

<https://doi.org/10.15407/geotech2019.30.056>
УДК 551.242.1:553.3/4 (477)

Сущук К.Г., Верховцев В.Г.

Сущук К.Г. канд. геол.-мін. н., пров. н. с. ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», mamas@i.ua.
Верховцев В.Г. докт. геол. н., зав. відділу ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Verkhovtsev@ukr.net.

МЕТАЛОГЕНІЯ УРАНУ В ФАНОРОЗОЇ ПЛАТФОРМНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ

На території розвитку платформних фанерозойських утворень в Україні відомі численні родовища, рудовиявлення та мінеральні аномалії урану. Згідно з умовами їх формування виділено металогенічні епохи і проведене структурно-металогенічне районування території. Встановлено, що утворення фанерозойського платформного чохла супроводжувалося накопиченням і перерозподілом в ньому урану в кілька етапів, які характеризувалися участю в рудоутворенні як екзогенних, так і ендеогенних процесів. Провідну роль у формуванні уранових рудних родовищ у фанерозойських осадових формаціях відіграють епігенетичні процеси. Загальний принцип екзогенного уранового рудоутворення – сполученість рудного процесу зі стадіями літогенезу порід, що їх містять. Для кожного генетичного типу уранових родовищ в осадових товщах характерна специфічна епігенетична мінералого-геохімічна зональність. Уранове зруденіння завжди приурочене до конкретної зони і взагалі є частиною цієї зональності, яка є типоморфною ознакою і головним пошуковим критерієм. У формуванні полігенних родовищ та рудопроявів урану кімерійської епохи приймали участь висхідні низькотемпературні або термальні вуглекисло-вуглеводневі хлоридні розчини глибинного (метаморфічного або метагенетичного) походження, які до кінця рудоутворення розбавлялися підземними метеорними водами. Доно-Дніпровська структурно-металогенічна зона характеризується наявністю екзогенних родовищ урану пластово-інфільтраційного підкласу і полігенних ексфільтраційних родовищ. На території цієї зони відомі торій-уранові, урановугільні і уранобітурні родовища в фанерозойських платформних утвореннях. Уранове зруденіння супроводжується концентраціями (нерідко рудними) інших металів.

Ключові слова: уран, Український щит, металогенічні епохи, осадовий чохол, гідрогенні родовища, фактори рудонакопичення.

Вступ. Фанерозойські утворення на території України розповсюджені в межах Українського щита (УЩ) та його схилів, а також в оточуючих щит платформних структурах: Дністровському перикратонному прогині, Дніпровсько-Донецькому авлакогені (ДДА) та Причорноморській западині. На протязі фанерозою більша частина території України являла собою платформну область, оточену геосинклінально-складчастими структурами каледонського, герцинського, кімерійського та альпійського віку. Тектоно-магматичні процеси, що відбувалися у цих геосинклінальних поясах, відображалися і на розвитку УЩ, сприяючи його активізації.

Виділяється декілька епох тектоно-магматичної активізації (та ендеогенного рудоутворення) фанерозойського, а також рифейського і вендського часу, що позначилося і на умовах формування фанерозойських рудних утворень. Згідно з епохами тектоно-магматичної активізації УЩ виділяються відповідні металогенічні епохи на території розвитку платформних фанерозойських утворень.

Фанерозойські відклади містять численні родовища різноманітних корисних копалин, у тому числі урану (рис. 1). Дослідження металогенії урану і його супутників (а також торію) у цих відкладах має важливе значення для розширення мінерально-сировинної бази ядерної енергетики України.

Структурно-металогенічне районування фанерозойських утворень. Історико-геологічний аналіз осадо-нагромадження та магматизму платформної частини України у фанерозої дозволив виділити наступні металогенічні епохи відповідно до епох тектоно-магматичної активізації УЩ: каледонську – від раннього венду до кінця раннього девону; герцинську – пізній палеозой-мезозой, за часом вона співпадає з орогенезом у межах герцинських геосинкліналей (Карпати, Добруджа, Крим) та інверсією тектонічного режиму в ДДА (на Донбасі – незначним орогенезом і магматизмом); кімерійську – пізній тріас і рання юра (рання кімерійська) та пізня юра-рання крейда (пізня кімерійська); альпійську – пізній мезозой-кайнозой.

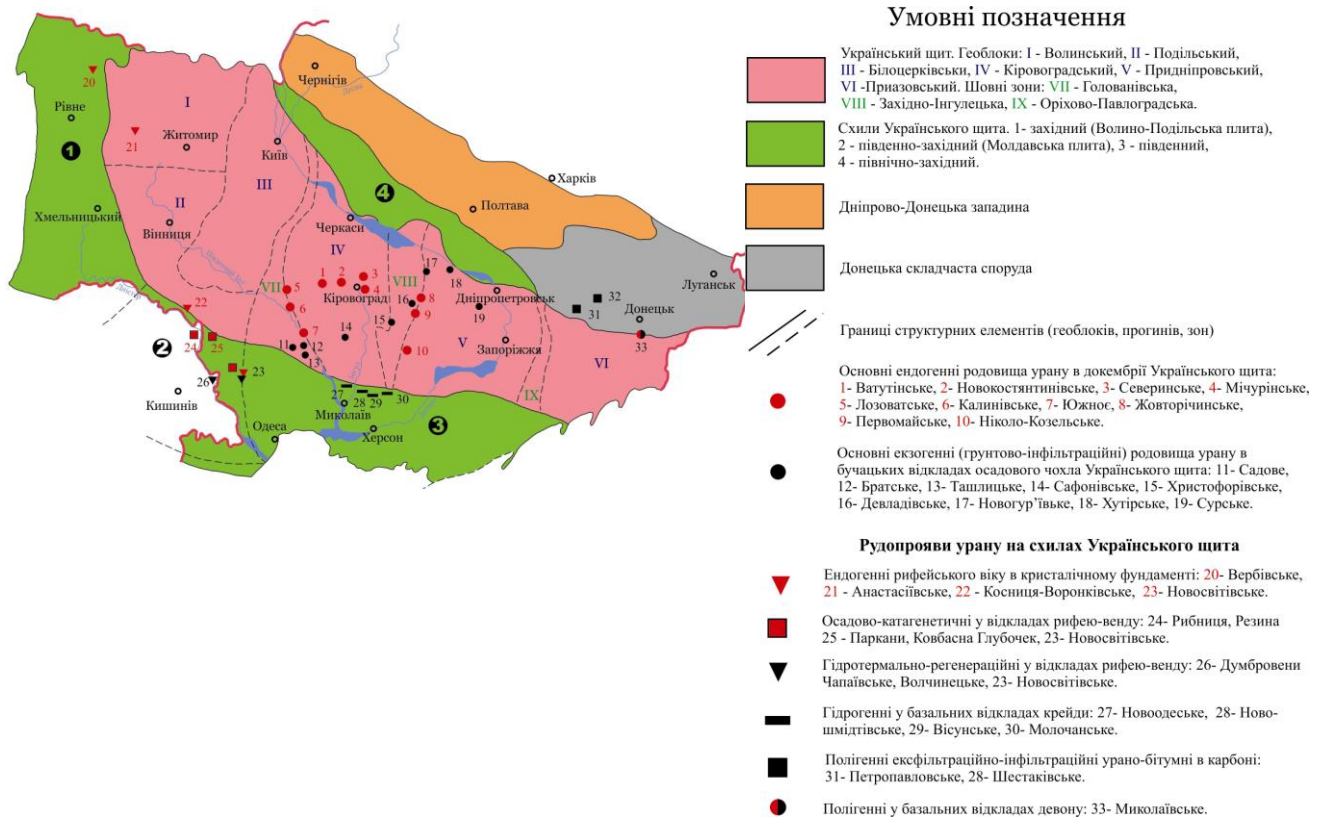


Рис. 1. Схема розміщення основних родовищ і рудопроявів урану в Україні.
Fig. 1. Layout of the main uranium deposits and ore occurrences in Ukraine

Зазначені металогенічні епохи проявлені у фанерозойських утвореннях платформної частини України у таких структурних регіонах: УЩ, південно-західний схил Воронежського масиву, ДДА, Волино-Подільська і Молдовська плити та Причорноморська западина. Відповідно виділяються головні металогенічні одиниці. Це субпровінція УЩ, до якої відносяться металогенічні області УЩ і Причорноморської западини, Волино-Подільська металогенічна область, Доно-Дніпровська структурно-металогенічна зона (СМЗ), яка об'єднує Дніпровську і Донецьку металогенічні області. Більш дрібні металогенічні райони і зони відповідають невеликим структурно-формаційним зонам та блокам із специфічним геологічним розвитком і металогенічною спеціалізацією.

Металогенічна область УЩ є центральною й найбільш крупною. Вона має подвійне значення і як область живлення, і як область накопичення у мезо-кайнозой різноманітних корисних копалин. Щодо урану і торію, то ця область містить промислові гідрогенні родовища урану і найбільш значущі в Україні концентрації торію у корках вивітрювання та у розсипах.

Авторами раніше опубліковані детальні дослідження металогенії уранових рудних районів в осадовому чохла УЩ [1]. На основі металогенічного аналізу мезокайнозойського осадового чохла УЩ встановлено екзогенні рудоутворюючі процеси, що призводили до накопичення промислових концентрацій урану, торію та супутніх елементів у Південно-Бузькому, Інгуло-

Інгулецькому і Саксагансько-Сурському рудних районах. Виявлені часові інтервали, які набули значення металогенічних. Визначені стратиграфічні, літологічні, структурно-тектонічні, гідрогеологічні умови утворення в осадовому чохла УЩ екзогенних родовищ урану та перспективи можливого збільшення видобутку урану методом підземного свердловинного вилуговування.

