Zn, Ba) “жайремського” типу;
3. власне свинцево-цинкової (Pb, Zn) “горівського” типу;
4. свинцево-цинкової (Pb, Zn, Sb) “озернинського” типу.

Осадкові власне карбонатні товщі, що містять родовища:

1. свинцево-цинкової (Pb, Zn) формації “сарданінського” типу;
2. поліметалеві (Pb, Zn, Fe) “приаргунського” типу;



3. свинцево-цинкові (Pb, Zn, Ba) “міргалімсайського” типу.

Теригенно-карбонатні товщі, є вмісними для:

1. свинцево-цинкової (з баритом та флюоритом) формація “барвинського” типу;
2. мідно-свинцево-цинкової (Cu, Pb, Zn) “мансфельдського” типу.

Власне теригенні товщі флішоїдного типу (так звана чорносланцева формація, що містить поліметалеві родовища різноманітних мінеральних відмін: “філізчайський”, “кизиддеринський”, “маунтайзенський” та ін).

## **Модуль 8. Нікеленосні формації**

1. Сульфідно-мідно-нікелева (похідна перидотит-піроксеніт-норитового магматизму рухливих поясів зон активації щитів).
2. Сульфідно-нікелево-мідна (похідна олівініт-габрового магматизму платформного типу).
3. Вохристо-залізиста (Fe-Ni-Co) кора звітрювання.
4. Вохристо-нонтронітова (Fe-Co-Ni) кора звітрювання.
5. Вохристо-нонтроніт-серпентинова (Co-Ni) кора звітрювання.
6. Вохристо-нонтроніт-лептохлоритова (Co-Ni) кора звітрювання.

## **Розділ 9. Алюмінієносні формації**

Важливо наголосити, що 80 % світових ресурсів цього металу пов'язані з бокситоносними рудами, 15 % - з масивами лужних порід (нефелінові сієніти, уртити, йоліти, лерцоліти), а 5% припадає на поклади кри-

сталічних силіманіт-андалузит-дистенових сланців, частково алунітів. Звідси досить складні ієрархії прогнозно-оцінювальних та розшукових критеріїв на промислово цінні концентрації цього найбільш поширеного в земній корі металу (кларк 8,5 %). Відповідно, і дуже широке коло та розмаїття конкретних геотектонічних, структурно-літологічних, палеокліматичних ситуацій, у яких його концентрації можуть досягати певних промислових кондицій, а відтак і набір критерійних ієрархій надзвичайно складний. Найважливішими є такі угруповання металоносних утворень:

1) група карбонатних бокситоносних формацій, що представлені дуже високоякісними моногідратними (діаспор, бйоміт) рудами осадового походження в межах геосинклінальних зон;

2) група теригенних бокситоносних формацій, що пов'язані з осадовими комплексами платформного типу і переважно є тригідратного складу (гібсид);

3) група латеритних бокситоносних формацій, серед яких особливо продуктивні так звані латеритні покриви, що поширені в палеокліматичних (олігоцен) та сучасних зонах тропіків і субтропіків;

4) власне нефелінова група безпольовошпатових формацій, зокрема нефелін-сієнітова (агпаїтова), що представлена великими родовищами високоякісних руд; лужно-габроїдна (натрового ряду – уртит, лерцоліт) та лужно-ультраосновна, інколи карбонатитоносна (типова платформна);

5) нефелін-польовошпатові групи формацій в областях фанерозойської складчастості; зокрема, нефелін-сієнітова (міаскітова), лужно-габроїдна та сієніт-грано-сієнітова, що поширена в межах Українського щита (PR<sub>2</sub>);

6) лейцит-нефелін-польовошпатові групи формацій, зокрема, малопродуктивні – лейцит-нефелін-сієнітова, лужно-габроїдна, лужно-базальтоїдна;

7) стратиформно-алунітова формація вулканогенно-осадового походження, що нерідко представлена великими запасами багатих високоякісних руд (родовище Заглік, Закавказзя);

8) кварц-алунітова формація як складова частина зон гідротермально-метасоматичного перетворення ефувивів кислого-середнього складу (тобто клас вулканогенно-гідротермальних продуктів пропіліт-серицитових зон з переходом у кварц-дикітові та вторинні кварцити).

