ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

УДК 551.131

ГЕОДИНАМІКА КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Г.І.Рудько
НАК "Надра України", 01034,Київ ,вул.Володимирська,34, тел.(044)2286661,
e-mail: nadra@g.com.ua

С.К.Вишинський

На примере геодинамической модели дискретной геологической среды Карпат, Предкарпатского региона и окраины платформы, на основе анализа зональности «нефть-газ-сера» и миграционных процессов подземных вод, рассматривается эколого-геологическая проблематика и условия организации геологической среды, где геодинамика является индикатором состояния геологической среды.

There have been considered the ecological and geological problems and conditions of organization of geological environment, where geodynamics is the indicator of the condition of geological environment, by the example of geodynamic model of geological environment of Carpathians, Precarpathian region and the platform margin, on the basis of the analysis of the zones "oil – gas – sulphur" and processes of the migration of the underground waters.

Еколого-геологічну проблематику геодинамічних моделей не можна розглядати відірвано від умов організації геологічного середовища, від яких значною мірою залежить той ресурсний потенціал, який є індикатором екологічного стану цього середовища. Багаторічний досвід практичної та наукової роботи щодо оцінки геологічних ризиків і техногенно-екологічної безпеки в межах різних природно-територіальних комплексів та типів геологічного середовища засвідчує пряму відповідність певного об'єму ГС комплексові екологічних показників його елементів, ресурсному потенціалу та відповідним геологічним процесам. На підставі всебічного аналізу досліджуваної проблеми вибрано критерій, який дасть змогу схарактеризувати екологічний стан ГС. Його названо «екологічною ємністю геологічного середовища».

Екологічна ємність геологічного середовища – це інтегральні показники, які характеризують геодинамічні, геохімічні, гідродинамічні, радіоекологічні процеси, що відбуваються в межах досліджуваного об'єму геологічного простору як у природно-історичному, так і в техногенно зміненому режимах, створюючи відповідні екологічні умови функціонування геосистеми "людина—геологічне середовище".

Головні екологічні чинники цієї складної системи визначають ГС як мінеральну основу біосфери, головного постачальника енергетичних ресурсів та літосферний простір для будівництва інженерних споруд і комунікацій. Зазначимо, що низка процесів, які самі по собі не є катастрофічними, в процесі сумарного ефекту підсилення (синергетичні ефекти) стають такими.

Якщо екологічну ємність ГС формалізувати до рівня алгоритмів та рівнянь, то її можна описати співвідношенням

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{[V][LS][t][\sum P][\sum T]}}{\mathbf{[Heod][Heox][Hidro][Rad]}}, \qquad (1)$$

де: E – ємність ГС; [V] – об'єм ГС; [LS] – літолого-стратиграфічні комплекси ГС; [t] – тектонічна організація ГС; [$\sum$P] – природні умови і чинники стану ГС; [$\sum$T] - техногенні умови і чинники

стану ГС; [Heod] – геодинамічні процеси; [Heox] – геохімічні процеси; [Hidro] –гідрогеологічні процеси; [Rad] - радіоекологічні процеси.

Екологічна ємність ГС значною мірою визначає стійкість цього середовища до впливу природних і антропогенних чинників. Стійкість геологічного середовища можна формалізувати так:

$$\mathbf{СГС} = \frac{\mathbf{ПУП} + \mathbf{ТУП}}{\mathbf{ПСГС} + \mathbf{ТСГС}}, \qquad (2)$$

де: СГС – стійкість ГС; ПУП– природні умови геологічних процесів; ТУП – техногенні умови геологічних процесів; ПСГС – природна стійкість ГС; ТСГС – техногенна стійкість ГС.

Зазначимо, що диференціація і ємність ГС залежать від його типу. Кожному типу геологічного середовища відповідає його певна екологічна ємність, яка і може стати інструментом регулювання техногенного навантаження. Стійкість ГС до техногенних порушень та екологічна ємність можуть бути тими параметрами, за допомогою яких оцінюватимуть екологічні функції літосферного простору. З метою підтвердження цього, розглянемо геодинамічну модель дискретності геологічного середовища Карпат, Передкарпаття та окраїни платформи на підставі аналізу зональності «нафта–газ–сірка» та міграційних процесів підземних вод.

Передкарпатський нафтогазоносний басейн – це класичний приклад зонального поширення нафтових та газових родовищ, зумовлених седиментацією, нафтогазоутворенням, міграцією, акумуляцією, перерозподілом та руйнуванням сформованих родовищ.

