

УДК

ПРО ФОРМУВАННЯ ГРАНУЛЯРНИХ КОЛЕКТОРІВ НАФТОГАЗОВИХ ПОКЛАДІВ

Р. Смішко

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
геологічний факультет, кафедра загальної та регіональної геології,
вулиця Грушевського, 4, 79005, Львів, Україна,
e-mail: zaggtjl@franko.lviv.ua*

Розглянуто особливості розвитку порід колекторів у процесі міграції вуглеводнів. Звернуто увагу на вплив реакційно активізованого флюїду системи нафта–вода на розчинення деяких мінералів. Названо ймовірні джерела органічних речовин, що впливають на підвищення реакційної здатності флюїду. Зроблено висновок про мінералогічні ознаки розшуків вторинних колекторів.

Ключові слова: гранулярний колектор, флюїд, органічна речовина, кремнезем, кварц, вуглеводні.

З'ясування перспективності глибоких горизонтів для розшуків покладів вуглеводнів, у тому числі так званих сланцевих газів, видобуток яких пов'язаний з надтонкою та капілярною пористістю газомісних товщ, спонукає з особливою гостротою ставити питання наукового прогнозування їх наявності, розміщення та якості. З огляду на це надзвичайно актуальною є проблема теоретичного обґрунтування умов формування вмисних порід на великих глибинах.

Нижче розглянуто проблемні питання впливу органічних і, зокрема, біогенних сполук на перетворення уламкових порід за умов катагенезу, з чим пов'язані зміни їхньої пористості та певною мірою тріщинуватості, тобто саме колекторських властивостей, що є визначальним для утворення відповідних покладів.

Вплив органічних сполук на формування вторинних мінеральних асоціацій осадових порід вивчають уже майже 150 років [7]. Проте ці дослідження були, швидше, епізодичними, зокрема, у разі з'ясування питань, що стосуються геології. Найбільше уваги в ході експериментальних робіт дослідники приділяли вивченню водної хімії кремнезему, його рухомості та форм перенесення в нейтральних водах у зв'язку з органічною речовиною. Однак багато питань, які стосуються фундаментальних проблем хімізму середовища, джерел кремнезему для утворення кременистого, зокрема і кварцового, цементу пісковиків, механізму формування вторинної пористості порід не з'ясовані. Зайве наголошувати на науковій та практичній цінності таких робіт для нафтогазової геології, гірничої справи, а також розгляді теоретичних питань літогенезу.

Дещо далі у вирішенні окремих проблем розчинності мінеральних речовин пішла біохімія та медицина, де об'єктом досліджень були і деякі мінерали [6].

Низка праць Е. Чекалюка [4 та ін.] присвячена взаєморозчинності системи вода–нафта за різних P – T -умов. На підставі експериментальних досліджень та розрахунків учений обґрунтував таку можливість для пластових умов. Отже, на відповідних глибинах міграція флюїду може відбуватися з екстракцією вуглеводнями та розчиненням і включенням у систему флюїду нового комплексу органічних сполук, розсіяних у породі, чим активізується реакційна здатність розчину. Такий активізований флюїд здатний розчинити значно більші кількості “нерозчинних” мінеральних компонентів породи, у тому числі глинисті мінерали, окисли, силікати.

Експерименти з розчинення кварцу (найстійкішого до розчинення мінералу) засвідчили, що його розчинність у водних розчинах з органічними кислотами зростає більше ніж на порядок. За подальшої консервації системи та її знерухомилення в пастках відбувається доволі швидкий розпад більшості органічних сполук і кремнезем викристалізовується в порах породи, у тому числі у формі найдрібніших голчастих кристалів кварцу. Такі утворення ми виявили в ході вивчення матеріалу глибоких свердловин Передкарпаття (св. Піги-1), Дніпровсько-Донецької западини (Яблунівська площа) та північної частини Донецького басейну, де знайдено специфічні породи, які під час польового опису діагностовані як кварцитоподібні пісковики. Без сумніву, такі пісковики не могли розвинути як первинно осадові, що підтверджено електронно-мікроскопічними дослідженнями зі збільшеннями від 20 000 до 60 000 разів. Кристали кварцу в порах мають розмір від найменших зародкових до 0,2–0,3 мм. Процеси вторинного мінералоутворення, за даними термобарогеохімічних досліджень, обмежені в осадових товщах переважно порівняно невисокими температурними параметрами – 120–150 °С.