## **Модуль 10.** **Ртутно-сурм'яні формації**

Самостійне значення мають дві групи рудних формацій, що досить чітко розрізняються і генетично, і речовинно (усього їх дев'ять).

Перша група – це три формації “амагматичних” (за В. П Федорчуком) зон розвитку карбонатно-теригенних товщ, інколи з незначним проявом базальтового магматизму. В них сконцентровано близько 60 % Hg та 30 % Sb у вигляді всесвітньо відомих родовищ Альмаден (Іспанія), Ідрія (Сербія), Сігуань-шань (Китай), Микитівське (Україна), Хайдаркан (Киргизія). Головними є три.

1. Кіноварно-флюорит-антимонітова джеспероїдна (“хайдарканський” тип).
2. Кіноварно-карбонатна (тип “сінапа”).
3. Кіноварноаргілізитова (“микитівський” тип).

Друга група – це рудні формації зон субаерального вулканізму склепінчасто-брилових областей (їх шість). Вони також важливі (40 % світових ресурсів Hg та 28 % Sb) і представлені родовищами Нью-Альмаден, Нью-Ідрія (США), Хуанка (Перу), Полум'яне, Полянське, Акташ (Росія), Вишківське, Боркут (Україна).

4. Метацинобарит-кіноварна карбонатно-аргілізитова (Акташське родовище).
5. Метацинобарит-кіноварна лиственітова (“чонкойський” тип).
6. Метацинобарит-кіноварна опалітова (“полум’яний” тип).
7. Метацинобарит-кіноварна травертино-глиниста (тип “апапеля”).
8. Антимонітово-аргілізитова (“випадковий” тип).
9. Антимонітово-ферберитова (“баруншивеїнський” тип).

Звичайно обидві групи формації прогноують на підставі принципово різних критеріїв регіонального і локального типу. Проте в межах кожної групи їхні ієрархічні ряди дуже подібні й розрізняються хіба що на рівні типу навколорудних метасоматитів.

### **Модуль 11.** **Рідкіснометалеві рудні формації**

Прогнозно-розшукові критерії найбільш коректно й апробовано розроблені для комплексного W-Mo-Sn зруденіння, інколи в геохімічній асоціації з Be, Li, Cs, Ta – Nb. Їхня геологічна близькість виявлена не тільки на рівні кларкових концентрацій, й у характері ізоморфних взаємозаміщень у структурі мінеральних сполук та на рівні мінеральних парагенезисів, а головне – на генетичному рівні та характері речовинно-енергетичних зв’язків зруденіння з різноглибинними проявами переважно кислого магматизму; показовою також є наявність рудовмісних метасоматитів (скарни, альбітиту, грейзени, вторинні кварцити). З одного боку, усе це ніби спрощує відповідні системи прогнозно-розшукових критеріїв, а з іншого, украй ускладнює їхнє застосування в реальних геолого-структурних ситуаціях, особливо у випадках проявів як моно-, так і полі-

формаційних типів зруденіння. У підсумку для цілей прогнозування виділяють до одинадцяти молібденоносних формацій, десять вольфрамоносних і дев'ять оловоносних.

## **Модуль 12.** **Золоторудні формації**

Незвичайність геохімічної поведінки золота полягає в некоректності його віднесення до групи рідкісних елементів і до розсіяних елементів. На спектрально-аналітичному рівні його наявність фіксують майже в кожному уламку будь-якої породи (окрім органогенного вапняку), у рослинах, ґрунтах, болотних солях, у воді річок та океанів, з яких золото видобували на промисловому рівні, тобто це далеко не рідкісний елемент, ознак і не розсіяний, оскільки характерною є самородна форма (від 5 - 10 г до 100 - 150 і навіть 250 кг). Характерна також велика кількість генетичних типів його родовищ супутнього і прямого видобування.

Стисла характеристика провідних промислово-генетичних типів золотого зруденіння та обґрунтування його рудно-формаційного поділу подають за Н. В. Петровською (1973).