Це переважно грунтово-інфільтраційні (гідрогенні) родовища, приурочені до піщано-вуглистих відкладів палеогенового віку (бучацький ярус середнього еоцену), які розміщуються в палеодолинах на поверхні кристалічного фундаменту. Уранові родовища формуються метеорними підземними водами при активному інфільтраційному гідродинамічному режимі, обумовленому підвищенням області живлення над областю розвантаження, і контролюються грунтовою окислювальною зональністю. Глибина урізу палеодолин, що містять уранове зруденіння, у фундамент і кору вивітрювання до 70-90 м, протяжність – 30-100 км. Потужність перекриваючих відкладів (морських – еоцену і олігоцену або прибережно-морських – міоцену) – 30-60, максимум – 100 м. Палеодолини були утворені річками, які стікали з УЩ на північ – в морський басейн Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) або на південь – в морський басейн Тетису. Родовища приурочені переважно до річкових відкладів, які або повністю заповнюють палеодолини, або залягають в основі осадового чохла під лагунно-лиманними або озерно-болотними відкладами. Відомі також випадки, коли значна частина зруденіння (90 %

від загального обсягу ураноносних порід) міститься в корі вивітрянню у вторинних каолінах.

Уранові поклади контролюються ґрунтовою або ґрунтово-пластовою окислювальною зональністю і, залежно від умов її розвитку від верхів'їв або бортів палеодолини, розміщуються або уздовж стрижня по всій ширині палеоруслу, або уздовж бортів у вигляді нешироких звивистих смуг. Вони мають переважно пластову або лінзоподібну форму, локалізовані у вуглистих пісках, бурому вугіллі, рідше – у вуглистих глинах або корі вивітрянню і утворюють декілька ярусів по всьому розрізу водоносного горизонту. Протяжність рудних тіл під нижньою межею зони ґрунтового окиснення – до декількох кілометрів, ширина – сотні метрів, потужність – зазвичай десятки сантиметрів, зрідка до двох метрів, вміст урану – соті долі відсотка. На виклинованні зон ґрунтово-пластового окиснення утворюються багатші рудні тіла потужністю до 4-5 м, які іноді мають форму ролів. Уранове зрудення супроводжується інтенсивною сульфідизацією різних літолого-фаціальних типів вугленосних відкладів.

Уран в рудах міститься в основному у вуглистій речовині (35 %), в меншій мірі – в глинистій (25 %) і у вигляді уранової черні (17 %). Близько 5 % урану міститься в лейкоксені і 3 % – в гідроксидах заліза. Вміст урану у вуглистій речовині досягає 1,7 %, в глинистій – 0,378 %. Уранова чернь встановлена тільки в багатих рудах. Вона утворює дрібні виділення, зрощення або тонкі плівки навколо зерен піриту, марказиту, ільменіту. За допомогою електронної мікроскопії та мікрозондування був встановлений кофінит, який разом з урановими чернями утворює дрібні (соті долі мм) скупчення: в цементі пісковиків, на поверхні кварцу, на поверхні та всередині вуглистих залишків, навкруги уламкових зерен і виділень дисульфідів заліза, на зернах ільменіту.

Причорноморська металоґенічна область відповідає однойменній западині, структурно тісно пов'язана з УЩ і є продовженням його південного схилу. Південний схил щита і північна околиця Причорноморської западини вивчені достатньо в осадово-формаційному та металоґенічному відношенні, завдяки чому їх можна вважати одним цілим. На схилі щита і в западині розвинені однотипні за складом, але різні за віком осадові формації. Сюди зі схилу щита продовжуються древні долини, в яких концентрувалися уран та його супутники завдяки процесам літогенезу. Щодо центральної частини западини, то через надто глибоке залягання фанерозойських утворень, особливості їх металоґенії на тепер невідомі.

На території південного схилу відомі рудопрояви урану у теригенних відкладах нижньої крейди [2]. Коротка їх характеристика наступна. Міграція та концентрація урану в базальній теригенній товщі ранньої крейди на південному схилі УЩ закономірно пов'язані зі стадіями літогенезу осадового чохла. В період седиментогенезу накопичилися стійкі до вивітрянню мінерали, що містять уран і торій. Формування рудних концентрацій відбувалося із ґрунтових вод з відносно невисоким вмістом урану на сульфідно-глеєвих геохімічних бар'єрах в процесах пізнього діагенезу та епігенезу. Епігенетичні перетворення сприяли осадженню урану також із седиментогенних вод завдяки поєднанню процесів сорбції та відновлення.

Прошарки порід, збагачені ураном до 0,005-0,02 %, утворюють пластові «рудні» тіла незначної потужності і протяжності в алохтонній корі вивітрянню (каолінах піщанистих, кварцових піщаниках на каоліновому цементі, вторинних каолінах) або у древніх ґрунтах, хлидолітах та пролювіальних пісковиках, зазвичай сильно каоліністих, збагачених вуглефікованим рослинним детритом і, як правило, піритизованих. Найбільш високі концентрації урану (і торію) приурочені до підніжжя древніх піднятих фундаменту та до верхів'їв палеодолин, зменшуючись в напрямку осьових частин останніх.

Мінералого-петрографічне вивчення уранового зрудення показало, що уран міститься в окислах (переважно черні, рідше настуран), в сорбованому виді у каолініті та вуглефікованій органіці, в уламкових мінералах – цирконі, оргіті, монациті, ксенотимі, цоїзиті, лейкоксені, в піриті. Уранова чернь зустрічається в гніздах черв'якоподібних кристалів каолініту, які утворилися при перекристалізації каолінітового цементу, спільно з новоутвореними сидеритом, піритом і марказитом. Баланс урану в рудних пробах показав, що у вуглистих алевролітах і пісковиках з піритизованим та вуглефікованим рослинним детритом 10-20 % загальної кількості урану в породі припадає на важку фракцію. До 80 % урану від загальної його кількості в породі в ряді випадків міститься у каолінітовому цементі в сорбованому виді (рівномірно розсіяні треки на мікрорадіографіях), а також у вуглефікованому рослинному детриті – коренях, уламках деревини, вугіллі.

При цьому, як показало визначення загального і рухомого урану, значна частина урану, який приурочений до органічної речовини, знаходиться у рухомій формі, тобто представлена, очевидно, окислами. Вуглефіковані рослинні залишки мають також підвищений вміст Cr, V, Zr, Ba, Pb, Zn, Cu, Ni. Зола вугіллі і вуглефікованих коренів на Новоодеському рудопроєві містить 300-400 г/т міді. В піриті, який заміщує вуглефіковані корені, в деяких випадках встановлено 400-500 г/т свинцю.

Волино-Подільська металоґенічна область. Виділена у складі однойменної монокліналі (Волино-Подільська плита) та Львівського прогину [3, 4]. У мезозойський час ця металоґенічна область відповідала рифей-палеозойському перикратонному прогину. Осадочний чохол представлений переважно морськими відкладами від рифею до палеогену включно. Тут є два яруси осадових відкладів: нижній – рифей-вендський і верхній – мезо-кайнозойський. Відклади рифею і венду

входять до складу платформного чохла і органічно пов'язані з вище відкладеними фанерозойськими товщами, внаслідок чого вони мали значний вплив на формування металогенічних особливостей регіону і платформи взагалі.

Ендогенні процеси на території області проявлені у вигляді вулканічних утворень трапової, ліпарит-трахітової та експлозивної формацій. Слід зазначити, що прояви рифейського магматизму переважно у вигляді дайок основного складу зазвичай виявляються на віддаленні від відомих на наш час рудопрооявів, хоча розташовуються в межах структур, що контролюють і містять ці рудопроояви.

Утворення чохла тут, як і на всьому західному схилі УЩ, супроводжувалося накопиченням і перерозподілом в ньому урану в кілька етапів, які характеризувалися участю в рудоутворенні як екзогенних, так і ендогенних процесів, що й визначило особливості металогенії регіону, яка має багато спільних рис із металогенією західного схилу УЩ. Вона відзначається наявністю великої кількості рудовиявлень і аномалій урану ендогенного, полігенного та екзогенного генезису [3, 5].

У фундаменті рифейські рудопроояви урану мають ендогенний генезис.

В результаті тривалої перерви осадонагромадження та денудації, що охопили більшу частину рифею, метасоматити і супроводжуюча їх уранова мінералізація були виведені на денну поверхню, внаслідок чого всі основні прояви уранової мінералізації в породах фундаменту тяжіють до рифей-вендської поверхні неузгодженості.

Уранові концентрації, пов'язані з корою вивітрювання на породах фундаменту або палеобазальтах, зазвичай мають інфільтраційний генезис. У південному сході Волино-Подільського артезіанського басейну ексільтраційного типу розміщується область сучасного та давнього розвантаження пластових вод венду і раннього-середнього палеозою. Це розвантаження відбувалося як у межах водоносних горизонтів (венд, кембрій, ордовик, силур), так і в Подільській зоні розломів. Платформний період тут характеризувався інтенсивною міграцією і накопиченням урану в базальних відкладах осадового чохла. Екзогенна уранова мінералізація, сформована в цей період, надалі змінювалася шляхом регенерації в результаті накладених процесів – як ендогенних, так і екзогенних.

Цей тип мінералізації вивчений на рудопрояві Ковбасна [3, 5]. Уран збагачує гіпергенні мінерали – лейкоксен (по ільменіту та титано-магнетиту), лімоніт (по титано-магнетиту і темноколірним мінералам), хлорит (по темноколірним мінералам). Уранова мінералізація розподілена вкрай нерівномірно, незначна за вмістом (тисячні частки відсотка). Вік гіпергенних концентрацій урану дорівнює приблизно 1160-1190 млн. років, тобто відповідає часу вивітрювання [5].

Найбільший інтерес серед проявів такого типу являє уранова мінералізація, встановлена у відкладах верхнього рифею-венду на південно-західному схилі УЩ в межах Подільської зони розломів поблизу поверхні неузгодженості між фундаментом і платформним чохлом. Уранові прояви первісно осадово-діагенетичного типу мають стратиформний характер і локалізуються в пісковиках і алевролітах хрустівської світи, пісковиках, алевролітах і аргілітах ольчедаївських і лозозовських верств могилівської світи, рідше – в підшві лядовських аргілітів могилівської світи [3, 5].

