

УДК 553/495: 553.061.6 (477)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕПОХ УРАНОНАКОПИЧЕННЯ В ОСАДОВОМУ ЧОХЛІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Суцук К. Г. канд. геол.-мін. н., пр. н. сп. ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» masas@i.ua

На основі історико-геологічного аналізу формування осадового чохла Українського щита визначено закономірності виникнення в ньому епох уранонакопичення та основні фактори їхнього формування – кліматичний, геотектонічний, структурний, палеогеографічний, фаціальний. Визначено джерело рудної речовини, продуктивність окремих епох, охарактеризовано ознаки промислового уранового зруденіння. На території УЩ встановлені ранньокрейдова, пізньоеоценова і неоген-четвертинна епохи екзогенного уранонакопичення в осадовому чохлі. Для перших двох епох характерні сингенетичні, діагенетичні та екзодіагенетичні концентрації урану, що не мають промислового значення у зв'язку з малими масштабами або низьким вмістом урану та несприятливими гірничо-технологічними властивостями. Для промислового уранового зруденіння найбільш продуктивною є неоген-четвертинна металогенічна епоха. Гідрогенні ґрунтово-інфільтраційні родовища урану цієї епохи приурочені до теригенних вугленосних відкладів палеогену (переважно бучакського ярусу еоцену), що заповнюють палеодолини в кристалічних породах, а сформувались в неоген-четвертинну епоху і продовжують змінюватись у наш час.

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

Вступ

Встановлення закономірностей уранонакопичення в осадових чохлах платформ взагалі і, в тому числі, в осадовому чохлі УЩ необхідне, перш за все, для ефективного прогнозу пошуків та розвідки його промислових родовищ. Важливим інструментом цього наукового процесу є історико-геологічний аналіз осадонакопичення та магматизму даного регіону і, зокрема, аналіз еволюції палеобасейнів седиментації та областей денудації, що дає можливість виявити ряд рудоконтролюючих факторів – кліматичний, геотектонічний, структурний, палеогеографічний, фаціальний, а також джерело рудної речовини. Це дає можливість наукового обґрунтування рудоформуючого процесу, його інтенсивності, місця і часу у взаємопов'язаному ланцюгові геологічних подій.

В головну нашу задачу входить вивчення кайнозойської епохи уранового рудоутворення, з якою пов'язане формування промислових родовищ урану, з метою розширення перспектив видобутку урану рентабельним методом підземного вилуговування.

Історико-геологічний аналіз формування осадового чохла Українського щита.

Формування Українського щита (УЩ), як самостійної структури на території Східно-Європейської платформи, завершилось наприкінці протерозою. За даними О.Б.Гінтова [1] «сучасна мегаблокова структура УЩ сформувалася на межі палео- та мезопротерозою, коли щит вже виступав єдиною структурою як частина південно-західного сегменту Східно-Європейського кратону (Сарматії), а по міжблоковим глибинним зонам розломів відбулися суттєві вертикальні переміщення». У фанерозої в обрамленні УЩ накопичились потужні товщі фанерозойських відкладів, а на поверхні щита сформувався малопотужний чохол мезо-кайнозойських утворень. При цьому чохол щита має переважно кайнозойський вік, а мезозойські відклади потужністю від нуля до декількох десятків метрів розвинені лише на 2-3% його площі.

Історико-геологічний аналіз осадо накопичення в мезо-кайнозої на території УЩ дозволив виділити ряд макроциклів в історії тектонічного розвитку регіону, а саме юрський, крейдовий, палеогеновий, неогеновий, пліоцен-четвертинний. Оскільки циклічності тектонічного розвитку відповідає циклічність осадконакопичення і пов'язаного з ним утворення корисних копалин, то визначені в мезо-кайнозої макроцикли набувають значення тектоно-седиментаційних. На протязі кожного циклу тільки на певних його стадіях створювались сприятливі умови екзогенного рудоутворення (для різнотипного зруденіння), і такі часові інтервали набували значення металогенічних епох. [2].

Ці цикли характеризувалися еволюцією трансгресивно-регресивних і континентальних режимів і формуванням відповідних груп та комплексів формацій. У діапазоні кожного циклу виділяються етапи: контрастних висот суші, передтрансгресивний, трансгресивний, початкової регресії, прискореної регресії і вирівняної суші. Між названими циклами існували певні розбіжності в характері тектонічних рухів, що призвело до деяких розбіжностей в розповсюдженості, складі, особливостях будови різновікових, але однотипних формацій та в комплексі пов'язаних з ними корисних копалин [2].

