

УДК (552.51:54):551.72](477)(–16)

**ПЕТРОГРАФО-ПЕТРОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ  
ПІСКОВИКІВ ВЕРХНЬОГО ВЕНДУ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ОКРАЇНИ  
СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ**

**Т. Сокур**

*Інститут геологічних наук НАН України  
01054 м. Київ, вул. Олесь Гончара, 556  
E-mail: Sokur@ua.fm*

На підставі літологічних і петрохімічних досліджень теригенних порід верхнього венду південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи з використанням геохімічних констант визначено джерела уламкового матеріалу та склад областей живлення. Унаслідок вивчення осадових товщ виявлено зони мінералоутворення.

*Ключові слова:* теригенні породи, петрохімія, верхній венд, Східноєвропейська платформа.

Серед безлічі чинників, що визначають умови утворення осадових порід і закономірності їхнього формування, головною є тектоніка, передусім, режим коливальних рухів земної кори. Крім тектоніки, на розвиток літогенетичних процесів впливає хімічний склад порід. На загальний перебіг осадового процесу значно впливає і клімат. Похідним від клімату і геологічної будови (геологічної історії) є рельєф місцевості, який також можна розглядати як один з найважливіших чинників седиментаційної складової літогенезу. Від рельєфу залежить гідродинаміка й окисно-відновні умови, мінералізація вод та інші чинники літогенезу.

Пісковики є одними з найпоширеніших порід у розрізі верхнього докембрію південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи і становлять від 20 до 40 %. Петрохімічний та мінералого-петрографічний склад цих порід дає достатньо інформації для визначення умов осадоутворення та джерел знесення уламкового матеріалу. Наступні перетворення цих осадів змінюють первинну генетичну належність уламків порід і мінеральних зерен, однак за умови відносного ізохімізму метаморфічних процесів дають змогу петрохімічними методами відновити генетичну інформацію. Нижче наведено результати досліджень, що ґрунтуються на принципі збереження основних особливостей речовинного складу осадів у процесі літогенезу, які були розроблені М. Страховим, Я. Юдовичем [13] та ін.

Верхньовендські відклади південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи складені породами могилів-подільської та канилівської серій. Могилів-подільська серія утворена з трьох світ – могилівської, яришівської та нагорянської, які об'єднані специфічними геохімічними, мінералогічними, фаціально-літологічними ознаками та наявністю вулканоміктового матеріалу [4]. Цей комплекс представлений переважно грубоуламковими породами – гравелітами, грубозернистими пісковиками, менше поширені алевроліти, піщані алевроліти, дрібнозернисті пісковики, аргіліти.

Канилівська серія залягає на могилів-подільській зі структурним неузгодженням та об'єднує чотири світи – данилівську, жарнівську, крушанівську, студеницьку. Серія складена одноманітнішим літологічним комплексом: базальними пісковиками, які догори змінюються на перешаровані алевроліти й аргіліти [2].

Склад пісковиків світ могилів-подільської серії близький. Знизу вгору за розрізом пісковики змінюються від польовошпатових до екстракварцових, причому зміна має не лінійний, а зворотно-поступальний характер – у межах кожної світи склад також змінюється від переважно польовошпатового або кварц-польовошпатового до суттєво кварцового.

Пісковики всіх світ канилівської серії близькі за складом, зміна складу має такий же зворотно-поступальний характер, як і в породах могилів-подільської серії. Однак породоутворювальні компоненти пісковиків канилівської серії різко відрізняються від компонентів у породах могилів-подільської серії. Склад пісковиків канилівської серії змінюється від літокластичного до екстракварцового. Уламки порід, на відміну від уламків у пісковиках могилів-подільської серії, представлені ясно-зеленими, зеленими, ясно-бурими ефузивами, слабкорозкристалізовані, з порфіровою структурою, часто з гематитовою основною масою, ясно-бурим вулканічним склом (аморфним і з кристалітами), зеленкуватими або безбарвними біотит-кварцовими гнейсами, філітами; рідше спостерігають уламки кременистих порід. Уламки ефузивів наявні в усіх класах пісковиків; в екстракварцових пісковиках постійно фіксують одиничні зерна ефузивів. У пісковиках є до 10 % уламкового хлориту та зеленого гідратизованого біотиту, а також поодинокі зерна глауконіту.