Зокрема, в піщаних і алеврито-глинистих відкладах хрустівської світи, що накопичилися за рахунок перевідкладення продуктів вивітрювання, уран сорбувався гідроокисно-глинистою речовиною порід, утворюючи пошарові концентрації з вмістом урану в соті частки відсотка. Ці концентрації, однак, розвинуті не повсюдно, а приурочені до північного і східного обрамлення Котовського купола і одночасно до вузла перетину (зчленування) зон Подільського та Одеського розломів (рудопрояви Паркани, Гума, Рибниця, Глибочок, Новосвітківка). Характерно, що до цього ж тектонічного вузлу тяжіють прояви уранової мінералізації в фундаменті, пов'язані з ранньорифейськими метасоматитами. Це дозволяє розглядати сорбційно-діагенетичні концентрації урану в елювіально-делювіальних відкладах хрустівської світи як ймовірні вторинні ореоли розсіювання більш давнього (ранньорифейського) зруденіння. Сорбційно-діагенетичні концентрації урану хрустівських верств частково були знищені ольчедаївською трансгресією, причому частина урану сингенетично накопичилася в глинистих пісковиках і алевролітах ольчедаївської світи.

У результаті подальшого прогинання, занурення відкладів рифею-венду на велику глибину, глибинного катагенезу сорбційно-діагенетичні концентрації урану зазнали деякий перерозподіл. Проведені дослідження катагенетичних змін зазначених відкладів [8] показали, що ці зміни відбувалися на глибинах від 4 до 5 км при температурах від 115 до 155°C [8, 9], тобто відповідають умовам катагенезу третього ступеня і навіть початку раннього метагенезу. Так, для порід рифею-венду на лівобережжі Дністра південніше міст Рибниця–Котовськ характерні сильно ущільнені зернисті структури пісковиків, інтенсивний конформізм зерен, інкорпораційні, кварцитовидні структури, регенераційні облямівки кварцу і альбіту. Скупчення гідроксидів заліза перетворені в гематит і магнетит. У південному напрямку ступінь перетворень збільшується (як і ступінь метаморфізму кристалічної основи), однак не перевищує інтенсивності початкового метагенезу.

У процесі катагенезу (і раннього метагенезу) у результаті перетворення органічної речовини в окремих ділянках порід створювалася відновлювальна обстановка, сприятлива для осадження урану з катагенетичних

порових вод, що виникають при перетворенні глинистої речовини. Найбільш збагатилися ураном катагенетично відновлені ділянки алевролітів і аргілітів, в яких уран «стягнувся» до кристаликів піриту, утворивши дисперсні оксиди урану або мікролінзочки уранвміщуючої чорної органічної речовини. Спостерігається також заміщення вуглецевою речовиною уламків акцесорних радіоактивних мінералів, найчастіше монациту, і накопичення в них урану. Таким чином, катагенетично відновлені ділянки порід накопичують уран, нерідко до сотих часток відсотка.

Осадово-катагенетичні концентрації урану зустрічаються практично на всіх проявах в осадовому чохла поблизу поверхні неузгодженості. Найбільш великі з них – Новосвітівський, Глубочекський, Резинський, Рибницький, Паркани, Ковбасна. Вік уранової мінералізації, за визначенням різних дослідників, складає від 658 до 860 млн. років [1, 5].

Пізньопалеозойська-ранньомезозойська активізація, що супроводжувалася швидким здійсненням регіону і відновленням порушень, призвела до поживлення гідродинаміки Волино-Подільського і Молдовського артезіанських басейнів. Зони Подільського та Одеського розломів служили областю розвантаження елізійних і ексфільтраційних термальних вод, а також шляхами руху до поверхні глибинних нагрітих флюїдів. Ізотопно-геохімічні дослідження сірки сульфідів і вуглецю карбонатів дозволяють припустити, що термальні вуглеводнево-хлоридні розчини, які надходили розломами з фундаменту, взаємодіяли з пластово-поровими водами елізійного гідрогеологічного басейну, які містили сульфати [5, 6]. Це призвело до нової регенерації концентрацій урану поблизу поверхні неузгодженості і формування гідротермально-регенеративних проявів. Найбільш великі з них – Новосвітівський, Думбровенський, Чапаєвський, Вовчинецький.

Характерні особливості гідротермально-регенеративних уранопоявів наступні: приуроченість до зон порушень, прожилково-вкраплений характер мінералізації, наявність її не тільки в осадових породах, але і в зонах тріщинуватості фундаменту, асоціація уранових мінералів (кофініта, настурана) з виділеннями твердих чорних бітумів, колорудні зміни вміщуючих порід (окварцювання, дикітизація або серицітизація), у ряді випадків зв'язок уранової мінералізації з рудопроявами барит-флюорит-поліметалічної формації. Температура розчинів, визначена за кальцитом, який містить тверді бітуми і кофініт, становить 220-200°C [3, 5, 6]. Широкий, хоча і слабкий, прояв тектонічної тріщинуватості призвів до розосередженого розвантаження розчинів і формування безлічі дрібних рудопроявів.

Тверді бітуми (антраксоліт і нижчий керіт, за визначенням В.Ф. Пенькова), як правило, урану не містять. Кофініт замінює і обрамляє виділення бітумів або утворює в них мікропрожилки, тісно асоціюючи з піритом,

рутилом і кальцитом. На рудопрояві Паркани в рудному інтервалі (0,134 % урану) найтонші плівки кофініта відзначаються по мікротріщинках в сульфідах, навколо глобулярного піриту, в найдрібніших виділеннях в лусочках гідробіотиту. Частина урану рівномірно розсіяна в глинистому цементі алевролітів і пісковиків. На Чапаєвському рудопрояві антраксоліт і кофініт заміщують гідрослюдистий цемент у гравелітах і пісковиках, утворюючи січні або згідні мінералізовані смужки потужністю 0,1-0,2 м.

Крім кофініта, в рудопрояві присутні інші уранові і уранвмісні мінерали: настуран (у підпорядкованій кількості), уранініт (імовірно теригенно-уламкового походження), іноді повністю заміщений залишковою урановою черню і уранвмісний титаніт (одиночні зерна). На деяких проявах ділянки порід із високим вмістом урану оточені нешироким ореолом почервоніння – дисперсним гематитом, що просочує цемент пісковиків.

Масштаби уранового зрудення невеликі. Зазвичай це малопотужні (менше 1 м) переривчасті поклади з бідним і рядовим (соті частки відсотка, рідко – до малих десятків) вмістом урану. Рудні поклади звичайно згодні з заляганням осадових верств, часто збігаються з тектонічними зонами. Вік уранової мінералізації гідротермально-регенеративного типу, визначений ізотопно-спектральним методом, майже на всіх рудопроявах [3, 5, 6] входить у інтервал 180 ± 40 млн. років, що відповідає кімерійській епісї тектонічної активізації. Таким чином, регенерація урану відбувалася в результаті діяльності гідротермальних розчинів, що сформували барит-флюорит-поліметалічну мінералізацію, за рахунок пере-відкладення урану з більш давніх концентрацій у фундаменті і екзогенних концентрацій у чохла. При цьому зазначено, що уранові мінерали у барит-флюорит-поліметалічній асоціації зустрічаються там, де присутні раніше утворені концентрації урану гідротермального (в породах фундаменту) або сорбційно-діагенетичного (в породах чохла) типів. Разом з тим тверді бітуми відомі в кальцитових, баритових, флюорит-кальцитових прожилках, які не містять уранових мінералів, що говорить про різотривалий вступ до породи бітумів і уранвмісних розчинів [6].

Доно-Дніпровська СМЗ охоплює територію Доно-Дніпровського прогину (ДДП), що об'єднує Донбас і ДДЗ. Ця єдина регіональна структура характеризується подібністю формацій осадових порід, віком відкладів, але має певні розбіжності у будові і розвитку північно-західної (ДДЗ) та південно-східної (Донбас) частин. Територія ДДЗ (як і Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецького авлакогену в цілому) розвивалася в умовах, близьких до платформних, а територія Донбасу – у тектонічних умовах субгеосинклінального типу. Територія Донбасу після основної (заальської) фази складчастості орогенного етапу продовжувала зазнавати висхідних рухів. А ДДЗ, що розділяла блоки фундаменту Східно-Європейської

платформи (СЄП), – низхідних. Особливості тектонічного режиму та розміщення Донбасу і ДДЗ відносно СЄП відобразилися як на будові та складі осадових утворень, так і на формаційній приналежності магматичних комплексів і рудоносності цих частин ДДП.

В основі авлакогену залягають докембрійські метаморфічні породи фундаменту СЄП, що утворюють нижній структурний поверх. Глибинним сейсмічним зондуванням глибина залягання кристалічної основи авлакогену визначена на рівні 17-24 км – більш глибоко, ніж вважалося раніше. Це дає підставу припустити, що в основі осадового комплексу південно-східної частини Дніпровського грабену, Північно-західного Донбасу і Донецького кряжу знаходиться товща теригенно-вулканогенних утворень рифею – венду потужністю до 10 км [7].

Вище залягають породи палеозойського структурного поверху, зібрані в лінійні складки в межах Донбасу та у валоподібні, брахіформні і куполоподібні складки у ДДЗ та на Північно-західному Донбасі. Третій структурний поверх представлений мезо-кайнозойськими відкладами, що залягають на розмитій поверхні палеозойських утворень. Зміна потужностей і фацій осадових порід уздовж ДДП свідчить про існування поперечних до простягання прогину розривних структур, завдяки яким окремі блоки фундаменту мали вертикальні конседиментаційні рухи. Очевидно, поперечні розломи, як і регіональні північно-західні, що обмежували центральний грабен, впливали на розміщення і характер магматизму прогину.