Фаціально-палеогеографічні, геоморфологічні, геохімічні, гідрогеологічні та інші умови мезо-кайнозойського седиментогенезу та рудоутворення на території УЩ визначалися різноманітними факторами – кліматом, геохімічною та металогенічною спеціалізацією області живлення, тектонічним режимом. Згідно з циклічним розвитком регіону періодично змінювався і його клімат, гумідизація якого була пов'язана з початком трансгресій, а аридизація - з регресіями. Гумідні епохи юрського, крейдового й палеогенового періодів характеризувалися перевагою надмірно вологого тропічного й перемінно-вологого субтропічного кліматів. До кінця палеоцену виникли стійкі субтропічні умови, а в пліоцені встановився помірний, достатньо вологий клімат.

Металогенічна спеціалізація областей живлення при її латеральній мінливості залишалася практично незмінною в часі. До того ж до кінця палеоцену були постійними шляхи міграції й транспортування речовини, в тому числі рудної, з областей живлення в басейни седиментації – механічний, хемогенний, органогенний. Ця закономірність стосувалася як сингенетичного, так і епігенетичного рудоутворення.

В цілому у післятриасовий час як кліматичний фактор, так і фактор області живлення проявлялися більш менш стабільно й однотипно. Уся ж складність розвитку регіону в часі та в просторі обумовлювалась тектонічним режимом, який визначався сукупністю проявів коливальних та блокових рухів. Рельєф являвся опосередненим вираженням тектонічного режиму. Він виступав як ландшафтно утворюючий фактор, визначав співвідношення областей седиментації та зносу, розміщення палеогеографічних та фаціальних обстановок, напрямок і характер древньої гідромережі (шляхів транспортування речовини та місць її фіксації), інтенсивність і співвідношення механіко- та хемогенної складових виносу (з області живлення). Таким чином, рельєф впливав на індивідуалізацію конкретних формацій, їх фаціально-геохімічний профіль та металогенічні особливості.

Багатьма дослідниками стверджується, що межі розповсюдження морських і континентальних формацій, субформацій, окремих фацій, зміна їх потужностей майже повсюди пов'язані з зонами розломів. Характерна також просторова приуроченість тих чи інших формацій до певних тектонічних блоків або їх груп. Ця закономірність характерна і для рудних концентрацій в осадовій товщі як сингенетичного, так і епігенетичного походження.

Металогенія осадового чохла УЩ

Мезо-кайнозойський осадовий чохол УЩ, сформований впродовж юрського, крейдового, палеогенового, неогенового та пліоцен-четвертинного тектоно-седиментаційних циклів, містить різновікове зруденіння сингенетичного, діагенетичного, епігенетичного походження, яке має різне промислове значення. Це різноманітні розсіпні концентрації

титанових, цирконієвих, торій-рідкоземельних мінералів, родовища бокситів й високо глиноземистих каолінів, марганцевих, уранових і залізних руд, свинцево-цинкове зруденіння, буре вугілля Дніпробасу

Поетапний, в історичній послідовності, металогенічний аналіз синхронних полігенних формацій осадового чохла УЩ дозволив виявити ті часові інтервали, які набували значення металогенічних [2,3,4]. Такими для мезо-кайнозою є середньоюрська, ранньокрейдова, еоценова, олігоценова, пліоценова, неоген-четвертинна металогенічні епохи. Металогенічним епохам притаманні загальні риси, що пояснюється постійною областю живлення й порівняно схожим тектонічним режимом. Для них характерне утворення потужних каолінових і латеритних кір вивітрювання, мобілізація і диференціація речовини, виніс та відкладення речовини (у тому числі рудної) в процесі формування та руйнування кір вивітрювання. Тобто, відносно постійним був і комплекс рудних і нерудних корисних копалин. Проте існує і суттєва різниця між епохами, яка полягає в тому, що для кожної з них характерний провідний в генетичному й мінеральному відношенні тип корисної копалини.

Середньоюрська металогенічна епоха характеризувалась формуванням титан-, цирконій-, оловорудних розсипних концентрацій в континентальних умовах батського і байоського віків, а також свинцево-цинкового зруденіння, сидеритів і шамозитів в морських умовах батського і келовейського віків. У ранньокрейдову металогенічну епоху утворилися континентальні титан-, цирконій-, оловорудні розсипи, боксити, високо глиноземисті каоліни апт-альбського і в меншій мірі готерив-баремського віку.