Головні відомі нафтові родовища розташовані переважно в Бориславсько–Покутській підзоні Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, родовища газу є у Зовнішній зоні прогину, яка формувалась протягом тортонського та сарматського часів. Основні поклади природного газу належать тут до пісковиків тортонського та сарматського ярусів, рідше – пісковиків верхньої крейди та тріщинуватих вапняків верхньої юри.

Значну роль у будові зони відіграли поздовжні та поперечні розломи, які перетинають газоносну товщу. Складний зв'язок тектонічних особливостей та літолого-стратиграфічної будови площі зумовив сприятливі умови в одному випадку для міграції газу в горизонтально-вертикальному напрямі, а в іншому – для накопичення його в структурах та пастках. У розрізі газоносної товщі потрібно виділити два газоносні яруси дотираського рівня, куди входять піщані і карбонатні породи верхньокрейдового та нижньотортонського віку, і тортон-сарматський ярус. За В.І. Колтуном (1966) серед порід верхньої крейди властивості колекторів мають піски та пісковики, які дуже потужні у центральній частині басейну. Серед нижньотортонських відкладів колекторами газу могли бути піски та пісковики баранівського і нараївського горизонтів зі значним площинним поширенням і місцями значною потужністю. Головним покриттям для юрських та крейдяних покладів є гіпсоангідритовий горизонт тираської світи, який має тут практично загальне поширення; зверху він підкріплений косівськими глинистими відкладами. Коефіцієнт фільтрації косівських глин не перевищує 0,001 м/добу. Це дає змогу віднести їх до водотривких. Тому можна стверджувати, що характер залягання горизонту визначає напрям міграції газів у підгіпсоангідритових горизонтах. Пересування вуглеводів (CH_4) тут відбувається, головно, під дією гравітаційного чинника і під впливом газонапірного режиму підняття екранувального гіпсоангідритового горизонту. Безпосередній вихід горизонту до сіркоконтролювального розлому відкриває шлях для надходження метану в цей розлом, зона якого є найбільш проникною, оскільки внаслідок просідання Передкарпатського прогину в осадовій товщі відбувається розрив з розтягуванням, а плащоподібні косівські глини, що перекривають його, екранують втрату метану в атмосферу. Кількість газу, який надходить до розлому, за інших однакових умов повинна прямо залежати від кута нахилу екрана та його розмірів. Нахил екранувального горизонту в протилежний бік, навпаки, сприяє відведенню метану від розлому в бік Внутрішньої зони прогину; цим шляхом він до тираських відкладів не надходить. Перша обставина добре підтверджена на Немирівському і Язівському родовищах, а друга – в районі Молошковецького та Речичанського проявів, а також на відрізку між Подорожненським родовищем та Лисецьким проявом.

Головні родовища сірки розташовані на межі платформи в тих місцях, де до рудоконтролювальних розломів найближчими є ділянки платформи з найбільшою сумарною амплітудою неоген-четвертинних рухів земної кори. До родовищ Немирівського, Язівського, Любенського та Роздольського приєднуються ділянки з сумарною амплітудою неоген-четвертинних рухів 280–300 м. У південно-східному напрямі ізобази 280 м і більше віддалені від Калуського розлому на 10–15 км. Прикладом тяжіння сірки до найактивніших площ є Молодиченський прояв, віддалений від основного розлому в бік найактивніших ділянок. У центральній частині басейну, де

досі не виявлено родовищ сірки, ці ізобази віддаляються від розлому на 20–40 км і наближаються до нього лише в районі Тлумацького та Загайпільського родовищ, де тяжіють до активних зон. Як бачимо, описана закономірність не випадкова. Вона є виявом структурно-тектонічних рухів, які створили сприятливі умови для міграції одного з головних реагентів сульфатредукції. Такі сприятливі умови – це взаємодія тектонічних трансгресивних рухів на платформі й у Зовнішній зоні прогину.

Отже, ділянки підняття екранувального гіпсоангідритового горизонту в Зовнішній зоні, з одного боку, і найбільшої неогенової активності межі платформи, з іншого, - явища взаємопов'язані. Рух газу до сульфатних порід – процес складний. Одним з чинників просування є різниця тиску. Насичена газом вода, просуваючись, потраплятиме в умови з різною температурою та пластовим тиском.