Про час закладання ДДП існують різні точки зору, але всі дослідники вважають, що формування його явилось результатом процесу тектоно-магматичної активізації СЄП у пізньому докембрії і потім у девоні з утворенням складного грабену, накладеного на структури архей-протерозойського фундаменту платформи [4].

В історії геологічного розвитку ДДП чітко виділяється ряд етапів. Прямих ознак допалеозойського (рифейського) етапу не встановлено, якщо не враховувати результати ГСЗ [7]. Перший чітко проявлений етап розвитку пов'язаний з тектоно-магматичною активізацією СЄП у середньому девоні. Формаційний ряд відкладів у ДДП свідчить про своєрідність його розвитку та наявність ознак, притаманних як платформам, так і геосинкліналям.

Формаційний аналіз палеозойських осадових утворень, які виповнюють ДДП, виконаний нами [10] на основі вчення Н.С. Шатського про геологічні формації. Виходячи з аналізу основних етапів геотектонічного розвитку прогину, дослідження літофацій, палеогеографії, природних комплексів гірських порід нами виділені такі осадові геологічні формації: – теригенно-галогенна та теригенно-вулканогенна формації середнього та верхнього девону, що відображають ранній етап розвитку структури; – карбонатна і теригенно-вугленосна форма-

ції карбону середнього етапу; – галогенно-червонобарвна формація верхнього карбону – нижньої пермі пізнього етапу; – строкатобарвна формація верхньої пермі-тріасу (дронівська і сребрянська світи) кінцевого етапу розвитку.

На початковій стадії герцинського тектонічного циклу впродовж середнього та пізнього девону на території прогину переважали субплатформні умови і накопичилися лагунно-континентальні теригенно-вулканогенні, карбонатні та галогенні відкладення *теригенно-галогенної та теригенно-вулканогенної* формації девону. Активізація тектонічного режиму в середньому та пізньому девоні призвела до утворення або оновлення розколів фундаменту та до інтенсивної вулканічної діяльності. Сумарна потужність формацій – від 2-2,5 км на виступах фундаменту і у прибортових частинах прогину, до 5,5-6,5 км у западинах та в районах вулканічної діяльності.

Вулканічні утворення девону відносяться до лужної олівін-базальтової формації, характерної для рифтових материкових зон. Характерною особливістю їх є велика кількість пірокластичного матеріалу та швидка фаціальна зміна порід у просторі, що свідчить про виверження з апаратів центрального типу, розташованих вздовж глибинних розломів.

Карбонатна формація середнього етапу герцинського тектонічного циклу складена осадками нижнього карбону і частиною башкірського ярусу середнього карбону. У складі формації переважають вапняки та доломіти, що подекуди містять рідкі прошарки теригенних порід та малопотужні прошарки вугілля (Старобільсько-Міллерівська монокліналь). У північно-західній частині ДДЗ простежується фаціальне заміщення карбонатних осадових порід теригенними, які відносяться до розміщеної вище теригенно-вугленосної формації.

Теригенно-вугленосна формація складає половину потужності розрізу прогину і охоплює відклади нижнього, середнього та частково верхнього карбону. Це товща флішoidного типу, представлена ритмічним чергуванням аргілітів, алевролітів, пісковиків з більш рідкими прошарками вапняків та кам'яного вугілля. Літофаціальний склад порід свідчить про значну мобільність та переривчатість занурення області седиментації, що обумовило розвиток різноманітних – від континентальних до нормально-морських фацій, які багаторазово повторювалися (приблизно 400 елементарних ритмів). Загальна потужність формації від 3 км у північно-західній частині ДДЗ до 20 км на південному сході прогину (Шахтинський район).

Під кінець кам'яновугільного періоду відбулася зміна режиму та умов осадонагромадження, а також кліматичних умов. Це призвело до утворення *галогенно-червонобарвної формації*, що завершила середній етап розвитку Донецької субгеосинкліналі. У складі галогенно-червонобарвної формації виділені дві підформації

(або субформації): нижня – червонобарвна, складена майже виключно теригенними осадами (верхи араукаригової світи верхнього карбону та картамишська світа нижньої пермі) і верхня – галогенно-карбонатна (микитівська, слов'янська та краматорська світи нижньої пермі). Лагунно-лиманні та прибережно-морські відклади нижньої частини формації з часом змінилися на осади алювіальної рівнини в ДДЗ та дельтово-річкові, мілководно-морські і лагунні утворення на Донбасі, з характерним ритмічним чергуванням пісковиків, алевролітів, глин, рідше – вапняків і доломітів, які сформували червонобарвну субформацію. Кількість карбонатних порід у складі субформації зменшується в північно-західному напрямку, як і її потужність – від 1500-1700 м у Кальміус-Торецькій котловині до 500 м і менше в ДДЗ. Характерною особливістю червонобарвної субформації є збагачення її міддю. Потужність галогенно-карбонатної субформації 1000-1300 м.

На початку пізньої пермі низхідні рухи уповільнились і завершилися інверсією тектонічного режиму та проявленням ранньоорогенної заальської фази герцинського орогенезу. В результаті осадова товща була зібрана в крупні лінійні складки північно-західного простягання з розривами пластів і формуванням крупних протяжних насувів та вскидів. У Бахмутській котловині та в південно-західній частині ДДЗ складчастість проявилася у формуванні брахіскладок та куполів, часто ускладнених соляними діапірами. На схилах УЩ та Воронежського масиву, а також в північному заході ДДЗ відклади палеозою не були дислоковані.

Утворення складок супроводжувалось інтенсивним ростом соляних куполів, розташованих в зонах глибинних розломів. За геофізичними даними зони мають ширину в середньому 20-30 км і в осадовій товщі проявляються у вигляді серії різновікових розривних порушень різного типу та широко розвиненої тріщинуватості. Ріст куполів сприяв розвантаженню артезіанських вод та міграції вуглеводнів в зонах розломів на куполах.

Тектонічні рухи заальської фази супроводжувались активною магматичною діяльністю, результатом якої явилось укорінення в осадову товщу порід лужно-габроїдного інтрузивного комплексу, просторово чітко пов'язаного з Південно-Донбаською зоною глибинних розломів.

Строкатобарвна формація пізньої пермі-тріасу відображає кінцевий етап формування Донецької субгеосинклінали і може розглядатися як аналог моласової формації. Вона розповсюджена у Бахмутській та Кальміус-Торецькій котловинах і в ДДЗ, перекриває всі формації, що залягають нижче, і заходить далеко на схили Українського та Воронежського щитів. Потужність формації 900 м.

Нижня частина формації глинисто-піщано-конгломератова, верхня – піщано-глиниста, що дає підставу виділяти у складі формації дві субформації. Нижня

субформація відома у Донбасі під назвою дронівської світи, а в ДДЗ – коренівської, шебелинської та пересажської світ. Верхня субформація в Донбасі представлена сребрянською і протопівською світами, а в ДДЗ – радченківською, миргородською та красноградською.

Фаціальні типи порід представлені піщаними і гальковими фаціями прибортової і центральної частин акумулятивної рівнини (річкові та дельтові осади), а також піщано-глинистими озерними фаціями. У нижній частині формації переважає червоне забарвлення порід, до верху збільшується сіре забарвлення, що вказує на поступову гумідізацію клімату.

На межі пізньої пермі і тріасу проявилася заключна, пфальцьська фаза герцинського орогенічного циклу, що відобразилося у розмиві вехньопермських та більш древніх відкладів. В цю фазу консолідована складчаста структура реагувала на тектонічну активність утворенням розривних порушень і відносно мільких складок, брахіскладок, куполів. Магматизм пфальцьської фази представлений субвулканічним андезит-трахіандезитовим комплексом.

Пфальцьською фазою завершився герцинський цикл розвитку ДДП. Починаючи з тріасу, західна і східна частини прогину розвивалися в різних умовах. Палеозойський прогин на території Донбасу консолідувався у складчасту область, де кімерійська і альпійська історії розвитку проходили в умовах платформного режиму, с перевагою висхідних рухів. У той же час ДДЗ продовжувала занурюватись. Низхідні рухи у ці епохи були характерними для платформного схилу УЩ.

На початку кімерійського часу (пізній тріас) відбулася зміна кліматичних умов: аридний клімат змінився гумідним, який панував довгий час на протязі юри, крейди та палеогену з незначними перервами. Осадкові формації кімерійської і початку альпійської епох об'єднуються у мезозойський карбонатно-теригенний формаційний комплекс зі своїм набором осадових формацій [4], які характеризуються строкатістю літологічного і фаціального складу та його мінливістю як у вертикальному розрізі, так і на території розміщення, а також численними перервами осадоагромадження та неузгодженостями. Завершує розріз осадових формацій ДДП піщано-глиниста континентальна формація антропогену.

Таким чином, згідно з основними циклами геологічного розвитку Доно-Дніпровської СМЗ виділяються три металогенічні епохи: герцинська ($D_2 - T_3$), кімерійська ($T_3 - J_3$) та альпійська ($K_1 - Q$). Кожна з них характеризується певним набором ендегенних родовищ [1], а також екзогенними епігенетичними проявами ряду металів (U, Mo, Cu, Zn, Sc, Re, La, Y, Be)

На основі літогеохімічного опробування осадових і вулканогенно-осадових формацій фанерозою ДДП виявлена їх геохімічна спеціалізація [10, 11]. Для більшості формацій чітко виділяються стійкі асоціації мікроелеме-

нтів (у тому числі рудних), характерних тільки для цих формацій, субформацій або окремих світ. Осадкові породи і осадкові формації ДДП чітко диференційовані за вмістом урану. Найбільш низькими значеннями його вмісту відрізняються осади, що утворилися у лагунно-морських умовах при відсутності уламкового матеріалу – солі, гіпси, ангідрити. Уран в них зазвичай концентрується у органічній і глинистій речовині. У карбонатних породах основна кількість урану теж знаходиться в теригенних домішках. Найбільш високим вмістом урану відрізняються піщано-алевролітові компоненти розрізу, глини й аргіліти, а серед окремих районів – Північно-західний Донбас та зона зчленування Донбасу з Приазовським виступом УЩ.