Виділяється також ранньокрейдова епоха екзогенного уранонакопичення в осадовому чохла, що складається з двох етапів – неоком-аптського і альб-сеноманського. В неоком-аптський етап сформувалися екзодіагенетичні та епігенетичні концентрації урану в континентальній бокситоносно-вугленосній теригенній формації неоком-апту на південному схилі УЩ та в північній частині Причорноморської западини. Детальне вивчення уранових проявів в континентальних відкладах ранньої крейди південного схилу УЩ показали сполученість рудного процесу зі стадіями літогенезу вміщуючих порід [5]. Концентрації урану в осадовій товщі сприяли сульфідно-глеєвий характер пізнього діагенезу та епігенезу, що відбувалися в гумідно-кліматичну епоху, виникнення геохімічних бар'єрів і сполучення сорбції та відновлення. Сполученість рудного процесу зі стадіями літогенезу вміщуючих порід підтверджується розміщенням рудопоявів на схилах та в верхів'ях палеодолин, тісним зв'язком з областями зносу, речовим складом зруденіння і віком уранової мінералізації, який за даними В.А.Анісімова [3] співпадає з віком вміщуючи порід.

Альб-сеноманський етап відзначився діагенетичними концентраціями урану в фосфоритах глауконіт-крейдової формації на південно-західному схилі УЩ та в північно-західній частині Причорноморської западини, а також у фосфоритах терригенно-карбонатного комплексу K_2 на території всіх западин поверхні щита.

З еоценовою металогенічною епохою пов'язане формування бідних розсипних концентрацій ільменіту, каситериту та інших мінералів у прибережно-морських і континентальних умовах, в пізньоеоценову епоху сформувалися діагенетичні концентрації урану у фосфоритах терригенно-глауконітової формації пізнього палеогену на території всіх западин; в олігоценову епоху сформувалися прибережно-морські марганцеві руди, в міоценову – прибережно-морські розсипи переважно ільменіту, з пліоценовою металогенічною епохою пов'язане утворення кімерійських залізних руд. І, нарешті, неоген-четвертинна епоха ознаменувалась формуванням промислового уранового зруденіння інфільтраційного типу в бучакському ярусі еоцену.

Таким чином, на основі історико-геологічного аналізу розвитку головних геотектонічних структур та умов уранового рудоутворення у осадовому чохла південно-західної частини Східно-Європейської платформи (в тому числі Українського щита та на його схилів) дослідниками [3] достовірно встановлені епохи уранового рудоутворення (або

накопичення підвищених концентрацій урану та супутніх елементів) і геологічні формації, сприятливі для уранонакопичення, в тому числі у промислових масштабах.

Епохи уранонакопичення в осадовому чохлі Українського щита

Утворення уранових родовищ у чохлі УЩ підпорядковане глобальній закономірності, характерній для багатьох регіонів світу [3,4]. Це дві регіонально проявлені й чітко виражені епохи епігенетичного уранового рудоутворення: кайнозойська (неоген-четвертинна), з якою пов'язане утворення епігенетичних (інфільтраційних) уранових родовищ, що контролюються окислювальною зональністю, та мезозойська (кімерійська) в яку сформувалися полігенні амагматичні (в тому числі уранобітумні) родовища, що контролюються в осадових породах відновлювальною зональністю.

З кайнозойською епохою уранового рудоутворення пов'язане формування промислових родовищ урану, придатних до видобутку урану рентабельним методом підземного вилуговування. Ці гідрогенні уранові родовища переважно ґрунто-інфільтраційного типу (за застарілою термінологією – „пісковикового типу”) становлять основний промисловий тип екзогенних родовищ урану України. Вони приурочені до відкладів палеогену (переважно бучакського ярусу еоцену), що заповнюють палеодолини в кристалічних породах, а сформувались в неоген-четвертинну епоху і продовжують змінюватись у наш час.

У розрізі бучакських континентальних відкладів чітко виділяються три товщі – підвугільна (базальна), вугленосна і надвугільна, які в цілому складають вугленосно-теригенну формацію. Підвугільні шари розвинені тільки у нижньому вузькому врізі долин, виповнюючи їх на половину глибини. Вони представлені русловими фаціями: знизу залягають різнозернисті піски з галькою, гравієм та валунами; уверх по розтину піски стають більш однорідними, дрібно- та середньозернистими.

Вугленосна товща, що поступово замінює нижню підвугільну, побудована складно. У її складі наявні фації заплавної, озерно-болотні, у меншій мірі – руслові. Складена товща вуглистими пісками, піщанистими темними глинами, лінзами каолінів і пісковиків та містить численні поклади бурого вугілля, які нерідко займають великі площі, на багато кілометрів вздовж долин (наприклад, в Олександрійській долині – майже на 100 км). Потужність вугілля зазвичай складає перші метри, інколи (в Олександрії) досягає 8-12 м. В ряді районів простежуються два – три пласти бурого вугілля, розділених вуглистими пісками та глинами. Вугленосна товща не тільки виповнює найбільш глибоку частину долин, але й розповсюджується на нижню терасу, а інколи й на верхню.

Надвугільна товща потужністю 10-12 м утворює ще більш широкі смуги вздовж долин. Місцями вона відсутня внаслідок розмиву. Складена товща дрібно- та середньозернистими пісками й глинами, іноді вуглистими.

