

<https://doi.org/10.59911/conf.2023.14>

УДК 552.1/.5:551.735

## **КАТАЛИЗАТОРИ ГЕОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕРИГЕННИХ ВІДКЛАДАХ**

**Маметова Л.Ф.**

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,  
Дніпро, Україна, [wolya45@gmail.com](mailto:wolya45@gmail.com)*

На перебіг геохімічних процесів впливають гідроксильні, карбонатні та інші хімічні групи, які регулюються температурою, тиском, рН, Eh, тектонічними рухами. Дослідження виявили – провідні мінерали теригенних відкладів кварц і карбонати розчиняються і відновлюються від дії хімічних реагентів: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>.

## **CATALYSTS OF GEOCHEMICAL PROCESSES INTERRIGENOUS SEDIMENTS**

**Mametova L.F.**

*Institute of Geotechnical Mechanics named after M.S. Polyakova of the  
National Academy of Sciences of Ukraine. Dnipro, Ukraine,  
[wolya45@gmail.com](mailto:wolya45@gmail.com)*

The course of geochemical processes is influenced by hydroxyl, carbonate and other chemical groups, which are regulated by temperature, pressure, pH, Eh, and tectonic movements. Studies have revealed that the leading minerals of terrigenous sediments, quartz and carbonates, dissolve and are reduced by the action of chemical reagents: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>.

**Вступ.** Вернадський В.І. у роботі „Очерки геохимии” визначив геохімію як науку історії атомів у земній корі. Його ідеї розвивали А.Е. Ферсман (1939), Д.С. Коржинський (1953), І.І. Танатар (1959), В.В. Щербина (1974) та багато інших вчених. Перебіг геохімічних процесів серед гірських порід будь-якого походження є предметом прискіпливого і детального дослідження. Він залежить від ряду чинників, серед яких: температура, тиск, рН, Eh, тектонічні рухи та інше. Кожний із численних вітчизняних [1–3] і закордонних [4–5] науковців визначав свої послідовні ряди активності та рухомості хімічних елементів і сполук. Д.С. Коржинський розглядає дифузію

хімічних елементів як процес, що діє через нерухомі порові розчини – це дифузійний метасоматоз (або „околотрещенный”). Метасоматоз зумовлений течією розчинів він називає інфільтраційним. Рухомість хімічних елементів цей дослідник визначає не ефективним радіусом чи енергетичним коефіцієнтом, а по інертності чи рухомості компонентів і дає такий ряд їх рухомості від найрухоміших:  $H_2O$ ,  $CO_2$ , S,  $SO_3$ , Cl,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ , F, CaO,  $O_2$ , Fe,  $P_2O_5$ , BaO, MgO,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  до слабо рухомих – останніх в переліку сполук. Ця послідовність характерна як для дифузійного, так і для інфільтраційного типу геохімічних перетворень. Отже, одним із активних реагентів геохімічних процесів у гірських породах є вода. Вона присутня в рідкому та газоподібному стані, у формі гідратів різноманітних елементів, як активний OH-іон. Вода адсорбується на поверхні мінеральних зерен у вигляді шару товщиною в одну молекулу і міцно утримується завдяки ненасиченим валентним зв'язкам на поверхні кристалічних твердих речовин [3, 4, 5].

Явища розчинення і новоутворення мінералів починаються в діагенезі і тривають після консолідації осадків та їх перетворення в породи. Діоксид кремнію в теригенних породах присутній як кварц і в наведеному переліку належить до малорухомих. Поведінка кварцу та інших форм кремнезему, перетворення його і супутніх сполук із зміною термодинамічних умов зацікавили вчених у зв'язку з їх різноманітним застосуванням у сучасних технологіях [6].

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Дослідження співробітників ІГТМ НАН України зосереджені на особливостях геохімічних процесів серед гірських порід, у складі яких кварц і карбонати є провідними мінералами. Як відомо, в сухому стані кварц навіть при високих тиску і температурі є крихкий, але спостереженнями та експериментами доведено – в лужному середовищі – за умови рН 9 і більше – гідратація викликає повільне розчинення кристалічного кварцу і на порядок інтенсивніший цей процес в аморфних відмінах кремнезему [3]. Гідроліз сильного зв'язку Si–O–Si призводить до заміни його на слабку форму та утворення силанольних груп типу Si–OH·HO–Si, які сприяють процесу дифузії та міграції дислокацій структури (Крісті) [4].