Дані хімічних аналізів були перераховані в різні коефіцієнти – співвідношення оксидів, або системні генетичні модулі [13], що характеризують особливості умов осадоутворення та диференціацію матеріалу. Для зіставлення отриманих даних за подібністю складу пісковиків могилів-подільської та канилівської серій зі складом материнських порід застосовували низку коефіцієнтів та бінарних діаграм у координатах  $(Al_2O_3/SiO_2)-(Fe_2O_3+FeO+MgO+TiO_2+MnO)$  і  $(Al_2O_3/SiO_2)-(CaO+Na_2O+K_2O)$  [5]. Співвідношення  $Al_2O_3/SiO_2$  – параметр, що відображає не тільки первинний склад, а й ступінь зрілості пісковиків, сума лугів відображає вміст польових шпатів, а сума  $Fe_2O_3+FeO+MgO+TiO_2+MnO$  – загальну меланократовість порід.

Для пісковиків могилівської світи, згідно з петрохімічними параметрами, характерне поступове збільшення ступеня хімічної зрілості породи знизу вгору. Це зумовлене загальним визріванням пісковикових асоціацій та залученням пережитого й перевідкладеного уламкового матеріалу. Модуль меланократовості знизу вгору зменшується. Це відбувається внаслідок розкладання темноколірних компонентів. Вміст польових шпатів дещо коливається, однак зберігає тенденцію кількісного збільшення до покривлі могилівської світи. Склад джерела знесення, згідно з низкою діаграм, відповідає полям ріоліто-дацитів та андезито-базальтів [8].

Пісковики яришівської світи за петрохімічними параметрами належать до порід, що перебувають у стані визрівання або мають низький ступінь зрілості. На відміну від пісковиків могилівської світи, у пісковиках яришівської світи модуль меланократовості збільшується у півтора раза, а кількість польових шпатів дещо зменшується. За параметрами пісковики спряжені з кислими породами (ріоліто-дацити, граніти), а догори за розрізом – з породами, основність яких близька до базальтів та андезито-базальтів.

Пісковики нагорянської світи за петрохімічним складом виявляють тенденцію до зменшення зрілості знизу вгору. Це зумовлене нерівномірним і незначним перенесенням уламкового матеріалу. Що стосується лужності порід нагорянської світи, то в цих відкладах польових шпатів більше, ніж у могилівських пісковиках. Модуль меланократовості практично незмінний. Спряженість з похідними кристалічними породами відповідає гранодіоритам–гранітам–ріоліто-дацитам.

Менш зрілі піщані породи канилівської серії фіксують у данилівській світі. Вони відрізняються найменшою диференціацією вмісту  $\text{SiO}_2$ , однак вищим показником  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Модуль меланократовості пісковиків данилівської світи максимальний для досліджуваних порід канилівської серії, на відміну від мінімального показника лужності. Очевидно, теригенні породи в цей час формувалися внаслідок руйнування та перевідкладення порід, що утворилися раніше.

За ступенем зрілості пісковики жарнівської світи подібні до пісковиків данилівської світи. Модульний показник вмісту лугів найбільший для порід канилівської серії. Простежено незначне зниження показника меланократовості. Очевидно, в цей час відбувалося найбільше надходження нового уламкового матеріалу з наступним кількарязовим змішуванням його з раніше перевідкладеним.

Хімічні параметри пісковиків крушанівської світи засвідчують їхню більшу зрілість порівняно з породами данилівської та жарнівської світ. На тлі поступового зниження модуля меланократовості впродовж усього канилівського часу також починає незначно зменшуватися і показник лужності в крушанівській час.

Пісковики студеницької світи мають максимальний ступінь зрілості серед порід канилівської серії. Зафіксовано високий модульний показник нормованої лужності та найменший коефіцієнт меланократовості. Умови формування пісковиків студеницької світи подібні до умов формування жарнівських пісковиків.

За відповідними параметрами всі пісковики канилівської спряжені з кислими породами ріоліто-дацитового ряду з мінімальними значеннями параметра  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ .

Кількісною оцінкою найважливіших гіпергенних процесів – знезлучення та гідролізу – є гідролізатний модуль (ГМ)<sup>1</sup>. За значенням ГМ пісковики могилівської серії вивченого розрізу характеризують як суперсиліти, нормосиліти з перевагою міосилітів (значення ГМ – від 0,05 до 0,40), пісковики яришівської світи – як міосиліти (0,22–0,57), піщані породи нагорянської світи визначають як нормосиліти (середнє значення ГМ становить 0,19). Пісковики всіх світ канилівської серії характеризують як нормосиліти.