Виникненню неоген-четвертинної урановоруднової епохи на території УЩ сприяв цілий ряд факторів: кліматичний, гідрогеологічний та гідрогеохімічний, тектонічний, наявність сприятливих відкладів та областей живлення. Неоген-четвертинна епоха на території України характеризувалася субарідним кліматом і передсуборогеним тектонічним режимом, що сприяло широкому розвитку зон ґрунтового окислення у відкладах палеогену на Українському щиті.

На протязі довготривалого континентального режиму у фанерозої на поверхні щита сформувалася розгалужена мережа палеодолин, яка поступово заповнювалась осадовими відкладами різного типу, в тому числі насиченими компонентами із сорбційними та відновлювальними якостями. Палеодолини, як правило, розміщувались поблизу розломних зон в кристалічному фундаменті, найбільш проникливих для поверхневих вод. Виділяються крупні палеодолини першого порядку протяжністю до 100 км (Західно- і Східно-Криворізька, Нікопільська та ін.), другого порядку протяжністю до 50 км, що впадають в долини першого порядку (наприклад, Девладівська), або самостійні (Братська,

Костянтинівська, Єланець-Михайлівська та ін.), третього порядку протяжністю до 30 км (Мошоринська та ін.), а також відгалуження (отвержки) палеодолин довжиною декілька кілометрів. Глибина врізу крупних палеодолин у фундамент складає 70-90 м. Палеодолини були утворені річками, які стікали з Українського щита на північ – в морський басейн Дніпровсько-Донецької западини або на південь – в морський басейн Тетісу.

На межі раннього і пізнього пліоцену почалося формування сучасної річкової мережі, яка не співпадає з палеодепресіями. Це сприяло виникненню в осадовому чохлі окислювально-відновлювальних процесів, що зумовили утворення зон окислення і пов'язаного з ним уранового зруденіння. Всі інфільтраційні (гідрогенні) родовища в осадовому чохлі УЩ розміщуються на шляху руху підземних вод від вододілів до областей розвантаження. Головний вододіл на території УЩ проходить у субширотному напрямі, вододіли другого порядку розташовані між притоками рік Дніпро, Південний Буг, Молочна. Основними дренами являються русла цих річок, додатковими – русла їх притоків.

Живлення водоносних горизонтів палеогену здійснюється водами четвертинних піщано-глинистих відкладів, які збагачені киснем і містять досить значну кількість урану (в середньому $1,2 \cdot 10^{-5}$ г/л), що характерно для степової фізико-географічної зони УЩ. Підземні води бучакського горизонту теж містять уран, кількість якого змінюється від вододілів до зон розвантаження за рахунок вилуговування урану із порід. (табл.).

Таблиця. Характеристика підземних вод Саксагансько-Сурського рудного району Дніпровського басейну [3]

Водообмін	Вік та літологічний склад водоносних горизонтів	Хімічний склад підземних вод		Мінералізація г/л	Основні газ	рН	Вміст U, $\cdot 10^{-6}$, г/л
		Аніони	Катіони				
Активний	Четвертинні суглинки і супісі, піщано-глинисті відклади олігоцену	SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻	Na, Mg	1,3 – 1,9	O ₂	–	12 (от 5 до 31)
	Піски міоцену–палеогену ґрунтового окислені	SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻	Na, Ca, Mg	1,55	O ₂	–	15
	Докембрійські тріщинуваті породи	SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻	Na, Ca	1,66	O ₂	7,0 – 8,0	13
	Піски середнього еоцену в зоні ґрунтового-пластового окислення	SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻	Na, Ca, Mg	1,5	O ₂	7,0 – 7,5	70
Утруднений	Те ж, в зоні уранового зруденіння	SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻	Na, Ca, Mg	1,4	H ₂ S	7,5	10
	Те ж, в незмінених породах за межами рудних тіл	SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻	Na, Ca, Mg	1,4	H ₂ S	–	7
	Докембрійські тріщинуваті породи	SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻	Na, Ca, Mg	1,8	H ₂ S*	7,0 – 8,0	3

* Eh варіює від +50 до –100 мВ

Важливим фактором умов рудоутворення є існування сучасної гідрогеохімічної зональності, в якій води, що містять кисень і уран, вниз за потоком змінюються сірководневими, що несуть в 10 разів менше урану внаслідок його відкладання на геохімічних бар'єрах. Це чітко вказує на сучасне формування уранового зруденіння.

Ще один гідрогеологічний фактор уранонакопичення, тісно пов'язаний з тектонічним, це – оживлення гідродинамічного режиму підземних вод при відкритті водоносного

горизонту річковою мережею внаслідок неотектонічної активізації Українського щита, оскільки концентрації урану залежать від формування зон ґрунтового і пластового окислення. Саме така неотектонічна активізація УЩ відбувалася на межі раннього і пізнього пліоцену, що сприяло формуванню зон окислення.