Коефіцієнт розчинності метану при температурі 1^{O}C становить 0,054, а сірководню – 4,48. З підвищенням температури розчинність газів зменшується, зокрема, при температурі 25^{O} C вона для згаданих газів відповідно дорівнює 0,03 і 2,26. З підвищенням тиску розчинність, навпаки, збільшується. У випадку бокового зміщення тиск знижується, і газ може виділятися з рідини, тобто вода стає газованою; рух води і газу ускладнюється: його треба розглядати як рух двох фаз - води в породі з газом і газу в породі з водою. За цих умов проникність води зменшується, а газу - збільшується. У цьому випадку газ буде в розчиненому вигляді доти, доки тиск насичення не перевищить пластовий. Через фазову мінливість системи газ–вода–колектор і різну тектонічну обробку головного сіркоконтролювального розлому виникнуть різні умови для проникнення газового розчину під позитивні гіпсоангідритові структури, що разом з іншими чинниками відобразиться на перервності та характері розміщення сірчаних родовищ, на їхній різномасштабності.

Отже, висхідною міграцією метану легко пояснити приуроченість сірчаних родовищ до великих піднять під ними та відсутність їх над великими западинами. В першому випадку газ уловлюється і підводиться за принципом перекинутої воронки, а в другому – відводиться від тираських відкладів убік.

Аналогічна міграція вуглеводів з їхнім виходом до гіпсів відбувається, можливо, в колекторах крейдових та юрських відкладів. Приуроченість родовищ сірки до осьової частини та крил великих позитивних структур також пояснюють з позицій міграції CH_4. Ці структури уловлюють вуглеводи, накопичують їх і реакція відбувається більш прискорено в місцях розтягування, де постійно зростає розкривання тріщин, а не в місцях стискання, де постійною є тенденція їхнього змикання. За даними І.І. Алексенко (1967) на родовищах сіркоиосного басейну простежують великі газопрояви метану і сірководню. Зокрема, на Немирівському родовищі такий газопровід супроводжувався викидом стовпа глинистого розчину на висоту 12 м, а на Язівському дебіт газу становив 213,4 л/с; на Гуменецькому розчин та снаряд були викинуті на 15 м, а загасання газопрояву тривало три доби. Як бачимо, незалежно від того, у якому стані надійшов газ – у розчиненому чи вільному – він, перебуваючи під тиском, насичуватиме води, які містяться у вапняках тираської світи, тобто у сульфатредукції важливу роль відіграє і тиск. А це означає, що структура повинна бути достатньо герметична, щоб постійний підтік газу забезпечував необхідний режим та перевагу сульфатредукції над процесами руйнування сірки. Отже, найвірогідніші газові аномалії не над сірчаними родовищами, а за межами гіпсоангідритових структур.

Наявність висхідного до межі платформи екрана пояснює походження багатьох родовищ сірки. Оскільки ж такого екрана, який спрямовує вуглеводи, і структур, що їх уловлюють, на колосальній площі сіркоиосного басейну між Подорожненським і Тлумацьким родовищами нема, про що йшлося вище, то тут немає і великих родовищ. Описаний шлях просування CH_4 під гіпсоангідритовим горизонтом Зовнішньої зони в бік сіркоконтролювального розлому – один з головних шляхів метану крейдяних та юрських відкладів у бік гіпсоангідритового горизонту межі платформи. Хоча гіпсоангідритовий горизонт за природою є водотривким, у місцях порушення і тріщинуватості він стає водоносним, і це зумовлює перехід вод і газів з нижчих горизонтів до вищих відкладів другого ярусу.

Другий ярус утворений чергуванням газоносних пісковиків і глинистих покрить. Шляхи міграції газу тут уявляються складнішими, оскільки породи-колектри не витримані по площі і представлені прошарками та лінзами косівських пісковиків і пісків, які мають широкий діапазон фільтраційних властивостей. Незважаючи на складну фаціальну мінливість, характер залягання цієї товщі в цілому повинен повторювати залягання підстильного гіпсоангідритового горизонту, а це означає, що напрям міграції CH_4 переважно буде збігатися з міграцією газів крейди і юри.

Доказом міграції газів у цій товщі є наявність газових покладів, приурочених до позитивних структур та пасток, а також те, що всі ці поклади розташовані за межами найближчого висхідного до платформи горизонту гіпсоангідритів. Вони лише тоді наближаються до платформи, коли екранувальний горизонт нахилений у зворотний бік. Це підтверджує припущення, що міграція газу відбувається і через порушення, і через зони тріщинуватості гіпсоангідритового горизонту, тобто з крейдових та юрських відкладів у тортонські та сарматські.