Адсорбовані шари води полегшують міжзернову міграцію атомів та деформацію типу повзучості [5]. Присутність водного флюїду і напруга сколювання підсилюють каталітичний ефект швидкості геохімічних реакцій [4, 5, 7]. Особливості перебігу цих реакцій залежать від природи і розподілу структурних порушень: точкові дефекти, дислокації і границі зерен прискорюють перенесення речовин. Можливість утворення зародків (мінералів), з яких починається будь-який хімічний процес, зростає в присутності дислокацій. Мета наших досліджень – встановлення особливостей геохімічних процесів серед осадових відкладів, каталізаторів їх інтенсивності..

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Зразки для досліджень відбирались із керну свердловин та гірничих виробок. Вивчення прозорих шліфів виконувалось автором і співробітниками ІГТМ (мікроскоп ПОЛАМ Р – 111 і фотокамера ДСМ – 200) із залученням аналітичних методів дослідження.

**Отримані результати, їх обговорення.** Дослідження теригенних порід, зокрема пісковиків з вугільних родовищ, виявили, що зерна кварцу з деформованою структурою є «майданчиком» для гідролітичних реакцій і новоутворення таких мінералів як: кальцит, каолінит, дикіт, хлорит, ларніт [7]. Перші два мінерали – кальцит і каолінит – спостерігались у двох генераціях, а саме: в цементі та на зернах кварцу. В структурній перебудові цих мінералів крім температури і тиску, бере участь порова і міжшарова вода (конституційна). В пісковиках карбону трансформацію карбонатів і зміну показників рН засвідчує гідроліз розсіяних седиментаційних сидеритів з утворенням облямівки кальциту, стійкого у нових умовах середовища. Гідроліз первинних карбонатів: кальциту – магнезиту – сидериту зростає від першого до третього мінералу, особливо за умови деструкції розсіяної органічної речовини. Присутність розсіяної в породі органічної речовини (РОР) хоч у пісковиках, хоч у аргілітах активізує гідрослюдидацію. Органічні сполуки виступають як низькомолекулярний реагент, який активно взаємодіє з поверхнею силікату, що призводить до деструкції каолініту. В силікатних мінералах тонкозернисті відміни характеризуються здатністю утворювати на недосконалий поверхні центри, на яких хемосорбуються органічні групи –

серед них метан (Г.О. Кульчицька, 2002, 2009). Дослідження шаруватих силікатів (Е.Г. Куковський, 1973–1984; В.С. Мельников, 1974 та ін.) виявили взаємозв'язок між ОН-модифікаціями і динамічний характер водневого іону (протону). Цей протон має здатність переміщатись всередині кристалічної структури, переходити в середовище при дегідратації, впроваджуватись у структуру безводних мінералів. Рівновага дисоціації ОН-груп залежно від їх властивостей зміщується у бік утворення або  $H_2O$ , або  $H_2$ . Схему дисоціації і конденсації ОН-груп визначають катіони (кислотні чи основні), з якими вони зв'язані або ті, що їх оточують. Гідроксили біля атомів лужних елементів конденсують з утворенням  $H_2O$ , присутність кислотних зміщує рівновагу в бік утворення  $H_2$  [8, 9]. За даними науковців (Павлишин, 1983; Курило, 1986, 2001; Кульчицька, 2009) Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка рН розчинів включень з вуглекислою в зернах кварцу з жил Донбасу становить  $8,0-8,9 \pm 0,2$ , температура гомогенізації – від  $350^\circ$  до  $130^\circ$  С, тиск – понад  $6 \cdot 10^4$  КПа; в кальциті включення гомогенізувались в інтервалі від  $100^\circ$  до  $250^\circ$  С і тиску від 100 до 200 МПа. Отримані показники процесу аутигенного мінералоутворення загалом збігаються з результатами інших експериментів (аналізи методами піролітичної газової хроматографії, органічної геохімії, термобарогеохімії та ін.). Поява дрібних кристаликів кальциту по контуру зерен кварцу в пісковиках карбону свідчить про дискретність геохімічних процесів і короткий період рівноваги з середовищем для першого з названих мінералів в умовах рН 7,8–8,5. Швидка зміна лужності середовища у бік зростання викликає розчинення кварцу і наступну регенерацію. Сприяє процесу також недосконалість і висока дефектність кремнекисневої сітки кварцу. за умови невеликої товщини шарів і присутності на їхній поверхні структурних ОН-груп та кутової неузгодженості (в середньому  $60^\circ$ ) оптичних осей на контакті, розчиняється те зерно, яке знаходиться в напруженому стані (Кульчицька, 2009; Кушнір, Яремчук, 2011; Маметова, 2011; Saruwatarietal., 2004). присутність води у вигляді адсорбційної плівки підсилює каталітичний ефект і швидкість реакцій. Роль води полягає в гідролізі сильного зв'язку Si–O–Si на лініях дислокацій та