Аналіз геолого-структурних особливостей інфільтраційних родовищ Інгуло-Інгулецького району вказує на тісний зв'язок їхнього формування з неотектонічними посуваннями довгоживучих розломів у кристалічному фундаменті, переважно широтного простягання. Ряд дослідників [6] вважає, що у інфільтраційних родовищ урану Інгуло-Інгулецького рудного району спостерігається чітка геотектонічна вибірковість, яка забезпечує прояв енергійної гідродинаміки у сфері водообміну та інтенсивність ерозійних процесів. У вузлах перетину розломів відбувалося змішування тріщинних розчинів та екзогенних пластових вод. На території цих родовищ (Сафонівське, Христофорівське і Девладівське) відомі численні прояви неотектонічних рухів як в породах фундаменту, так і осадового чохла. Тут широко розповсюджені тектонічні шви із дзеркалами ковзання та борознами тертя в третинних відкладах по всьому розрізу від кори вивітрювання до пізньокрейдових, найбільш виражені в глинистих породах. Зустрічаються інтервали перемитих порід потужністю до 10 м.

Тектонічний режим в значній мірі визначає і вертикальну зональність розміщення головних типів рудоутворюючих підземних вод. Для верхньої зони інфільтрації характерні слабо мінералізовані окислювальні (що містять кисень) або слабо відновлювальні (глейові) ґрунтові та пластові підземні води в басейнах інфільтраційного типу та у верхніх горизонтах гетерогенного типу [8]. Нижче зони інфільтрації розміщується зона високо мінералізованих хлоридно-розсолних вод, мінеральний склад яких утворюється внаслідок змішування метеорних і седиментаційних вод та розчинення різноманітних солей, що містяться в породах осадових басейнів. З діяльністю окислювальних ґрунтових і пластових вод і пов'язане формування інфільтраційних родовищ урану, селену, молібдену з підвищеними концентраціями ренію, скандію, ітрію, рідкісних земель, германію. Руди контролюються зонами пластового або ґрунтового окислення та геохімічними відновлювальними бар'єрами.

Джерелом урану для формування рудних покладів служать тріщинуваті кристалічні породи фундаменту та кора їх вивітрювання. Тому велике значення має фоновий вміст урану в кристалічних породах областей живлення, які виражені неотектонічними склепінневими підняттями. Так, для Саксагансько-Сурського рудного району це Криничанський, Кудашівський та Демурінський так звані купола, кислі породи яких містять в середньому від 2,5 до $4,5 \cdot 10^{-4}$ % урану. Навкруги цих «куполів» утворилися всі відомі в цьому рудному районі гідрогенні родовища і рудопрояви урану.

Переміщення в пліоцен – четвертинний час вододілу (області живлення) з півдня на північ грало певну роль для палеодолин, відкритих на південь. В область водозабору попадали все нові ділянки кори вивітрювання з розсіяною урановою мінералізацією паралельно зі збільшенням напірного градієнту водоносного горизонту, що сприяло уранонакопиченню.

Масштаби ураноносності бучакських вугленосних відкладів залежать від типу окислювальної зональності. З зонами поверхневого окислення, нижня межа яких співпадає з сучасним рівнем ґрунтових вод, пов'язані непромислові прояви урану. Такі зони розповсюджені переважно в північно-західній та центральній частині Дніпровського басейну. Площа їх розвитку співпадає з територією, зайнятою озерно-болотним фаціальним комплексом.

Зони ґрунтового окислення, нижня межа яких не опускається нижче урізу води ріки Дніпро, контролюють основну кількість рудних покладів у північно-східній та східній частинах Дніпровського басейну. Тут розвинена регіональна зона ґрунтового окислення у відкладах полтавської світи. Зруденіння, розміщене під нижньою поверхнею цієї зони, локалізоване у верхній частині бучакської світи, переважно у відкладах лагун і лиманів.

Зруденіння, що контролюється зонами ґрунтово-пластового окислення, тяжіє до отвержків крупних палеодолин або до бортів останніх; локалізується в алювіальних відкладах низів бучакської світи.

Зони пластового окислення більш протяжні і контролюють більш крупні та багаті рудні поклади уранових руд (Братське, Садове, Сафонівське, Девладівське родовища). Як і родовища та рудопрояви, пов'язані з зонами ґрунтово-пластового окислення, вони приурочені до комплексу річкових відкладів у центральній та південній частині Дніпровського басейну.