Гідротермальна гіпотеза походження рудних покладів доводить, що метали виносяться з магми під час її кристалізації у формі водних розчинів. Проте більшість транспортних сполук має низьку розчинність, що викликає сумніви в можливості перенесення великих об’ємів речовини. Роль води значно підвищується, коли вона переходить у стан перегрітої пари (600 °С). Однак такі температурні умови для нафтоносних басейнів є винятковими.

Низка геохімічних досліджень пов’язана з вивченням швидкості перебігу реакцій за низьких температур і тисків, зокрема, це стосується і кварцу, який найчастіше формує переважну частину уламків у кластичних породах-колекторах. В умовах осадових товщ його розчинність є надзвичайно низькою і за різними даними становить від 6 до 14 мкг/л. Інші форми кремнезему залежно від температурних умов можуть мати вищу розчинність. Розчинність кварцу дуже залежить від фізичних чинників: свіжоподрібнений кварц розчиняється набагато ліпше, ніж добре обточені зерна. Проте саме обточені зерна переважають у складі кластичних осадових порід. Зазвичай на поверхні зерен кварцу в пісках розвивається “захисна” плівка з адсорбованих поверхнею валентних збалансованих шарів оксиду алюмінію та заліза. Ця захисна плівка для переходу кварцу в розчин повинна бути зруйнована. Такими “руйнівниками” можуть бути деякі органічні сполуки, зокрема, цукри та амінокислоти [5]. Такі та подібні речовини можуть зберігатися як у похованих ґрунтах, так і в давніх осадових породах.

Важливою особливістю процесів субаквального седиментогенезу є те, що більшість осадів відкладалась і формувалась за умов їхнього насичення органікою біогенного походження. Для наших досліджень найважливішою була “залишкова” органіка, законсервована у сформованій породі як її складовий елемент. Відомо, що в глинистих породах її кількість може перевищувати 2 %. Усі процеси, які відбуваються в породі під дією

різних геологічних чинників, відповідно, позначаються і на цій органіці. Наприклад, за умов переміщення флюїду деяка частина мінеральної складової розчиняється в породі, що веде до збільшення порового простору та зміни його структури. З іншого боку, винесення розчину, збагаченого мінеральним компонентом, локалізувалось у застійних зонах, де розкristалізація мінеральної речовини сприяла ущільненню порід завдяки зменшенню її пористості. Саме в порах викристализувались кременисті та карбонатні мінерали. Вторинні утворення карбонатних мінералів досить поширені в зоні водо-нафтового контакту. Під час вертикальної міграції розчину вгору через капілярне середовище поліпшувалась якість покритишки разом із частковою зміною мінерального складу глин у напрямі каолінізації. Звернувши увагу на це, деякі дослідники пропонують визначати як перспективні для розшуків нафтогазових покладів ділянки із такими змінами, тим більше, що ці зміни можна фіксувати і в приповерхневих зонах.

Звернемо увагу також на деякі археологічні знахідки, які підтверджують здатність органічних сполук, що утворюються в ґрунтах як фермент кореневої системи рослин, суттєво впливати на зміни мінерального складу магматичних порід. У ході вивчення неолітичних кам'яних сокир IV тисячоліття до н. е. зафіксовано цікаву закономірність: поверхні цих виробів з базальту, які контактували з непроникними для поверхневих вод глинами, були майже не звітрені. Натомість поверхні, які контактували з ґрунтом, були активно звітрені на глибину до 2–3 мм. Плагіоклази частково каолінізовані [3].

На моделі родовища Екрінг було проілюстровано деякі механізми, які зумовлюють зв'язок органічної речовини з осадовими утвореннями. Нестабільні вуглеводні, проникаючи в перекривні породи, створюють дуже реакційні умови. Тріщини, які виникли в процесі формування антикліналі, були заповнені такими вуглеводнями, які реагують з глинистими мінералами, утворюючи серицитові скупчення [5]. Багато дослідників вважає, що і цементация осадів відбувається за сприяння металоорганічних реакцій, які відбуваються в морських водах порівняно швидко. Біогенетичні реакції мають теж важливе значення для становлення та руйнування порід. Під час руйнування перш за все відбувається розчинення найменш стійкої мінеральної асоціації, яка в уламкових породах сконцентрована саме в цементі. Отже, зростатиме об'єм порового простору. Це, зокрема, стосується силіцит-глинистого та карбонатного цементів.

Для підтвердження можливостей розчинення кварцу під час взаємодії з кров'яною сироваткою проведено експеримент тривалістю у два роки. Уламки кварцового скла були вживлені в організм. У разі їхнього вилучення зафіксовано, що свіжі сколи мали матову поверхню, а гострі краї на ребрах сколу були дещо зглажені.