За значенням залізного модуля (ЗМ)<sup>2</sup> пісковики як могилівської (ЗМ – від 0,20 до 0,32), так і канилівської (0,26–0,31) серій зачисляють до нормально залістих утворень.

Модуль нормованої лужності (НЛМ)<sup>3</sup> дає уявлення про співвідношення двох головних лужних алюмосилікатів: польових шпатів і слюд. Пісковики могилівської та канилівської серій вивченого розрізу характеризують як нормально-лужні (медіанне значення НЛМ становить  $0,3 \pm 0,07$ ). Теригенні породи могилів-подільської серії за НЛМ відрізняються від пісковиків канилівської серії тим, що в пісковиках першої серії відбувається поступове зниження НЛМ, а в другій, навпаки, – поступове збільшення показника НЛМ знизу догори.

<sup>1</sup> ГМ =  $(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/\text{SiO}_2$ .

<sup>2</sup> ЗМ =  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ .

<sup>3</sup> НЛМ =  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Модулі, які відображають відношення натрію та калію до вмісту глинозему у теригенних породах, – це калієвий модуль (КМ)<sup>4</sup> і натрієвий модуль (НМ)<sup>5</sup>. Значення НМ у могилів-подільській серії закономірно зменшується знизу догори за розрізом (від 0,006 до 0,021), а в канилівській серії відбувається поступове збільшення з подальшим зменшенням показників, засвідчуючи, що в цих утвореннях вміст натрію прямо пов'язаний з темноколірним компонентом породи. Значення КМ, навпаки, збільшується знизу догори за розрізом, відображаючи зворотну тенденцію збільшення частки калію в породах могилів-подільської серії. В пісковицях канилівської серії зафіксовано майже стабільне значення КМ на всіх рівнях (медіанне значення КМ становить 0,024±0,001).

Літогенетичні зміни пісків, що відбуваються після їхнього відкладення, виявляються у вигляді декількох прогресивних етапів. Для етапу раннього захоронення особливо характерні окисно-відновні реакції за участю заліза. Пізніше, паралельно з літифікацією, виявляються цементация й заміщення мінералів, переважно кремнезему та карбонатної речовини. У разі глибшого занурення настає черговий етап літогенезу, що виражається в аутигенному утворенні слюд і польових шпатів. Хімічні реакції, що виявляються на кожному з цих трьох етапів літогенезу, приводять до усталення рівноваги мінеральних асоціацій з середовищем. Зсув у напрямі рівноваги відображається у відповідних змінах мінеральної асоціації.

Крім зміни мінерального складу, під час діагенезу відбувається різко виражене ущільнення осадових порід, спричинюване перекристалізацією, цементациєю або просто зближенням їхніх часток.

Головними чинниками, що впливають на постседиментаційні зміни осадових порід, є температура, тиск, первинний мінеральний склад порід, тектонічні умови території, тривалість процесу зміни порід, гідрохімічні процеси, пористість порід та ін.

Унаслідок вивчення осадових товщ верхньовендського віку виявлено зони мінералоутворення.

Наприклад, фосфатна мінералізація є на всіх стратиграфічних рівнях. Виділяють три її типи – розсіяну, конкреційну та лінзоподібну. Розсіяну мінералізацію фіксують у вигляді цементу в пісковицях нижніх верств нагорянської та яришівської світ, де кількість Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> в породах досягає 10,6 % [12]. Конкреційні фосфорити добре вивчені, з'ясовано їхній мінеральний склад, вертикальне та площинне поширення, стратиграфічну приуроченість [1, 7].

Лінзоподібні фосфатні стяжіння виявлено по всій товщі відкладів могилів-подільської серії [10], а також по всьому розрізу канилівської серії. Лінзоподібні стяжіння мають потужність 3–4 см і довжину до 3,0–3,5 м, найчастіше – 0,5–0,7 м. Вони залягають згідно з нашаруванням та пов'язані, головню, з алевритовими різновидами аргілітів. У нагорянській та студеницькій світах зафіксовано фосфатні жовна, що мають невиразно концентричну будову завдяки чергуванню зон 2–3 мм, по-різному насичених фосфатним, глинистим та алевритовим матеріалом. У центральній частині жовен відшукали скупчення чистого фосфату (аморфного, ізотропного).

Стягнення насичених фосфатним матеріалом порід у лінзи й жовна та утворення мінеральних форм відбувалося під час діагенезу. Формування франколиту, а не апатиту, як у конкреціях, є непрямю ознакою швидкого захоронення осаду.