1. Золото-кварцова малосульфідна (1 - 5%) метаморфогенно-гідротермальна великих глибин (понад 3 - 4 км) – тип “Калгурлі”.
2. Золото-сульфідно-кварцова помірно-сульфідна (до 10 - 20%) – плутоногенно-гідротермальна середніх глибин (3,0 - 1,5 км) – “Дарасунський” тип.
3. Золото-срібно-кварц-карбонатна убогосульфідна (0,5 - 1,5 %) – вулканогенно-гідротермальна малих глибин (1,5 - 0,1 км) – “Балейський” тип.
4. Елювіально-колювіально-розсипна.

5. Алювіально-дельтова розсипна (підтипи – русловий, долинний, терасовий, дельтовий) – “Ленський” тип.
6. Латерально-розсипна – тип “ном-сюарт”.
7. Золотоносні конгломерати докембрію (метаморфізовані) - тип “Вітватерсранд”.

Щодо систем прогнозно-розшукових критеріїв, то вони чітко групуються у дві ієрархічні схеми – для ендегенно-гідротермальних та екзогенно-розсипних концентрація металу з урахуванням його самородних форм і сульфідно-осаджених. Внутрішня структура регіональної і локальної ієрархії критеріїв принципово збігається з попередніми схемами – від регіонально-позиційних (геотектонічних), палеокліматичних та структурно-літологічних через метаморфічні, магматичні, морфоструктурні та фаціально-літологічні до мінералого-геохімічних, геофізичних та термобарогеохімічних.

### **Рудні формації неметалевих корисних копалин**

У цих модулях висвітлені критерії прогнозування трьох головних груп неметалевих корисних копалин.

## **Модуль 13. Індустріальна сировина**

Ідеться про алмаз, мусковіт, флогопіт, вермикуліт, гірський криштал, хризотил і антофіліт-азбест, тальк, флюорит. Таке поєднання зумовлене близьким характером їхнього використання у промисловості. Більшість із наведених видів сировини (алмаз, мусковіт, флогопіт, гірський криштал) використовують головно у вигляді природних утворень без порушення їхньої первинної цілісності; азбест, тальк, частково флюорит – у вигляді мінеральних агрегатів, що зазнають механічної обробки, і лише вермикуліт зазнає попередньої термічної обробки.

Незважаючи на таку різноманітність видів сировини, умови їхнього формування та закономірності поширення мають низку загальних рис. На відміну від більшості рудних родовищ, неметалеві корисні копалини досить поширені у земній корі петрогенними елементами і відтак для виникнення не потребують суттєвого перерозподілу (мобілізації) речовини та формування унікальних концентрацій будь-якого з них (за винятком алмазу). На підставі аналізу особливостей геологічної позиції, речовинного складу можна навести деякі загальні риси стосовно їхнього виникнення та локалізації.

Значна частина родовищ сформувалася у дещо розірваному часовому інтервалі. Впродовж першого етапу утворюється комплекс порід, який відіграє роль “субстрату”, що містить головний набір хімічних компонентів, які надалі формують мінерали та їхні асоціації. Як приклад, можна навести послідовний ряд: інтрузія гіпербазитів дуніт гарцбургітової формації – родовища хризотил-азбесту, комплекс магнезійно-силікатних метаморфічних порід – родовища флогопіту, безрудні кварцові жили – родовища гірського кришталю.

Другий етап, що має чіткий регресивний характер, виявлений у дії на породи “субстрату” гідротермальних розчинів, які пов’язані з пізнішими магматичними утвореннями (граніти для хризотил-азбесту, лужні породи для флогопіту). Такий перебіг процесу формування родовищ ендегенних неметалевих корисних копалин зумовлює виділення двох рангів критеріїв прогнозування оцінки, з яких перший розрахований на виявлення геологічних обстановок, які сприятливі для формування “субстрату”, другий для виявлення руди.

Спільною рисою для більшості родовищ індустріальної сировини є локалізація у межах геологічних блоків, у яких активні тектонічні, метаморфічні та

постмагматичні процеси закінчилися синхронно з формуванням рудної мінералізації.