Отже, відклади бучацької світи середнього еоцену, що містять уранові руди, поділяються на три фаціальні комплекси: річковий, озерно-болотяний та лагунно-лиманний. Найбільш широко розповсюджені відклади річкового фаціального комплексу, що заповнюють ерозійно-тектонічні палеодолини. До комплексу річкових відкладів у центральній частині Дніпровського басейну приурочені основні родовища і рудопрояви урану (Братське, Садове, Девладівське, Сафонівське, Хутірське родовища, Відрадне, Зарічне, Камишуватське та інші рудопрояви). Відклади озерно-болотного комплексу найменш ураноносні. В них виявлені Шполянське, Гаївське та інші невеликі рудопрояви і мінералізація. У відкладах лагунно-лиманного фаціального комплексу знаходяться численні рудопрояви і два промислових родовища урану – Сурське і Червоноярське. Для цих відкладів характерні інтенсивна вугленасиченість та розповсюдженість витриманих вугільних покладів.

Загальна генетична схема ґрунтово-інфільтраційних родовищ неоген-четвертинної епохи уранового рудоутворення в пісках палеорусел буровугільного Дніпровського басейну полягає в наступному [7].

Внаслідок перетікання ґрунтових вод сарматського горизонту, які містять розчинений кисень і уран, а також напірних вод кристалічного фундаменту, які мають подібні властивості, в пісках продуктивного горизонту формуються зони пластово-ґрунтового окислення. В результаті окислення піриту, інших мінералів Fe^{2+} , вуглистої речовини (вуглистої рослинної детриту) сірий і темно-сірий (до чорного) колір пісків змінюється на жовтий різної інтенсивності (від жовтувато-білого до жовто-бурого). На границі між окисленими породами (жовтими) і неокисленими (сірими) внаслідок витрати розчиненого у воді кисню розвиваються анаеробні сульфат-відновлюючі бактерії, які вживають вуглецеву речовину, відновлюють сульфати підземних вод і продукують H_2S . Це призводить до зміни Eh з позитивного (приблизно +200 mV) на негативний (близько -250 mV) і відкладення сполук U^{4+} (оксидів або силікатів) за рахунок відновлення сполук U^{6+} (переважно гідрокарбонатних комплексів, розчинених у підземних кисеньвмісних водах). Ця загальна схема на кожному гідрогенному родовищі урану має свої відміни, які пояснюються різним складом порід водоносного горизонту, кількістю відновних речовин та їх типом (пірит, інші сульфіди, вуглиста речовина, бітуми, тощо), вмістом кисню, урану і сульфатів у воді горизонту, коефіцієнтом фільтрації, тощо.

Уранові поклади переважно пластової або лінзовидної форми, яка залежить від типу окислювальної зональності, локалізовані у вуглистих пісках, бурому вугіллі, рідше – вуглистих глинах або корі вивітрювання. Вони утворюють декілька ярусів по всьому розрізу водоносного горизонту. Протяжність рудних тіл під нижньою межею зони ґрунтового окислення – до декількох кілометрів, ширина – сотні метрів, потужність – зазвичай десятки сантиметрів, зрідка до двох метрів, вміст урану – соті долі відсотка. На виклинюванні зон ґрунтово-пластового окислення утворюються багатші рудні тіла потужністю до 4-5 м, які іноді мають форму роллів.

Як вже зазначено вище, широкий розвиток процесів формування зон окислення і пов'язаного з ними уранового зруденіння в осадовому чохлі УЩ і його схилів почалося на межі раннього і пізнього пліоцену і продовжується в даний час. Як приклад впливу сучасних процесів на збереження уранових покладів можна навести факт, що має місце в

Дніпровсько-Донецькій западині у відкладах верхнього олігоцену (берекська свита) та міоцену (полтавська свита). Грунтово-інфільтраційні уранові прояви в них в значній мірі знищені сучасними процесами окислення. Відкладення міоцену уздовж південно-західного схилу ДДВ розчленовані сучасною річковою мережею, внаслідок чого полтавські піски представляють регіонально розвинену зону ґрунтового окислення, в якій уранові концентрації в значній мірі окислені і винесені.

Сучасна досить висока окисленість руд і рудовмісних відкладів на Новогур'ївському і Хуторському родовищах пояснюється їх вищим положенням щодо зони регіонального розвантаження ґрунтових вод. Не виключено, що у зв'язку з пониженням базису ерозії сучасними окислювальними процесами охоплені рудні тіла на багатьох уранопроявах Саксагансько-Сурського рудного району.

Висновки

Історико-геологічний аналіз осадконакопичення і тектонічного розвитку території Українського щита в мезо-кайнозой дозволить встановити закономірності виникнення і формування епох уранонакопичення в осадковому чохлі щита. Визначено основні фактори їхнього формування – кліматичний, геотектонічний, структурний, палеогеографічний, фаціальний, а також джерело рудної речовини. Це дало можливість наукового обґрунтування рудоформуєчого процесу, його інтенсивності, місця і часу у взаємопов'язаному ланцюгові геологічних подій.