Ми не розглядали процесів змін біогенної речовини, оскільки вони досить відомі, проте без впливу на такі перетворення мінерального компонента. Наслідком таких перетворень є вторинні зміни, аутигенна мінералізація, метаморфізм органічних решток. Найповніше ці процеси можна спостерігати у вугленосних, нафтоносних товщах, а також у комплексах перекривних порід, підданих дії органічних сполук під час вертикальної міграції збагачених органікою флюїдів і відповідно змінених, що спонукало дослідників використовувати наявність таких змін як розшуковий критерій. Зазначимо, що детальні петрографічні дослідження вуглевмісних порід дають підстави вважати таке: деякі перетворення мінеральної речовини, аутигенне мінералоутворення, у тому числі вторинний кварц, плагіоклази, деякі глинисті мінерали утворились під час перекристалізації під впливом органічних сполук, очевидно, у водних розчинах. Можливий також вплив вуглеводнів на вторинні перетворення, зокрема, процеси каолінізації [2, 3].

Про кристалізацію кварцу з низькотемпературних розчинів, насичених вуглеводнями, свідчать виявлені рідкі вуглеводні в газово-рідинних включеннях кристалів кварцу ("мармароські діаманти") [1]. Усі дослідники зазначають про надзвичайно низьку розчинність кварцу, силікатів та алюмосилікатів у породах при $\text{pH} = 7$ і температурах від $+20$ до $100\text{--}150$ °С. Отже, в умовах формування та розвитку більшості осадових формацій $P\text{--}T$ -умови не сприяли їхньому розчиненню та комплексуванню, без чого неможливе перенесення та рекристалізація з мінералоутворенням. І хоча більшість кластів осадових порід представлена саме магматогенними мінералами, проте їхня хімічна стійкість протягом тривалого часу дає змогу їм без суттєвих змін співіснувати з поверхневими утвореннями.

Як уже зазначено, у деяких глибоких свердловинах Передкарпатського прогину, Дніпровсько-Донецької западини, у вугленосних товщах Донецького басейну виявлено специфічні кварцитоподібні пісковики, у яких кварц (крім регенераційного) представлений кристалічними новоутвореннями.

Відомо, що оксид кремнію в усіх його формах є надзвичайно слабкорозчинною сполукою. І саме розчинність кварцу найнижча. Розчинність кремнезему зростає лише за високих температур, які супроводжують гідротермально-пневматолітові процеси. За високих значень pH розчинність SiO_2 досягає рівня, з яким можна пов'язувати процеси окварцювання. Проте в природі такі умови трапляються досить зрідка. Згідно з експериментальними даними, у разі підвищення температури від 0 до 100 °С розчинність кремнезему зростає від $50\text{--}80$ до $360\text{--}420$ мкг/г (за К. Б. Краукопфом). І хоча розчинність кварцу є найнижчою, він найчастіше трапляється як новоутворення у формі регенераційних оторочок та індивідуальних кристалів.

У працях, які стосуються впливу різних органічних сполук на еволюцію осадових, наголошено на їхньому впливі на розчинення та подальшу кристалізацію мінералів. Зокрема, малорозчинні у воді мінерали, у тім числі силікати, під впливом деяких органічних сполук (Na-АТФ в експериментах К. Нойберга та У. Еванса) легко переходять у розчин. Розкладення ж органічної речовини з часом веде до кристалізації мінералу з розчину. Формуються стійкі в нових умовах асоціації мінералів.

Реакційноздатні вуглеводні утворюються під час міграції їхніх водних розчинів або самостійного компонента через пористе породне середовище, з якого екстрагуються деякі компоненти розсіяної органіки. Такі розчини стають більш реакційноздатними та агресивними стосовно мінерального середовища. Тобто під час міграції відбувається розчинення деякої кількості низки мінералів, унаслідок чого утворюються металоорганічні сполуки. В міграції беруть участь також елементи, які у звичайних геохімічних процесах є малорухливими. До таких передусім належать алюміній, залізо, кальцій.

Первинноосадову кластичну породу загалом можна представити як карбонат-польовошпат-глинисто-кварцову мінеральну асоціацію. У ході подальших перетворень у процесі катагенезу за участю органічних сполук відбувається руйнування польових шпатів, перетворення глинистих мінералів, розчинення карбонатів. Кварц частково піддається перекристалізації, і його кількість може зрости завдяки SiO_2 . Формується стійкіша карбонат-каолін-кварцова асоціація, у якій карбонат є непостійною складовою частиною. Зазвичай пористість породи в цьому разі зростає. Під впливом органічних сполук деякі елементи переходять у розчин і виносяться як металоорганічні комплекси. Видалення алюмінію та трансформація окису кремнезему з шаруватої структури (глинисті мінерали) в каркасну кварцу зумовлює зменшення об'єму мінеральної частини

первинної породи, що сприяє розвитку пористості, а отже, і поліпшенню колекторських властивостей породи.