До вивчення та розробки головних критеріїв прогнозування пропонують такі види сировини:

1) алмаз (формаційні типи, критерії прогнозування корінних та розсіпних родовищ алмазу);

2) мусковіт (формаційні типи родовищ та критерії прогнозування мусковітоносних формацій);

3) флогопіт (головні формаційні типи). Закономірності розміщення та критерії прогнозування на формаційному рівні;

а) флогопітова формація комплексу докембрійських магнезійно-кальцієвих метаморфічних порід;

б) флогопітова формація комплексу ультраосновних, лужних порід та карбонатитів;

4) вермикуліт (формаційні типи та закономірності розміщення родовищ);

5) гірський кришталіт (типи кришталеносних та кришталевмісних формацій і принципи їхнього прогнозування);

6) хризотил- і антофіліт-азбест;

7) флюорит (формації флюоритових родовищ та критерії прогнозування оцінки).

## **Модуль 14.**

### **Хімічна сировина**

До хімічної сировини належать сполуки фосфору, калійні та кам'яні солі, самородна сірка та її сполуки, сульфати натрію та калію, сода, флюорит та ін. Критерії прогнозування для цієї групи корисних копалин розглядають на прикладі родовищ апатиту, фосфориту, самородної сірки, мінеральних солей.

Залежно від умов формування промислові концентрації родовищ хімічної сировини досить різноманітні й



можуть бути розділені на три групи: ендегенну, метаморфогенну та екзогенну. До першої групи належать більшість родовищ апатиту (apatитові руди, пов'язані з породами лужного складу) та низка вулканогенних родовищ сірки (пов'язані з андезитовою формацією сучасних вулканогенних поясів). Друга група представлена метаморфогенними покладами апатиту Українського та Алданського щитів.

Фосфорити, калійні солі та всі великі поклади самородної сірки утворюють переважно екзогенні родовища, які суттєво відрізняються за механізмом формування. Для фосфоритів характерне біохемогенне та хемогенне седиментаційне походження. Родовища калійних солей пов'язані із галогенними формаціями.

Наведене різноманіття генетичних типів родовищ хімічної сировини зумовлює різний підхід до їхнього прогнозування. Єдиним спільним критерієм є лише приуроченість до певних рудоносних формацій. Для ендегенних утворень апатиту головним є структурне положення та будова інтрузивних комплексів, їхній склад, геохімічна спеціалізація та особливості подальших метасоматичних перетворень. Метаморфогенні поклади апатиту формуються у специфічних фаціях метаморфізму.

Для екзогенних родовищ самородної сірки, калійних солей і фосфоритів визначальними критеріями є літолого-фаціальні, палеогеографічні, палеотектонічні.

До вивчення та розробки головних критеріїв прогнозування пропонують такі види сировини:

- 1) апатит;
- 2) фосфорити;
- 3) сірка самородна:
  - а) критерії прогнозування родовищ, які пов'язані з карбонатно-галогенними формаціями;
  - б) критерії прогнозування родовищ, які пов'язані з вулканогенними формаціями;

4) викопні мінеральні солі (хлориди і сульфати натрію, калію та магнію).

## **Модуль 15. Вугілля та горючі сланці**

Ці види корисних копалин (головно вугілля) досі є найголовнішим джерелом теплової та електричної енергії для багатьох країн світу, зокрема, й для України. Незважаючи на значну кількість запасів цього виду сировини, розробка сучасних критеріїв прогнозування та оцінки територій на вугленосність досить актуальна. Передусім це стосується розшуків високоякісного (коксівного) вугілля з огляду на постійне зростання його споживання головно металургійною промисловістю. Не варто применшувати значення горючих сланців як порівняно дешевого виду енергетичної сировини.

На етапі вивчення цього виду сировини увагу приділяють характеристиці головних типів вугленосних формацій; це, зокрема:

- а) геосинклінальні формації (Донбас, Кузбас, Карагандинський басейн, Львівсько-Волинський басейн, Печорський басейн);
- б) платформні формації (Тунгуський басейн, Ленський басейн, Кансько-Ачинський басейн);
- в) формації зон постконсолідаційної активізації (родовища Забайкалля, Південно - Якутський басейн).

Структура викладення лекційного матеріалу стосовно прогнозно-оцінювальних критеріїв для зазначених формацій нерудної сировини принципово відповідає наведеній вище для металоносних формацій.