Визначена продуктивність окремих епох, встановлено ознаки промислового уранового зруденіння. На території Українського щита виділяються декілька епох екзогенного уранонакопичення в осадковому чохлі. Це ранньокрейдова епоха, що складається з двох етапів – неоком-аптського і альб-сеноманського, пізньоеоценова і неоген-четвертинна. Для перших двох епох характерні сингенетичні, діагенетичні та екзодіагенетичні концентрації урану, що не мають промислового значення у зв'язку з малими масштабами або низьким вмістом урану та несприятливими гірничо-технологічними властивостями. Для промислового уранового зруденіння найбільш продуктивною є неоген-четвертинна металогенічна епоха.

Грунтово-інфільтраційні родовища неоген-четвертинної металогенічної епохи (за застарілою термінологією – «пісковикового типу») становлять основний промисловий тип екзогенних родовищ урану України, що розробляються методами підземного вилуговування. Ці уранові родовища приурочені до відкладів палеогену (переважно бучакського ярусу еоцену), що заповнюють палеодолини в кристалічних породах, а сформувались в неоген-четвертинну епоху і продовжують змінюватись у наш час.

Встановлення закономірностей формування епох уранонакопичення в історії формування осадкового чохла Українського щита дозволяє намітити наукові напрямки й шляхи нарощування мінерально-сировинної бази ядерної енергетики України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых. – Киев.- 2013 -500 с.
2. Металлогения фанерозоя платформенной части Украины / [Гойжевский А.А., Скаржинский В.И., Шумлянский В.А., Суцук Е.Г. и др.] – К.: Наук. думка, 1984. – 202 с.
3. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. – Киев: Наукова думка, 1995. – 396 с.
4. Шумлянский В.А., Суцук Е.Г. и др. Гидрогенное рудообразование в фанерозое Украины.// Геохимия и экология. – 2003,- вып.8. – С.82-105.
5. Суцук Е.Г. Закономерности уранонакопления в ходе литогенеза базальных отложений раннего мела на южном склоне Украинского щита.//Збірник наук. праць ІГНС. – 2010. - № 18. – С. 73-79.

6. *Калашник Г.А.* Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Ингуло-Ингулецком рудном районе Украинского щита.//Наук. Вісник Національного технічного університету. – 2013. - №3. – С.11-18.
7. Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики України. – Київ: Наукова думка, 2014. – 355 с.
8. *Суцук Е.Г.* Гидрогенные месторождения урана – природные модели поведения его в зоне гипергенеза. // Зб. Наук. Праць ІГОС НАНУ. – 2008. – вип.16 - С.128-135

REFERENCES

1. Kirovogradskiy rudny'y rayon. Glubinnoe stroenie. Tektonofizicheskiy analiz. Mestorojdeniya rudny'h polezny'h iskopaemy'h. [Kirovograd ore district. Deep structure. Tectonophysical analysis. Deposits of ore minerals] - Kiev. - 2013 -500 s. [in Russian]
2. Metallogeniya fanerozooya platformennoy chasti Ukrainy [Metallogeny of Phanerozoic platform part of Ukraine]/ [A. Goyjevskiy, V Skarjinskiy, V Shumlyanskiy, E Sushchuk i dr.] - K.: Nauk. dumka, 1984. - 202 s. [in Russian]
3. Geneticheskie tipy i zakonomernosti razmescheniya uranovy'h mestorojdeniy Ukrainy [Genetic types and patterns of distribution of uranium deposits of Ukraine] - Kiev: Naukova dumka, 1995. - 396 s. [in Russian]
4. *V Shumlyanskiy., E. Sushchuk i dr.* Gidrogennoe rudoobrazovanie v fanerozoe Ukrainy'.// Geohimiya i ekologiya. [Hydrogenous mineralization in Phanerozoic of Ukraine] - 2003, - vyp.8. - S.82-105. [in Russian]
5. *E. Sushchuk* Zakonomernosti uranonakopleniya v hode litogeneza bazal'ny'h otlojeniy rannego mela na yujnom sklone Ukrainskogo sch'ita. [Regularities of uranium deposition at the process of lithogenesis of Early Cretaceous basal sediments on the south slope of Ukrainian shield]//Zbirnik nauk. prac' IGNS. - 2010. - № 18. - S. 73-79. [in Russian]
6. *G. Kalashnik.* Geologo-strukturny'e osobennosti ekzogenno-infil'tracionny'h mestorojdeniy urana v Ingulo-Inguleckom rudnom rayone Ukrainskogo sch'ita. [Geological and structural features of exogenous-infiltration uranium deposits in the Ingul-Ingulets ore district of the Ukrainian shield]//Наук. Вісник Национального технічного університету. - 2013. - №3. - С.11-18. [in Russian]
7. Perspektivi rozvitku uranovoї sirovinnoї bazi yadernoi energetiki Ukraїni. [Prospects for the development of uranium resource base of nuclear power of Ukraine] - Kiev: Naukova dumka, 2014. - 355 s. [in Ukrainian]
8. *E. Sushchuk* Gidrogenny'e mestorojdeniya urana - prirodny'e modeli povedeniya ego v zone gipergeneza. [Hydrogenous uranium deposits - the natural behavior patterns in the supergene zone] // Zb. Nauk. Prac' IGOS NANU. - 2008. - vip.16 - S.128-135[in Russian]

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭПОХ УРАНОНАКОПЛЕНИЯ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА.