Проведеними дослідженнями [10, 13] доведено, що характер вмісту урану в осадкових породах являє собою універсальну закономірність, а саме: породи одного класу, відібрані з однотипних розрізів, мають близькі значення вмісту урану. При епігенетичних змінах порід ця закономірність порушується, відбувається перерозподіл сингенетично накопиченого урану з можливим подальшим формуванням рудних концентрацій [11].

Мінералого-геохімічні дослідження порід осадкових і вулканогенно-осадкових формацій ДДП [10] показали, що уран та інші метали, розсіяні в осадкових породах, концентруються у глинах і глинистій фракції пісковиків, в гідрооксидах заліза і алюмінію, у вугіллі та вуглефікованих рештках рослин, у бітумах і в різних групах мінералів важкої фракції. Іноді вони утворюють самостійні мінерали: уран та ванадій – оксиди; молібден, мідь, свинець, цинк, ртуть – сульфіді, рідше самородні мідь і золото. Проведений баланс речовини для теригенних порід Північно-західного Донбасу зазначив, що основна маса металів сконцентрована у глинистій фракції і заходиться в рухомій формі. Відмінності у наборі та вмісті рудних мікроелементів в породах узгоджуються з різницею їх петрографічного складу, зокрема набору акцесорних мінералів. Очевидно, по мірі накопичення осадкових товщ у регіоні змінювались умови накопичення в осадах розсіяних металів, пов'язані із змінами палеогеографічних, тектонічних, кліматичних та інших умов як областей живлення, так і областей седиментації, що загалом і визначило геохімічну спеціалізацію окремих осадкових формацій.

Окремі райони ДДП відрізняються фоновим вмістом в них металів, очевидно, завдяки тій же причині. Найбільш цікавим (і перспективним) з цієї точки зору є район Північно-західного Донбасу (район купольних структур). Для нього характерний самий високий в регіоні фон ртуті – $(2-5) \cdot 10^{-5} \%$, а також високий фон урану ($n \cdot 10^{-4} \%$), хрому, свинцю, цинку, молібдену. Для Бахмутської і Кальміус-Торецької улоговин – високий фон міді, свинцю, цинку. Центральний Донбас характеризується підвищеним фоном золота в середньому карбоні – 5,4 мг/т [10].

Детальні дослідження розподілу фонового вмісту урану та супутніх металів у відкладах палеозойських осадкових формацій на території Північно-західного Донбасу, із складанням карт їх розподілу [10] дозволили встановити тісний зв'язок між вмістом в породах металів та структурними особливостями регіону. Концентрація металів у осадовій товщі відбувається на територіях поблизу регіональних тектонічних порушень – довгоживучих конседиментаційних розломів глибокого закладання, у зв'язку з чим контури зон з підвищеним вмістом металів в породах узгоджуються з тектонічно розслабленими зонами. Розломи сприяють створенню відновлювальних геохімічних бар'єрів в осадовій товщі, являючись, з одного боку, місцями розвантаження кисневих пластових вод, які несуть метали, а з другого – каналами для надходження глибинних флюїдних відновників. Максимальні (впритул до рудних) концентрації металів спостерігаються у вузлах перетину різноспрямованих розломів, зазвичай у периклінальних ділянках брахіскладок та куполів, де проявлення (виявлення) багатозональної розривної тектоніки сприяють циркуляції розчинів та газових еманцій в породах. Рудні концентрації супроводжуються епігенетичними змінами порід.

Отже, за результатами геохімічного картування ДДП виділяються зони з неоднорідним і часом аномальним розподілом мікроелементів. Така геохімічна зональність обумовлена проявом двох груп процесів: сингенетичних (осадоагромадження і магматизм) та епігенетичних, обумовлених діяльністю підземних вод, метасоматичними процесами та іншими факторами. Суттєву роль відігравали відновлювальні епігенетичні процеси, пов'язані з формуванням нафтових та газових покладів Дніпровсько-Донецького нафтогазоносного регіону.

Епігенетичні процеси взагалі відіграють провідну роль у формуванні рудних родовищ в фанерозойських осадкових формаціях прогину. Так, загальний принцип гідрогенного екзогенного уранового рудоутворення – сполученість рудного процесу зі стадіями літогенезу порід, що їх містять. Виникаюча при цьому епігенетична зональність – це зональність мінеральних парагенезисів, накладена і не співпадаюча в просторі з фаціальними змінами. Вона є основою для встановлення умов утворення мінеральних асоціацій та рудних концентрацій, що входять до неї. Зокрема, уранове зруденіння завжди приурочене до конкретної зони і взагалі є частиною цієї зональності. Для кожного генетичного типу уранових родовищ в осадкових товщах характерна специфічна епігенетична мінералого-геохімічна зональність, яка є типоморфною ознакою і головним пошуковим критерієм.

Що стосується співвідношень урану і інших металів у осадкових, вулканогенно-осадкових та магматичних формаціях ДДП, то були встановлені характерні супутники уранового зруденіння. Так, молібден – типовий супутник урано-бітумного зруденіння та уранового зруденіння в базальних пісковиках, вуглистих породах і вугіллі.

Для урано-бітумного зруденіння навіть характерна позитивна лінійна кореляція урану й молібдену з коефіцієнтом 0,55. Свинець присутній в усіх рудопроявах Донецького басейну. Максимальні концентрації він утворює в ураноносних базальних пісковиках, у вугіллі та вугленосних породах, мінімальні – у мідянистих пісковиках. Цинк – характерний супутник урано-бітумного зруденіння та урано-вуглистою, де він утворює відносно великі концентрації.

Магматичні формації ДДП, за даними Н.В. Бутурлінова та ін. [4], містять однакові елементи-домішки, що лише варіюють кількісно у незначній мірі. Це елементи групи заліза (Ti, V, Mo), халькофільні елементи (Cu, Zn) та деякі літофільні (Zr, TR). Для деяких комплексів, крім того, характерні Nb, Ta, Sc (середньопалеозойські магматичні комплекси), F, Cl, Sr, Ba, B, Li, Pb (Покрово-Киреевський лужний комплекс), Au, Ag (Волновасько-Єланчицький ефузивний та Приазовський інтрузивний комплекси). Для порід лужно-ультраосновної формації нижнього девону характерний берилій, а для толейтових базальтів – ртуть.

Співвідношення між елементами-домішками та провідними елементами у магматичних породах закономірно змінюються від комплексу до комплексу, що є вагомим свідомством того, що всі ці породи є продуктами єдиного магматичного процесу. Простежується зменшення вмісту титану від основних порід до кислих і від більш древніх до більш молодих. Максимальний вміст титану та цирконію встановлений у девонських магматичних формаціях та комплексах. Магматичні породи ДДЗ відзначаються надзвичайно високим вмістом цирконію, який перевищує його характерний вміст для лужних і основних порід нормального ряду, тобто провінція збагачена цирконієм.

За нашими спостереженнями, існує певна наступність у вмісті мікроелементів у магматичних комплексах і осадових формаціях ДДП, що виявляється в однакових типах провідних асоціацій металів. Так, досить характерна збагаченість міддю, ванадієм, молібденом, цинком осадових і магматичних формацій девону. Знаходить пояснення титано-цирконієва та рідкісноземельна спеціалізація мезо-кайнозойських осадових формацій, збагачених розсіпними проявами цих мінералів, що утворилися за рахунок розмиву більш древніх магматичних формацій на території ДДЗ та Донбасу, а також на схилах прогину.

Металогенічне районування ДДП. Доно-Дніпровська СМЗ поділяється на дві металогенічні області – Донецьку, яка охоплює Донбас, і Дніпровську, яка відповідає ДДЗ. Між ними виділяється Західно-Донбаський металогенічний район (Північно-західний Донбас), який за геологічною будовою та металогенією характеризується особливостями, притаманними як Донбасу, так і ДДЗ [4].

В фанерозої на території ДДП суттєву роль у рудоу-

творенні відігравали екзогенні процеси, які інтенсивно проявилися на різних етапах геотектонічного розвитку регіону і на різних стадіях літогенезу. Відповідно встановлено декілька епох уранового рудоутворення, під час яких відбувалося формування уранових концентрацій різних масштабів.

Найбільш рання епоха проявлена в середньому девоні на північному схилі Приазовського масиву у зоні зчленування його зі складчастим Донбасом. Там відоме непромислове полігенне торій-уранове Миколаївське родовище та ряд рудопроявів в зоні Волноваського глибинного розлому. Наступна епоха уранового рудоутворення зафіксована в карбоні північного Донбасу, коли сформувались діагенетичні та екзодіагенетичні урановугільні рудопрояви в карбонатно-теригенному вугленосному комплексі С₁₋₃ (Білогорівський, Врубівський, шахти ім. Кірова та ін.).

Герцинська епоха екзогенного уранового рудоутворення представлена ранньопермським та пізньопермським-ранньотріасовим етапами. В ранньопермський етап утворилося екзодіагенетичне уранове зруденіння (разом з мідним) у червонобарвній теригенній субформації Р₁ в Бахмутській і Кальміус-Горецькій улоговинах. Цей етап відбувся в умовах початку інверсії Донбасу, коли геохімічна обстановка гіпергенезу в умовах аридного та семиаридного клімату відзначалася окислювальними умовами, що сприяли вилугуванню і переносу металів з області живлення (Донбас і Приазовський виступ УЩ) у басейн седиментації, де накопичувалися осадки з підвищеним геохімічним фоном міді, свинцю, цинку, ванадію, урану.