Підтвердженням впливу нафтової органіки на перекристалізацію кремнезему можуть слугувати виявлені нами мікрограні кристалів кварцу у включеннях на контакті нафтового включення в зерні кварцу, де кварц регенерований.

Отже, нафтовий флюїд, проникаючи крізь пористе породне середовище, під дією тектонічних процесів не лише не консервує первинний мінеральний склад породи з припиненням геохімічних змін, а й значно їх інтенсифікує завдяки формуванню агресивного мігрувального флюїду. Цей флюїд додатково впливає на розвиток колектора. Такий процес може впливати як на поліпшення колекторських властивостей, так і на консолідацію покритишки внаслідок перерозподілу алюмінію та каолінізації товщ, які покривають гранулярний колектор пасток.

Для виявлення розвитку вторинних колекторів і прогнозування їхнього поширення та локалізації необхідне вивчення пісковиків та комплексу глинистих мінералів, що дасть змогу визначити найважливіші каолініт-кварцові асоціації, а також вторинні пористі "кварцити" як перспективні об'єкти для розшуків нафтових і газових родовищ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Зациха Б. В.* Включения углеводородов в гидротермальном кварце Закарпатской металлогенической провинции / Б. В. Зациха // Углеводород и его соединения в эндогенных процессах минералообразования. Сб. науч. ст. – Львов, 1975. – С. 25–30.
2. *Комский Н. М.* Некоторые особенности эпигенеза глинистых пород нефтегазоносных площадей / Н. М. Комский, Г. Л. Трофименко // Геохимия. – 1986. – № 7. – С. 1012–1022.
3. *Михальчишин І. Р.* Кам'яні бойові сокири на території Передкарпаття та Волині / І. Р. Михальчишин, Р. М. Смішко, О. Р. Смішко // Зб. наук. праць НТШ. – 2001. – Т. 32. – С. 21–28.
4. *Чекалюк Э. Б.* Предельные давления генерации угольных газов в процессе метаморфизма углей / Э. Б. Чекалюк // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1990. – Вып. 74. – С. 1–4.
5. *Энергли У.* Аналитическая геохимия / У. Энергли, Л. Брили. – Л. : Недра, 1975. – С. 296.
6. *Ewans W.D.* Trans. Inst. Mining Met. / Ewans W.D. – 1955. – N 65. – P. 13.
7. *Julien A.A.* On the geological action of the humus asids / A. A. Julien // Amtr. Assoc. Adv. Sci. Proc. – 1879. – Vol. 28. – P. 311–410.

*Стаття: надійшла до редакції 30.10.2013
доопрацьована 02.10.2013
прийнята до друку 04.11.2013*

ON THE FORMATION OF GRANULAR OF COLLECTORS OIL AND GAS DEPOSITS

R. Smishko

*Ivan Franko National University of Lviv,
geological faculty, department of general and regional geology,
Hrushevsky Street, 4, 79005, Lviv, Ukraine,
e-mail: zaggtjk@franko.lvsv.ua*

Organic substance of biogenic origin takes an active part in the forming of sedimentary rocks. Interaction of mineral (inorganic) part of rock with organic matter is obvious. Activation of fluid's reaction ability during tectonic movements (folding) is depended on their additional saturation by organic matter during migration that leads to recrystallization of primary rocks and development of secondary porosity.

Key words: granular collector fluid, organic matter, silica, quartz, hydrocarbons.

О ФОРМИРОВАНИИ ГРАНУЛЯРНЫХ КОЛЕКТОРОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Р. Смишко

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
геологический факультет, кафедра общей и региональной геологии,
улица Грушевского, 4, 79005, Львов, Украина,
e-mail: zaggtjk@franko.lvsv.ua*

Рассмотрено особенности развития пород-коллекторов в процессе миграции углеводородов. Обращено внимание на влияние реакционно активизированного флюида системы нефть–вода на растворение некоторых минералов. Указано вероятные источники органических веществ, влияющих на повышение реакционной способности флюида. Сделан вывод о минералогических признаках поисков вторичных коллекторов.

Ключевые слова: гранулярный коллектор, флюид, органическое вещество, кремнезем, кварц, углеводороды.