---

<sup>4</sup> КМ = К<sub>2</sub>О/Аl<sub>2</sub>О<sub>3</sub>.

<sup>5</sup> НМ = Na<sub>2</sub>О/Аl<sub>2</sub>О<sub>3</sub>.

Сприятливі умови для міграції фосфору в розчиненому стані – це слабкокислое середовище ( $\text{pH} = 4\text{--}6$ ) з незначною концентрацією кальцію та відсутністю іонів  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{Al}^{3+}$ . Отже, фосфор може бути індикатором середовища осадоагромадження. Міграція фосфору відбувається за порівняно кислих умов, а в разі зміні середовища на більш лужне відбувається його осадження.

Фосфор, очевидно, “постачали” в зону осадоагромадження річки, які стікали з гудонної рівнини, у вигляді суспензій; на ділянках змішування морських і річкових вод він випадав в осад і розуцілювався серед теригенного матеріалу, утворюючи цемент піщаних та алевритових порід. Проте, імовірно, фосфор потрапляв у басейн верхньодокембрійського нагромадження також шляхом безпосереднього височування в море підземних вод, збагачених різними елементами, у тім числі фосфором. Це могло відбуватися в разі інгресії басейну на вирівняній території, покритій елювієм. Уловлювачами фосфору, передусім, є масиви карбонатних порід, що створюють лужне середовище.

У калюських верствах нагорянської світи (залягають на межі могилів-подільської та канилівської серій), у її нижній частині, зафіксовано карбонатні прошарки зі структурою конус-у-конус. Вони представлені кальцитом та мають підвищений вміст мангану [6]. Розташування карбонатних прошарків у розрізі безладне, їхня потужність – від 1 до 10 см, довжина – до 40 м. Карбонатну мінералізацію також виявлено в канилівській серії. У крушанівській та студеницькій світах відшукано лінзи потужністю до 0,5 м та завдовжки до 4 м темно-сірих, чорних вапняків, дуже щільних, масивних, нешаруватих.

У верхній частині нагорянської світи простежено породи зі значним вмістом глинозему, які мають вигляд світлих, маже білих, ясно-сірих афанітових утворень з раковистим зломом. Вони залягають у вигляді прошарків потужністю до 5 см та завдовжки до 5 м згідно з нашаруванням вмісних аргілітів [9]. Осадження матеріалу припускає зміну гідрохімії середовища від слабкокислої до слабколужної за температури понад  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Про це також свідчить спільне знаходження глиноземистого та фосфатного матеріалу, який осаджується за слабколужних умов. Отже, у цей час умови звітрявання на континенті були близькі до сучасних тропічних.

Глауконіт у складі верхньодокембрійських відкладів зафіксований усіма дослідниками, які вивчали ці відклади. Він є звичайним аутигенним мінералом, що утворився за слабколужних умов, простежується у вигляді одиничних округлих зерен серед кластогенного матеріалу, цементує кластику на деяких ділянках, утворює прошарки глауконітових пісків. Глауконіт наявний по всьому розрізу верхнього докембрію в більших або менших кількостях на окремих стратиграфічних рівнях та залежно від географічного розташування.

Найбільше поширений глауконіт у відкладах могилів-подільської серії, де наявні його розсіяні зерна та окремі цілі прошарки. Особливо прошарки глауконітових пісків фіксують у деяких розрізах могилівської та нагорянської світ. У породах канилівської серії глауконіт рідкісніший, трапляється у вигляді поодиноких аутигенних виділень у всіх типах порід. Прошарки глауконітових пісковиків є тільки в покрівлі канилівської серії на межі з балтійською серією.

Серед усіх численних проявів рудної мінералізації найбільше значення має флюорит. Йому присвячені ґрунтовні праці багатьох дослідників [3, 11 та ін.]. Флюорит у розрізі розвинений широко, однак його підвищені концентрації (до 10–40 %) пов’язані тільки з пісковиковими відкладами могилівської світи. Пісковики, збагачені флюоритом, мають плямисту, очково-сферолітову структуру. Флюорит утворює в них цемент базального

типу. Рідше трапляються виділення флюориту в кальцитових прожилках. Флюорит є типовим аутигенним мінералом, що утворюється з розчинів шляхом випадання або заміщення карбонатів, біотиту, плагіоклазу, апатиту, рідше кварцу та глинистих мінералів. Рудні поклади утворилися внаслідок вибіркового заміщення первинного цементу пісковиків і часткового заміщення кластичного матеріалу (польових шпатів і, менше, кварцу) флюоритом. Рудовмісні пісковики за мінеральним складом належать до аркозових. Уламковий матеріал у них представлений кварцом (до 60–65 %), мікрокліном (до 30–35 %), плагіоклазом (до 15 %), біотитом. Флюорит утворює кристали розміром від кількох міліметрів до 1,6 см, містить первинні та вторинні газово-рідкі включення. Літогенетичне утворення флюориту відбувалося внаслідок взаємодій фтороутримувальних вод і кальцитоутримувальних уламкових порід. Кальцієвим геохімічним бар'єром у цьому випадку міг бути карбонатний цемент пісковиків.