Пізньопермський-ранньотріасовий етап екзогенного уранового рудоутворення співпадає з пфальцькою фазою герцинського орогенічного циклу, коли внаслідок здійснення УЩ, Воронежського масиву та Донецької складчастої споруди активізувався гідродинамічний режим пластових вод. У цей час сформувалася зона пластового окислення у карбонатній товщі середнього карбону на південному схилі Воронежського масиву, що сприяло утворенню родовища урану (**Марківське**) та свинцево-цинкових рудовиявлень екзогенного походження.

Пластовим окислювальним процесам сприяли аридний клімат, літолого-стратиграфічні та гідрогеологічні умови району, а саме: наявність проникних вапняків із прошарками вугілля та вуглистих порід, що залягають під непроникливою піщано-глинистою покрівлею у піднятому борту артезіанського басейну з інфільтраційним режимом. У післякарбонівий час водонепроникна товща була розмита вздовж схилу Воронежського масиву, і пористі кавернозні вапняки з прошарками вугілля були відкриті для інфільтрації вод, збагачених киснем.

Марківське родовище та інші уранові рудопрояви, відкриті на півночі Донецької металогенічної області, належать до пластово-інфільтраційного підкласу епіге-

нетичних гідрогенних родовищ, згідно з прийнятою класифікацією.

Кімерійська епоха (пізньотріасова-ранньоюрська) екзогенного та полігенного уранового рудоутворення характеризувалася диференційованими тектонічними рухами малої амплітуди, що охопили УЩ, Воронежський масив і Донбас. В ранньоюрській час на території ДДП в строкатобарвних відкладах пермо-тріасу утворилися потужні й протяжні зони ґрунтового та пластового оглеєння. Вони виявлені на північно-східному схилі УЩ, в Північно-західному Донбасі, в Дніпровсько-Донецькій та Прип'ятській западинах. Підняті блоки кристалічного фундаменту служили областями живлення водоносних горизонтів Доно-Дніпровського артезіанського басейну, де існував інфільтраційний режим. Теплий гумідний клімат у пізньотріасовий-юрський час явився причиною глейового характеру поверхневих і підземних вод, що не містять вільного кисню і мають слабо відновлювальні (без сірководню) властивості.

В Північно-західному Донбасі на території розміщення соляно-купольних структур відомі полігенні родовища та рудопрояви урану кімерійської епохи, утворені висхідними низькотемпературними вуглекисло-вуглеводневими хлоридними розчинами глибинного (метаморфічного або метагенетичного) походження, які до кінця рудоутворення розбавлялися підземними метеорними водами. Полігенні ексфільтраційно-інфільтраційні родовища урану територіально співпадають з ексфільтраційними бітум-карбонат-ртутними рудопроявами соляно-купольного типу. Родовища розміщуються в склепінневих частинах антикліналей (Краснооскольське) або над соляними штоками (Адамівське, Берекське), локалізуючись у пісковиках річкових палеорусел в червоноколірних відкладах дронівської світи. Судячи з геологічних та ізотопних даних, родовища урану сформувалися в тріасі (125 ± 5 млн. років) з ґрунтових вод, що містили уран і кисень, на флюїдному відновлювальному бар'єрі,

Альпійська епоха екзогенного рудоутворення характеризувалася накопиченням розсипів мінералів титану, циркону, торію, рідкісноземельних елементів та формуванням гідрогенних родовищ урану, пов'язаних із зонами ґрунтового та пластового окислення.

Дослідження металогенії фанерозою Доно-Дніпровської СМЗ показало, що уранове зруденіння на цій території має складний характер й нерідко обумовлене сполученням як екзогенних, так і ендегенних процесів. Провідну роль в його формуванні відіграє т.зв. гідрогенне рудоутворення, обумовлене діяльністю підземних вод і в явному вигляді не пов'язане з магматизмом.

В основу виділення класів гідрогенних родовищ покладено гідродинамічний режим середовища рудоутворення, який, в свою чергу, визначається ендегенним тектонічним режимом. Виділяються два класи гідроген-

них родовищ: інфільтраційний та ексфільтраційний, які відображають два типи гідродинамічного режиму середовища рудоутворення (і поділяються на підкласи, в залежності від характеру інфільтраційних процесів) [12].

Родовища урану пластово-інфільтраційного підкласу відкриті на півночі Донецької металогенічної області у північному борту Української синеклізи (південний схил Воронежського масиву). Це Марківське родовище, Стрільцовське, Зоріковське, Терновське, Донцовське рудовиявлення і численні прояви уранової мінералізації, розташовані в карбоні у смузі шириною до трьох і протяжністю більше ста кілометрів. Вони сформовані продовж пермо-тріасової епохи уранонакопичення. Воронежський масив довгий час (від пермі до юри) служив регіональною областю гідрогеологічного живлення для пластових вод у відкладах карбону, що залягають на кристалічному фундаменті під кутом $2-3^\circ$. Уранове зруденіння приурочене до пластів вугілля і вуглистих порід в товщі вапняків і контролюється епігенетичною мінералого-геохімічною зональністю окислювального типу, яка розвинена вниз за падінням пластів. Зона окислення проявлена у вигляді сильно вилужених білих, місцями крейдоподібних вапняків, позбавлених органічної речовини, з рідкісними виділеннями лимоніту, що заміщує пірит. Окислення супроводжувалося зниженням рН середовища, винесенням CaCO_3 , урану і інших металів, окремлінням і гіпсуванням вугілля.

Зона епігенетичної уранової і сульфідної мінералізації розташована в підшві, рідше в покрівлі зони пластового окислення. Сульфіди (пірит, марказит, рідше – галеніт і сфалерит) і мінерали урану (настуран, чернь) приурочені до пластів вугілля (в основному до верхньої частини пластів), що грають роль відновників. Уранове зруденіння у вугіллі супроводжується підвищенням вмістом молібдену (до 0,1-0,2 %), ванадію і хрому (до 1 %), в меншій мірі – міді, берилію, германію. Крім урану, найбільш стабільний вміст у вугіллі та вуглистих породах молібдену, що дозволяє оконтурити два рудних поклади вздовж борту прогину довжиною 4 км, шириною 400-1300 м й потужністю 0,55-1,4 м. Сульфідну мінералізацію супроводжують кальцит, доломіт, барит і флюорит. Нижче по падінню пластів розташовується зона незмінених порід з фоном вмістом урану і супутніх металів.

Середній вік уранового зруденіння 200 ± 30 млн. років. Це відповідає тріасу і ранній юрі, але сприятливі умови для формування інфільтраційного зруденіння були лише до кінця пізнього тріасу (до кінця новорайського часу). Строкато-кольорові формації тріасу вказують на існування у той час семиарідного клімату та висхідних тектонічних рухів у суборогенних областях (Донецька складчаста область, Воронежський масив). Південний схил Воронежського масиву в цей час у гідрогеологічному відношенні був частиною інфільтраційного артезіанського басейну, розвантаження вод якого відбу-

валася на півдні у зоні розломів, що відокремлювали його від ексфільтраційного басейну ДДЗ.

Родовища урану ексфільтраційного класу відомі в південно-східній частині ДДЗ на її межі з Донецькою складчастою областю. Ця територія ще носить назву Самаро-Торецького рудного району [6] або Північно-західного Донбасу [10, 11]. Самаро-Торецький блок УЩ є піднятою, тобто частково утягнутою в герцинсько-кімерійську інверсію околицею нафтогазоносного ексфільтраційного басейну авлакогенного типу.

Для району характерне сполучення лінійного плану плікативних структур герцинських утворень Донбасу і купольних структур ДДЗ, які тут згруповані в антиклінальні зони північно-західного та субширотного простягання. Антиклінальні зони мають складну будову: кожна з них являє собою ланцюжок кулісовидно членованих брахіантикліналей. Майже всі підняття побудовані асиметрично: їх північні крила більш круті у порівнянні з південними. Суттєвий вплив на процеси формування багатьох купольних структур оказували деформації, зумовлені рухом девонських соляних мас. Діапіри девонської солі частіше всього знаходяться у міжкупольних ділянках, що являють собою ослаблені зони перетину різноспрямованих розломів, або в переклінальних частинах підняттяв. Деякі склепіння соляних структур ускладнені грабенами просідання, які утворилися за рахунок вилуговування солі. Ці грабени виповнені відкладами палеогену, нерідко з бурим вугіллям.

Тут простежений ряд розривних порушень північно-західного та субширотного простягання, ускладнених поперечними підняттями й розломами субмеридіонального і північно-східного напрямку, що грають важливу роль у формуванні структури району та його рудоносності.

Розміщення району Північно-західного Донбасу на околиці нафтогазоносного ексфільтраційного басейну авлакогенного типу ДДЗ сприяло інтенсивній вертикальній міграції глибинних артезіанських вод у зонах розломів і на купольних структурах. При руйнуванні нафтових покладів у верхні горизонти надходили високо мінералізовані води, збагачені сульфат-іоном, з відносно високою температурою завдяки їх глибокому заляганню.

В ДДЗ відклади палеозою і в наш час містять термальні натрій-кальцій-хлоридні розсоли. В районі Петровського купола близькі до поверхні води з температурою +35°C. На Співаківській структурі в одній з глибоких свердловин встановлено температуру пластових вод +85°C. У Куп'янській опорній свердловині зафіксовано температуру води на глибині 2700 м +92°C [11].

Напірні термальні води вадозного походження більш глибоких горизонтів переносили метали і створювали геохімічні бар'єри, мігруючи по пластам та змішуючись з багатими киснем пластовими водами. Роль останніх була досить активною, про що свідчить широкий розви-

ток змін порід по простягання водопроникних товщ.

Можливо, слід допускати також надходження з глибин разом з газами таких легко летючих металів, як ртуть. Про це свідчать дослідження вільних газовиділень на Дружківсько-Костянтинівській антикліналі, проведені свого часу С.І. Кирикилицею та ін. [11], а також наявність ртутної мінералізації у надсольовій брекчії на купольних структурах ДДЗ.