Як бачимо, шлях міграційного процесу складний не тільки в одновіковому плані, про що вже йшлося, а й по вертикалі – через порушення і зони тріщинуватості, за допомогою яких створюють складну систему колекторів, сполучених між собою.

Міграція вуглеводнів – це процес їхньої не тільки сепаратації за питомою вагою та в'язкістю, а й формування та руйнування родовищ. У разі певного співвідношення в просторі лінз та прошарків колекторів може виникати шлях для міграції в бік контролювального розлому і, отже, постає вихід метану до сульфатів сірконосного басейну.

Доказом вертикального зв'язку є наявність низки газових родовищ по всьому розрізу в косівських (Кадобно, Гринівка, Косів), нижньо - (Рудки, Опари, Угерсько, Дашава, Кадобно, Кавське) та верхньодашавських відкладах (Хідновичі, Свидниця, Судова Вишня).

Основа Передкарпатського прогину має складну блокову будову, де на міоценову поверхню виходять нерозчленовані відклади силуру і девону, дністерська серія та відклади верхньої юри. Це позначилось на формуванні шляхів міграції вуглеводнів, тому що внаслідок роздрібненості основи прогину вуглеводні могли надходити безпосередньо з верхньоюрських відкладів, які Б.Й. Маєвський (1993) розглядає по всій площі Зовнішньої зони як акумулювальні. Крім того, потрібно зважати, що в цьому регіоні в межах Зовнішньої зони газових родовищ нема, а у Внутрішній зоні нафтові родовища розташовані головно у неогені. Тому найвірогіднішим шляхом міграції газу до сульфатних порід Тлумацького, Загайльського та Шевченківського родовищ був шлях під гіпсоангідритовим горизонтом.

Таке припущення стосується краю південно-східної області з моноклінальним заляганням фаціально різноманітних невеликої потужності неогенових відкладів, які порушує низка поздовжніх розривів. Це створює умови для розсіяння вуглеводнів шляхом їхнього пересування на значну відстань від зони газових родовищ (Яблунівського, Ковалевського, Косівського, Чорногузького) до сульфатних порід.

Отже, розглянута модель цілком задовільно пояснює механізм міграційних процесів щодо зональності нафта–газ-сірка. На підставі цієї моделі зроблено спробу аналогічним механізмом міграції підземних вод пояснити наявність у них надлишкової кількості стронцію в межах сірчаних родовищ.

Парагенетично зв’язок стронцію з нафтовими родовищами виявив ще О.Е. Ферсман. Крім того, стронцій досить часто використовують як нафторозшуковий критерій. Доказом міграції стронцію у підземних водах є його нерівномірний розподіл як у вертикальному розрізі геологічного середовища, так і в розподілі у воді всієї гірськоскладчастої області до краю платформи.

Якщо схарактеризувати стронцієносність вод району Роздольського сірчаного родовища, то стронцій виявлений у всіх типах вод: сульфатних, гідрокарбонатних, сульфатно-карбонатних, хлоридних та хлоридно- сульфатних. Максимальний вміст стронцію зафіксовано у високомінералізованих хлоридно-натрієвих водах крейдяних відкладів – $9{,}5\cdot10^{-2}$ г/дм^3, що пояснюється збільшенням розчинності солей стронцію в присутності NaCl. У водах гідрокарбонатного складу вміст стронцію дуже низький ($2\cdot10^{-4}$ г/дм^3).

За результатами виконаних досліджень визначена як вертикальна, так і горизонтальна гідрохімічна зональність стронцієвих підземних вод та їхня міграція по системі тектонічних тріщин із гірськоскладчастої області в бік платформи.

Механізм концентрації стронцію у високомінералізованих водах контролює його висока здатність розчинятися прямо пропорційно до концентрації солей хлору у розчині. Згідно з дослідженнями найбільш збагачені стронцієм підземні води (розсоли) хлоридно-натрієвого складу, пов’язані з родовищами вуглеводнів. Вони є постачальниками стронцію у процесі формування епігенетичних покладів целестину. В подальшому стронцій, потрапляючи в зону аерації, створює екологічно несприятливі умови для здоров’я населення.

Отже, дослідивши міграційні процеси флюїдів і газів, зазначимо, що реально екологічні функції геологічного середовища можна оцінити на підставі відповідних реконструкцій геодинамічних моделей.