Суцук Е. Г. канд.геол.-мин. н., вед. н. с., ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины». masas@i.ua

Историко-геологический анализ формирования осадочного чехла Украинского щита позволил выявить ряд рудоконтролирующих факторов, которые определили возможность рудоформирующего процесса, его интенсивность, место и время. В истории тектонического развития региона выделены макроциклы (юрский, меловой, неогеновый, плиоцен-четвертичный), на протяжении которых на определённых стадиях создавались благоприятные условия экзогенного рудообразования (для разных типов оруденения). Такие временные интервалы приобретали значение металлогенических эпох. Определены закономерности возникновения эпох уранонакопления в осадочном чехле щита и основные факторы их формирования – климатический, геотектонический, структурный, палеогеографический, фациальный, а также источник рудного вещества. Определена продуктивность отдельных эпох, охарактеризованы признаки промышленного уранового оруденения. На территории УЩ установлены раннемеловая, позднеэоценовая и неоген-

четвертичная эпохи экзогенного уранонакопления в осадочном чехле. Для первых двух эпох характерны сингенетические, диагенетические и экзодиагенетические концентрации урана, не имеющие промышленного значения в связи с малыми масштабами или низким содержанием урана и неблагоприятными горно-технологическими свойствами. Для промышленного уранового оруденения наиболее продуктивной является неоген-четвертичная металлогеническая эпоха. Гидрогенные грунтово-инфильтрационные месторождения урана этой эпохи приурочены к терригенным угленосным отложениям палеогена (преимущественно бучакского яруса эоцена), которые заполняют палеодолины в кристаллическом фундаменте, а сформировались в неоген-четвертичную эпоху и продолжают изменяться в наше время. Установление закономерностей формирования эпох уранонакопления в истории формирования осадочного чехла УЩ позволяет наметить научные направления и пути наращивания минерально-сырьевой базы ядерной энергетики Украины.

Ключевые слова: уран, Украинский щит, металлогенические эпохи, осадочный чехол, гидрогенные месторождения, факторы рудонакопления.

REGULARITIES OF URANIUM ACCUMULATION EPOCHS IN SEDIMENTARY COVER OF UKRAINIAN SHIELD

E. Sushchuk Ph.D. (Geol.-Min.), Principal Researcher SI «The Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine» mamas@i.ua

History-geological analysis of the Ukrainian Shield sedimentary cover formation allowed discovering the row of ore-controlling factors which have determined the possibility of ore-forming process, its intensity, place and time. There were macrocycles (Yura, Cretaceous, Neocene and Pliocene-Quaternary) in the history of region tectonic development, during which (at certain stages) were created favourable conditions of exogenesis ore-formation (for the different ore-types). Such time-intervals obtained the meaning of metallogenic zones. Regularities of origin of the uranium accumulation epochs in Shield sedimentary cover and the main factors of their formation – climatic, geotectonic, structural, paleogeographic, facial – and also the ore substance source were determined. The productivity of certain epochs was determined; the industrial uranium ore features were characterized. For the Ukrainian Shield territory Early Cretaceous, Late Eocene and Neocene-Quaternary epochs of exogenesis uranium accumulation in sedimentary cover were established. For the first two epochs the syngenetic, diagenetic and exodiagenetic uranium concentrations are characteristic, but they are not industrial because of small scales or low uranium concentrations and unfavorable mining conditions. For industrial uranium ores the Neocene-Quaternary metallogenic epoch is the most productive. The hydrogen ground-infiltrated uranium deposits of this epoch are associated with terrigen coal deposits of Paleocene (mainly Buchaksky Layer of Eocene), which fill up paleo-valleys in crystal basis and which have formed at Neocene-Quarter epoch and continuing to change at this time. Establishment of regularities of the uranium accumulation epochs at the history of sedimentary cover of Ukrainian Shield formation allow to trace the scientific directions and the ways to increase the mineral raw material base of Ukrainian nuclear energy.

Keywords: Ukrainian Shield, metallogenic epoches, uranium, sedimentary cover, hydrogenic deposits, factors ore-accumulation