У Доно-Дніпровській СМЗ виявлені полігенні **ексфільтраційні уранові родовища**. Це непромислові уранобітумні родовища (Адамівське, Краснооскольське, Берекське) та численні рудовиявлення у Північно-західному Донбасі, а також рудні поклади в межах Качанівського, Погарщинського і Рибальського родовищ вуглеводнів в центральній частині ДДЗ. На території Північно-західного Донбасу в межах Самаро-Торецького рудного району виділяються Бантишівський, Корульський і Петровський рудні вузли, утворені перетинанням глибинного Горлівсько-Олексіївського розлому з субширотними розломами [3]. Бантишівський рудний вузол охоплює Бантишівське і Троїцьке рудовиявлення. Корульський рудний вузол – Адамівське родовище, Корульське і Новодмитрівське рудовиявлення, Петровський вузол – Берекське родовище, Петровське, Камишуватське, Степківське і Лозовеньківське рудовиявлення. Дещо в стороні на північний схід від Самаро-Торецького рудного району розміщується Краснооскольське уранобітумне родовище.

До уранобітумного типу відносяться родовища, в яких основна або значна частина уранового зруденіння представлена твердою вуглецевою речовиною, що містить уран. Загальна схема їх утворення полягає в наступному. Надходження у водоносні горизонти дронівської світи вуглекисло-гідрокарбонатних термальних розчинів, що містили вуглеводи і ртуть, викликали аргілізацію порід уздовж розривних порушень і сформували досить значну за площею епігенетичну відновлювальну зональність [3, 11]. Ця зональність проявлена в червоноколірних водоносних горизонтах дронівської світи тріасу на всіх купольних структурах Північно-західного Донбасу, в тому числі на Адамівському, Краснооскольському, Берекському урано-ртутно-бітумних родовищах.

В загальному плані зональність має концентричну будову. Центральна (внутрішня) зона найбільш змінених відновлених порід сірого кольору розміщується в склепінневих частинах куполів та навкруги соляних штоків. Вона характеризується різко відновлювальною сірководневою обстановкою (ΔE_h пород 50-70 мВ; E_h вод -200 мВ; вміст у воді H_2S 50-100 мг/л) і повною перевагою сульфідних форм заліза. В цій зоні локалізовані тіла ураноносних бітумів. Уздовж розривних порушень в сульфідній зоні порід сірого кольору місцями простежується інтенсивна аргілізація: каолінізація порід з утворенням обілених прошарків, окварцювання, а також утворення хромового монтморилоніту, який забарвлює

породи в яскравий бірюзовий колір.

Зона порід сірого кольору по площі та в розрізі облямовується зоною порід переважно зеленого кольору, серед яких зустрічаються релікти червоних алевролітів і глин, як менш проникних. В цій зоні переважають оглеєні породи з ΔE_h 20-40 mv. Зменшується загальна кількість заліза, відсутні сульфідні його форми. E_h підземних вод – (50-100) mv, вміст H_2S не перевищує 3 мг/л. Простежується перевідкладений кальцит.

Породи зеленого кольору глеєвої зони переходять в незмінні породи червоного кольору, які в перехідній зоні набувають строкатого офарблення бузкових, рожевих, жовтих відтінків як за рахунок окислення відновлених порід ґрунтовими водами тріасового водоносного комплексу, що містять кисень, так і за рахунок перевідкладеного винесеного із зони оглеєння заліза. Для червонобарвних порід характерні ΔE_h порід 0-10 mv, E_h підземних вод від -50 до +100 mv, води містять кисень. Основна маса заліза знаходиться у окисній тонкодисперсній формі (гетит, гідрогетит, гідрогематит) [3, 11].

У розрізі межа між епігенетичними зонами нерізка і має складну зубчасту форму, що пояснюється різною проникністю порід та неодноразовою зміною гідрогеохімічних особливостей підземних вод в результаті тектонічних посувань.

В аргілізованих відкладах дронівської світи вздовж Південного скиду локалізоване вкраплене ртутне зруденіння і більш ранні концентрації галеніту, сфалериту разом з анкерітом. Зустрічаються рідкі прожилки бариту й целестину. В рудній зоні епігенетичних порід сірого кольору ураноносні бітуми (антраксоліт, оксікерит) утворюють шари й прошарки у пісковиках під прошарками аргілітів. Бітуми асоціюють з піритом, кальцитом, хромовим монтморилонітом. В твердих бітумах встановлені укралення настурану, кіноварі, іордизиту, а також наявність у невизначеній формі Re, Sc, Ni, Cr, V [3, 11]. Вміст урану в бітумах досягає декількох відсотків. В рудах Краснооскольського родовища встановлено до 1,8 % Мо і до 0,3 % Sc; в рудах Адамівського родовища – 0,7-1,0 % Мо.

Температура гомогенізації газиво-рідких включень у кальциті, що асоціює з твердими ураноносними бітумами, складає 190°C. Це підтверджує надходження у холодні водоносні горизонти дронівської світи вуглекисло-гідрокарбонатних термальних розчинів, що містили вуглеводи і ртуть. Останні викликали аргілізацію порід вздовж порушень і сприяли процесам відновлення та рудоутворення.

Зараз південний схід Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну розглядається як область розвантаження напірних нагрітих високомінералізованих елізійних вод доволі повільного водообміну і область інфільтрації прісних холодних вод вільного водообміну. Змішування і взаємодія цих вод відбувається у водоносних горизонтах тріасу в межах солянокупольних структур,

де регіональний водотрив – соленосні відклади нижньої пермі і глини нижнього тріасу – прорваний соляними діапірами або розкритий розломами. Аналогічна обстановка існувала в тріасі, коли області живлення були гіпсометрично вище сучасних, а інтенсивні тектонічні рухи розкрили регіональний водотрив. Завдяки аридному клімату, який існував тоді, ґрунтові води містили розчинений кисень, мали підвищену мінералізацію і характеризувалися високим вмістом урану, молібдену, ренію, ванадію, селену і інших металів-супутників подальшого уранового зруденіння [3, 11-13].

Судячи з геологічних та ізотопних даних, родовища урану сформувалися в тріасі (125 ± 5 млн. років) з ґрунтових вод, що містили уран і кисень, на флюїдному відновлювальному бар'єрі, обумовленому надходженням у водоносні горизонти дронівської світи вуглекисло-гідрокарбонатних термальних розчинів, що містили вуглеводи і ртуть.

Адамівське родовище є найбільш розвіданим і дослідженим, в тому числі шахтним способом. Воно розташоване в західному периклінальному замиканні антикліналі, вісь якої має субширотне простягання. В західному напрямку структура наближається до глибинного Горлівсько-Олексіївського розлому, який є продовженням Центрально-донбаського глибинного розлому, що в Донецькій складчастій області контролює розміщення ртутних, поліметалевих та золоторудних родовищ і рудовиявлень. В ДДЗ до Горлівсько-Олексіївського розлому приурочені барит-поліметалеві, ртутні, уранобітумні родовища і рудо виявлення солянокупольного типу.

Родовище розміщується у відкладах дронівської світи тріасу над соляним штоком, який прориває відклади карбону і пермі. Уранобітумні поклади просторово тяжіють до розривів, що оточують соляний шток з півдня і півночі. Основна рудоконтролююча структура на родовищі – південний скид, який являє собою серію розривних порушень. Родовище витягнуте вздовж південного скиду на 3 км при ширині у сотні метрів. У пачці порід дронівської світи потужністю 100-150 м встановлено 11 рудних покладів пластового типу. Доволі рідко зустрічаються ролоподібні рудні тіла, а також скупчення ураноносних бітумів подібні жильній формі у зонах розривних структур, особливо тектонічних брекчій. В рудних тілах ураноносні бітуми утворюють вкрапленість, іноді цемент пісковиків і ще рідше – прошарки масивних бітумів.

Адамівське родовище розміщується в межах центральної чітко вираженої сірої зони епігенетичної відновлювальної зональності, сформованої в червоно забарвлених водоносних відкладах дронівської світи. Ця концентрична зональність, описана вище, розвинена над Адамівським та навкруги Бугаївського соляних штоків. Вміст урану в руді в середньому складає соті долі відсотків. Основним концентратором урану являється твердий чорний бітум – антраксоліт (із вмістом урану до

перших відсотків). На родовищі відомі інші різновиди бітумів, які урану не містять. Мінеральні форми урану (настуран, уранові черні, рідко – кофінит, ненадквіт) присутні у бітумах у тонкодисперсній формі. Крім того, уран знаходиться в сорбованій формі на глинистих мінералах.

Деякі рудні елементи-супутники урану знаходяться в урановій руді у промислових кількостях. Це, перш за все, молібден і ванадій. Вміст молібдену в рудних пісковиках досягає 0,7-1,0 %. Встановлені мінерали молібдену – молібденит, іордизит. Вміст ванадію досягає 1 %.

Ізотопний вік уранового зруденіння визначений за відношенням $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ у зразках із шахти з вмістом урану від 0,57 до 2,34 %. Значення віку коливаються від 107 до 160 млн. років, в середньому – 140 млн. років, тобто відповідає тріасу [3].

Висновки. Фанерозойські утворення в Україні розповсюджені в межах УЩ та його схилів, а також в оточуючих щит платформних структурах: Дністровському перикратонному прогині, ДДА (ДДЗ, Донбас) та Причорноморській западині. На території їх розвитку виділяються металогенічні епохи згідно з епохами тектономагматичної активізації УЩ: каледонська – від раннього венду до кінця раннього девону; герцинська – пізній палеозой-мезозой, за часом вона співпадає з орогенезом в межах герцинських геосинкліналей; кімерійська – пізній тріас та рання юра (рання кімерійська) і пізня юрарання крейда (пізня кімерійська); альпійська – пізній мезозой-кайнозой.

Відповідно виділені головні металогенічні одиниці в межах платформної території України. Це субпровінція УЩ, до якої відносяться металогенічні області УЩ та Причорноморської западини, Волино-Подільська металогенічна область, Доно-Дніпровська СМЗ, яка об'єднує Дніпровську і Донецьку металогенічні області.