утворенні силанольних груп (Si–OH·HO–Si) менш «жорстких», ніж зв'язки Si–O.

**Висновок.** На підставі дослідження вторинних перетворень мінералів теригенної товщі вугільних родовищ як каталізатори та інформаційні показники геохімічних, тектонічних процесів виокремлено такі мінерали: кальцит, каолінит, кварц. Явища гідролізу як складова частина першого з цих процесів фіксуються новоутвореними облямівками: а) кальциту довкола сидериту; б) суцільними або фрагментарними ділянками регенераційного кварцу на периферії уламків зерен, які є показниками хімічної активності порових розчинів. Встановлені три генерації кальциту: а) перша (рання) – по периферії сидеритових включень; б) друга (цемент) – корозійна; в) третя – з'являється в деформаційних смугах. Каолінит і карбонати у взаємодії з вуглефікованими рослинними рештками, органікою є постачальниками води для гідролізу в консолідованому гірничому масиві. Новоутворений каолінит (2-а генерація) спостерігається на зернах кварцу, нерідко в його деформаційних смугах. Встановлені закономірності поширення різних типів деформації структури кварцу. Вони інформують про дію тектонічних рухів і служать шляхами для розчинів, дозволяють виконати певну реконструкцію геологічних процесів

Саме застосування геохімічних ідей в практику геологорозвідувальних робіт разом з масовим вимірюванням поширення елементів призвело до зростання ефективності пошуків корисних копалин.

#### Перелік використаної літератури

1. Щербина В.В. Геохимические факторы минералообразования в осадочных комплексах /Минералогия осадочных образований. Киев, Наукова думка, вип.1. 1974. С.10–15.
2. Вопросы геохимии, минералогии, петрологии и рудообразования: / Сборник научных трудов. Киев, 1979. 224 с.
3. Мицюк Б.М. Физико-химические превращения кремнезема в условиях метаморфизма / Б.М. Мицюк, Л.И. Горогоцкая. Киев : Наукова думка, 1980. 236 с.
4. Ardell A.J., Christie J.M., Tullis J.A. Dislocation substructures in deformed quartz rocks. Cryst. Lattice Defects 4, p. 275–285 (1973)./ Electron microscopy in mineralogy. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1976.

5. Fyfe W.S., Price N.J., Thompson A.B. Fluids in the Earth's Crust. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam – Oxford – New York 1978. 435 p.

6. Кушнір С.В. Незвичні ефекти стискування кристалічної ґратки внаслідок висушування гідратованого подрібненого кварцу / С.В. Кушнір, Я.В. Яремчук // Мінералогічний журнал, 2011. том 33. № 3. С. 21–27.

7. Маметова Л.Ф. Процеси розчинення і регенерації мінералів в пісковиках вугільних родовищ /Л.Ф. Маметова // Геотехнічна механіка. 2015. № 122. С. 129–137.

8. Куковский Е.Г. Слоистые силикаты в процессах минералообразования / Е.Г. Куковский // Проблемы кристаллохимии и генезиса минералов. Л.: Наука, 1983. С. 47–50.

9. Кульчицька Г.О. Закономірності зміни вмісту та розподілу легких компонентів у мінералах. / Г.О. Кульчицька, Д.К. Возняк, С.С. Остапенко // Мінералогічний журнал, том 31. №2, 2009. С. 48–57.