## **Перелік контрольних питань з курсу “Критерії прогновної оцінки рудоносних територій”**

1. Головні типи прогнозних досліджень, порівняльна характеристика, їхні завдання, методи та об'єкти спостережень.
2. *Комплексні* (регіональні) прогнозні дослідження, їхня мета, об'єкти спостереження та етапність.
3. *Галузеві* (спеціальні) прогнозні дослідження, їхня мета, об'єкти спостереження та етапність.
4. Методичні засади та зміст *комплексного* прогнозування.
5. Методичні засади та зміст *галузевого* прогнозування.
6. *Галузеве* прогнозування: етапність та масштабність проведення досліджень.
7. Формалізація понять – “*закономірність поширення*” та “*зв'язок*” зруденіння, пояснити зміст семи типів “зв'язку” в рудній геології.
8. Формалізація понять “*чинники*” та “*критерії*” зруденіння, характер їхнього інформаційного співвідношення та систематика.
9. Поняття “*прямих*” та “*непрямих*” критеріїв зруденіння, їхня класифікація та значення в разі вирішення завдань регіонального та локального прогнозування.
10. Своєрідність термобарогеохімічного прогнозування, типи прикладного застосування ТБГХ-критеріїв у локальному прогнозі ендегенного зруденіння (оптимально-температурний, флюїдно-фазовий, концентраційно-сольовий, декрептометричний).
11. Суть термоградієнтного аналізу як провідного типу ТБГХ-прогнозування деяких видів ендегенного зруденіння (коефіцієнт ерозії, положення рудних стовпів тощо).

12. Співвідношення ключових понять прогнозно-галузевих досліджень – “генетичний тип зруденіння”, “геолого-генетичний” та “промислово-генетичний” типи родовищ.
13. Рудноформаційний аналіз як базовий метод прогнозно-галузевих досліджень.
14. Поняття “рудна формація”, суть визначення її речовинного складу та “структури” як проявів визначальної закономірності розвитку зруденіння в часі та просторі.
15. Співвідношення понять “*рудна формація*” та “*геологічна формація*”, типи рудоносних геологічних формацій (первинних, вторинних, власне – продуктивних, рудогенерувальних, рудовмісних) як основа прогнозно-оцінювальних та рудо-розшукових робіт.
16. Рудноформаційний аналіз як основа прогнозно-галузевих досліджень на *залізо* (перелік відповідних формацій у порядку зниження промислового значення).
17. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно проявів “*смугастої формації залізистих кварцитів*” (регіональні та локальні) з використанням ознак відповідного зруденіння на території України.
18. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно формації “*гематит-мартитових та бурозалізнякових кір звітрявання*” (регіональні та локальні).
19. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно “*магнетит-скарнової*” формації (регіональні та локальні).
20. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно “*магнетіоферитової (магно-магнетитової) формації в трапах*” (регіональні та локальні).
21. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно “*титано-магнетитової*” формації (регіональні та локальні).
22. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно “*сидерит-шамозит-гідрогетитової (оолітової)*” формації (регіональні та локальні).

23. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно провідної *“хромітоносної”* формації як прояву чіткої специфіки її геотектонічних позицій, зв'язків з магматичними формаціями та особливостями її мінералого-геохімічних характеристик.
24. Головні типи *“первинних манганонесних формацій”* (теригенні і карбонатні) та їхні характерні риси як критерії локального прогнозування.
25. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно *“нісково-глинистої мангановорудної”* формації з використанням ознак відповідного зруденіння на території України.
26. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно *“провідної титанонесної формації”* (в тому числі й на території України), зокрема: палеокліматичні, геоморфологічні, фаціально-палеогеографічні, тектонічні, літологічні.
27. *Морфо - структурні особливості* свинцево-цинкового зруденіння (близько 90 % світових ресурсів), що взяті за основу їхнього рудноформаційного аналізу і розробки відповідного комплексу прогнозно-оцінювальних критеріїв; поняття *“стратифіковані”* та *“стратиформні”* рудні поклади.
28. Головні рудноформаційні типи *“пластового” свинцево-цинкового зруденіння*, їхній зв'язок з певними вулканогенно-теригенно-кременисто-карбонатними товщами та відповідні критерії прогнозування (регіональні та локальні).
29. Прогнозно-оцінювальні критерії стосовно *“сульфідно-мідно-нікелевої формації”* (регіональні та локальні) як відображення принципово важливих спільних та відмінних рис більшості відомих родовищ світу.
30. Прогнозно-оцінювальні критерії *“окисно-силікатних нікеленесних формацій”* (регіональні та локальні) як відображення палеокліматичних, палеогеоморфологічних умов їхнього утворення у зв'язку з певними