Металогенічна область УЩ містить промислові гідрогенні родовища урану і найбільш значущі в Україні концентрації торію у корах вивітрювання та у розсипах.

Причорноморська металогенічна область відповідає однойменній западині, структурно тісно пов'язана з УЩ і є продовженням його південного схилу. В западину зі схилу щита продовжуються древні долини, в яких концентрувалися уран та його супутники завдяки процесам літогенезу.

На території Волино-Подільської металогенічної області утворення платформного чохла супроводжувалося накопиченням і перерозподілом в ньому урану в кілька етапів, які характеризувалися участю в рудоутворенні як екзогенних, так і ендегенних процесів. До ендегенних відносяться катагенетичні (метагенетичні) і гідротермально-регенеративні концентрації урану в базальних шарах платформного чохла. До екзогенних – осадово-діагенетичні (розсипні і сорбційні) концентрації урану, а також інфільтраційні прояви у тріщинах, розташовані

нижче давньої кори вивітрювання (1100-1200 млн. років). Рудопрояви кімерійської епохи утворені висхідними низькотемпературними вуглекисло-вуглеводневими хлоридними розчинами глибинного (метагенетичного або метагенетичного) походження, які до кінця рудоутворення розбавлялися підземними метеорними водами.

На території Доно-Дніпровської СМЗ уранове зруденіння також має складний характер й нерідко обумовлене сполученням як екзогенних, так і ендегенних процесів. Провідну роль в його формуванні відіграє т.зв. гідрогенне рудоутворення, обумовлене діяльністю підземних вод і в явному вигляді не пов'язане з магматизмом.

Загальний принцип екзогенного уранового рудоутворення – сполученість рудного процесу зі стадіями літогенезу порід, що їх містять. Для кожного генетичного типу уранових родовищ в осадових товщах характерна специфічна епігенетична мінералого-геохімічна зональність. Уранове зруденіння завжди приурочене до конкретної зони і взагалі є частиною цієї зональності, яка є типоморфною ознакою і головним пошуковим критерієм.

Доно-Дніпровська СМЗ характеризується наявністю екзогенних родовищ урану пластово-інфільтраційного підкласу і полігенних ексфільтраційних родовищ, сформованих завдяки змішуванню напірних нагрітих високо мінералізованих елізійних і прісних холодних інфільтраційних вод.

На території Доно-Дніпровської СМЗ відомі торій-уранові, урановугільні і уранобітумні родовища в фанерозойських платформних утвореннях. Уранове зруденіння супроводжується концентраціями (нерідко рудними) інших металів.

Література

1. Сушук К.Г., Верховцев В.Г. Металогенія урановорудних районів в осадовому чохла Українського щита. Зб. наук. праць ІГНС НАНУ. Вип. 27, 2017, с. 50-74.
2. Сушук Е.Г. Закономерности уранакопления в ходе литогенеза базальных отложений раннего мела на южном склоне Украинского щита. Зб. наук. праць ІГНС НАНУ. Вип. 18, 2010, с. 73-79.
3. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Отв. ред. Я.Н. Белевцев, В.Б. Коваль. Киев: Наук. думка, 1995. 396 с.
4. Металлогенія фанерозоя платформенной части Украины [Гойжевский А.А., Скаржинский В.И., Шумлянский В.А., Сушук Е.Г. и др.]. К.: Наук. думка, 1984. 202 с.
5. Сушук Е.Г. Соотношение эндогенных и экзогенных процессов при формировании урановых концентраций в зоне рифей-вендского несогласия на западном склоне Украинского щита. Зб. наук. праць ІГНС НАНУ. Вип. 15, 2007, с. 169-176.
6. Шумлянский В.А. Киммерийская металлогеническая эпоха на территории Украины. Киев: Наук. думка, 1983. 220 с.
7. Шумлянский В.А. Развитие геотектонических структур Украины в мезозое. Препринт ИГФМ-84. Киев, 1984. 58 с.
8. Шумлянский В.А., Дудар Т.В., Сушук Е.Г. и др. Рудообразование в условиях катагенеза и метагенеза. Геол. журнал. 1990, № 2, с. 34-44.
9. Шумлянский В.А. и др. Основные типы концентрации урана в позднепротерозойских образованиях платформенного чехла на юго-западном склоне Украинского щита. Материалы по геологии урана, редких и редкоземельных металлов. Вып. 22, 1990, с. 76-83.

10. Сушук Е.Г. Закономерности распределения микроэлементов в верхнепалеозойских осадочных формациях Северо-западного Донбасса. Препринт ИГФМ АН УССР. Киев, 1976. 51 с.

11. Сушук Е.Г. Закономерности концентрации микроэлементов в верхнепалеозойских осадочных формациях Северо-западного Донбасса. Препринт ИГФМ АН УССР. Киев, 1976. 34 с.

12. Шумлянський В.А., Сушук Е.Г. и др. Гидрогенное рудообразование в фанерозое Украины. Геохимия и экология. Вып.8, 2003, с. 82-105.

13. Данчев В.И., Лепкий С.Д., Сушук Е.Г., Шевченко О.Е., Шумлянський В.А. Вопросы теории экзогенного уранового рудообразования. Препринт ИГФМ АН УССР. Киев, 1984. 53 с.

References

1. Suschuk, K.G. and Verhovtsev, V.G. (2017), *Zb. nauk. pr. Inst. Geohimii Navkolyshn'ogo Sere dov yshcha*, Vyp. 27, Kyiv, UA, pp. 50-74.

2. Suschuk, E.G. (2010) *Zb. nauk. pr. Inst. Geohimii Navkolyshn'ogo Sere dov yshcha*, Vyp. 18, Kyiv, UA, pp. 73-79.

3. *Genetic types and patterns of distribution of uranium deposits in Ukraine* (1995). Repl. ed. Ya.N. Belevtsev, V.B. Koval, Nauk. dumka, Kiev, UA, 396 p.

4. *Phanerozoic metallogeny of the platform part of Ukraine* (1984), [Goyzhevsky, A.A., Skarzinsky, V.I., Shumlyansky, V.A., Suschuk, E.G. and

etc.], Nauk. dumka, Kiev, UA, 202 p.

5. Suschuk, E.G. (2007), *Zb. nauk. pr. Inst. Geohimii Navkolyshn'ogo Sere dov yshcha*, Vyp. 15, Kyiv, UA, pp. 169-176.

6. Shumlyansky, V.A. (1983), *Cimmerian metallogenic era in Ukraine*, Nauk. dumka, Kiev, UA, 220 p.

7. Shumlyansky, V.A. (1984), *Development of geotectonic structures of Ukraine in the Mesozoic*, Preprint IGFM-84, Kiev, UA, 58 p.

8. Shumlyansky, V.A., Dudar, T.V., Suschuk, E.G., et al. (1990), *Geol. Journal.*, No. 2, Kyiv, UA, p. 34-44.

9. Shumlyansky, V.A. et al. (1990), *Materials on the geology of uranium, rare and rare-earth metals*. Vol. 22, pp. 76-83.

10. Suschuk, E.G. (1976), *Patterns of the distribution of trace elements in the Upper Paleozoic sedimentary formations of the North-West Donbass*, Preprint IGFM AN USSR, Kiev, UA, 51 p.

11. Suschuk, E.G. (1976), *Regularities of the concentration of trace elements in the Upper Paleozoic sedimentary formations of the North-West Donbass*, Preprint IGFM AN USSR, Kiev, UA, 34 p.

12. Shumlyansky, V.A. and Suschuk, E.G. (2003), *Geochemistry and ecology*, Vyp. 8, Kyiv, UA, pp. 82-105.

13. Danchev, V.I., Lepky, S.D., Suschuk, E.G., Shevchenko, O.E., Shumlyansky, V.A. (1984), *Issues of the theory of exogenous uranium ore formation*, Preprint IGFM AN USSR, Kiev, UA, 53 p.

METALOGENY OF URANIUM IN THE PHANEROZOIC OF THE PLATFORM PART OF UKRAINE

Suschuk K. Phd (Geol.), Senior Research Fellow, Leading Researcher State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine», Mamas @ i. ua.

Verkhovsev V. D. Sc. (Geol.), Senior Research Fellow, Head of department State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine», Verkhovtsev@ukr.net.

Numerous deposits, ore deposits and mineral uranium anomalies are known in the territory of the development of platform Phanerozoic formations in Ukraine. According to the conditions of their formation, metallogenic epochs were isolated and structural-metallogenic zoning of the territory was carried out. It is established that the formation of the Phanerozoic platform cover was accompanied by the accumulation and redistribution of uranium in it in several stages, which were characterized by participation in of both exogenous and endogenous processes. Epigenetic processes perform a leading role in the formation of uranium ore deposits in Phanerozoic sedimentary formations. The general principle of exogenous uranium ore formation is the combination of the ore process with the stages of lithogenesis of the rocks containing them. Each genetic type of uranium deposits in sedimentary strata is characterized by a specific epigenetic mineralogical-geochemical zonation. Uranium occurrence is always confined to a particular zone and is generally a part of that zonation, which is a typomorphic feature and a major search criterion. Ascending low-temperature or thermal carbon-dioxide-hydrocarbon chloride solutions of deep (metamorphic or metagenetic) origin, which were diluted with underground meteors by the end of ore formation, were involved in the formation of polygenic deposits and ore occurrence of Uranium of the Cimmerian era. The Don-Dnipro structural-metallogenic zone is characterized by the presence of exogenous uranium deposits of the reservoir-infiltration subclass and polygenic exfiltration deposits. Thorium-uranium, uranium-coal and uranium-bitumen deposits in the Phanerozoic platform formations are known in the area. Uranium subsidence is accompanied by concentrations (often ore) of other metals.

Keywords: uranium, Ukrainian shield, metallogenic epochs, sedimentary cover, hydrogen deposits, ore accumulation factors.