1. *Великанов В.А.* О закономерностях распределения фосфоритовых конкреций в калюских слоях венда Подолии // Литология и полезные ископаемые. 1975. № 6. С. 84–90.
2. *Великанов В.А.* Опорный разрез венда Подолии // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985. С. 35–65.
3. *Добровольский Е.В.* К проблеме генезиса Бахтынского месторождения флюорита // Флюорит Украины (критерии поисков): Сб. науч. тр. Киев: Наук. думка, 1981. 140 с.
4. Геологическая история территории Украины. Докембрий / В.А. Рябенко, Л.В. Коренчук, Е.А. Асеева и др. Киев: Наук. думка, 1993. 187 с.
5. *Коссовская А.Г., Тучкова М.И.* К проблеме минералого-петрохимической классификации и генезиса песчаных пород // Литология и полезные ископаемые. 1988. № 2. С. 8–24.
6. *Крашенинникова О.В.* Древние свиты западного склона Украинского кристаллического щита. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 194 с.
7. *Курочка В.П.* Циклы осадконакопления древнепалеозойских отложений Приднестровья и фаціальная приуроченность к ним глинистых минералов, микроэлементов и некоторых полезных ископаемых: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Минск, 1959. 39 с.
8. *Сокур Т.М.* Петрохимическая характеристика и геодинамическая обстановка формирования песчаников верхнего венда юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы // Геол. журн. 2008. № 1. С. 63–71.
9. *Сокур Т.М., Фигура Л.А.* Диагенетическая каолининовая минерализация в аргиллитах венда на юго-западном склоне Украинского щита // Зб. наук. праць ІГН НАН України. 2009. Вип. 2. С. 147–151.
10. *Стаицук М.Ф.* Літологічні особливості давньопалеозойських відкладів Середнього Придністров'я // Праці ІГН АН УРСР. Сер. стратиграфія та палеонтологія. 1958. Вип. 21. 43 с.
11. Стратиграфія УРСР. Т. 2. Рифей–венд. К.: Наук. думка, 1971. 273 с.
12. *Ткачук Л.Г., Жовинський Е.Я.* Петрографія домезозойських осадочних порід Поділля. К.: Наук. думка, 1972. 128 с.
13. *Юдович Я.Э.* Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, 1981. 276 с.

**PETROGRAPHIC-PETROCHEMICAL ASPECTS  
OF THE UPPER VENDIAN TERRIGENOUS ROCKS FORMING  
(SOUTH-WESTERN PART OF THE EAST-EUROPEAN PLATFORM)**

**T. Sokur**

*Institute of Geological Sciences of NASU  
O. Honchar St. 55b, UA – 01054, Kyiv, Ukraine  
E-mail: Sokur@ua.fm*

Lithological and petrochemical investigations of Upper Vendian terrigenous rocks from the south-western part of the East-European Platform have been conducted. On the basis of the got results with the use of geochemical constants the sources of clastic material and composition of delivering areas have been discovered, as well as the zones of different mineral-forming.

*Key words:* terrigenous rocks, petrochemistry, Upper Vendian, East-European Platform.

**ПЕТРОГРАФО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
ПЕСЧАНИКОВ ВЕРХНЕГО ВЕНДА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ  
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

**Т. Сокур**

*Институт геологических наук НАН Украины  
01054 г. Киев, ул. Олесь Гончара, 55б  
E-mail: Sokur@ua.fm*

На основании литологических и петрохимических исследований терригенных пород верхнего венда юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы с использованием геохимических констант определены источники обломочного материала и состав областей питания. В результате изучения осадочных толщ выявлены зоны минералообразования.

*Ключевые слова:* терригенные породы, петрохимия, верхний венд, Восточно-Европейская платформа.

Стаття надійшла до редколегії 30.08.2010

Прийнята до друку 09.11.2010