петрохімічними типами магматичних порід офіолітових зон.

31. Критерії прогнозування зруденіння *бокситів*, зокрема регіонально-стратиграфічні, тектонічні, палеогеографічні (кліматичні, геоморфологічні) та локальні – суто формаційні (структурно-речовинні).
32. Головні типи “*бокситоносних формацій*” (“карбонатних”, “теригенних”, “латеритних”) та їхні характерні риси як критерії локального прогнозування.
33. Критерії прогнозування *нефелінового* зруденіння як відображення спільних рис певної рудноформаційної групи родовищ магматогенного походження.
34. Головні *молібденоносні формації* та основні прогнозно-оцінювальні критерії, зокрема, регіонально-геотектонічні, структурно-регіональні, магматичні, петрохімічні, формаційні (гідротермально-метасоматичні), фаціально-магматичні тощо.
35. Головні формаційні типи родовищ *алмазу* та критерії прогнозування корінних і розсипних родовищ.
36. Головні формаційні типи родовищ *слюди*, закономірності поширення родовищ і принципи прогнозування.
37. Характеристика *флюоритових* формацій та критерії прогнозування родовищ флюориту.
38. Головні формаційні типи родовищ *апатиту*, закономірності поширення та критерії прогнозування.
39. Головні формаційні типи родовищ *фосфориту*, закономірності поширення та критерії прогнозування.
40. Головні формаційні типи родовищ *самородної сірки*, закономірності поширення та критерії прогнозування.
41. Головні формаційні типи родовищ *вугілля*, закономірності поширення та критерії прогнозування.

## Список літератури

### Головна

1. *Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І та ін.* Металічні корисні копалини України. К.; - Львів: Центр Європи, 2006. Т.1. 739 с.

2. *Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І та ін.* Неметалічні корисні копалини України. К.; - Львів: Центр Європи, 2006. Т.2. 552 с.

3. *Ляхов Ю.В., Павлунь М.М., Луньов Г.О., Пахнющий Ю.О.* Критерії прогновної оцінки золотоносних територій (теоретичні та методичні засади)// Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 2003. Вип. 17. С 33 - 42; 2004. Вип. 18. С. 3 - 16.

4. *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины.* Т.1/Под ред. Н.П. Щербака, А.Б. Боброва Киев; Львов: Центр Европы, 2005. 783 с.

5. *Рундквист Д.В.* Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Л.: Недра, 1978. 607 с.

6. *Фаворская М.А., Томсон И.Н., Балкина В.А.* Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений. М.: Недра, 1974. 192 с.

7. *Філатов Е.М., Шурай Е.П.* Формацийний аналіз рудних родовищ. М., Наука, 1988. 144 с.

### Допоміжна

1. *Билибин Ю.А.* Общие вопросы металлогении золота. М.: Избр.труды, Т.2, 1959, 498 с.

2. *Константинов Р.М., Жариков В.А., Омеляненко Б.И. и др.* Изучение закономерностей размещения минерализации при металлогенических исследованиях рудных районов. М.: Недра, 1965, 33 с.

3. *Магакьян И Г.* Металлогения. М.: Недра, 1974. 304 с.

4. Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л.: Недра, 1971. 454 с.

5. Основы научного прогноза месторождений твердых полезных ископаемых / Под ред. Б.М. Ефремова, Д.В. Рундквиста М., 1970-1971. Т. 1-7.

6. Рудные месторождения СССР. М.: Недра, 1974, 1976. Т. 1-3.

7. *Щеглов А.Д.* Основы металлогенического анализа. М.: Недра, 1976. 295 с.