УДК 556.5:550.4

ОСМОТИЧНІ ПРОЦЕСИ В ОСАДОВІЙ ТОВЩІ ЗЕМЛІ

С.В. Кушнір

(*Рекомендовано чл.-кор. НАН України М.І. Павлюком)*

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,
E-mail: igggk@mail.lviv.ua
Старший науковий співробітник, кандидат хімічних наук.

Розглянуті результати робіт, спрямованих на дослідження ролі осмосу в гідрогеологічних та геохімічних процесах. Показано, що багато геологічних явищ можна пояснити лише в рамках теорії бароосмосу в осадових товщах Землі. Тому бароосмос слід вважати окремим видом руху флюїдів у підземній гідросфері.

Ключові слова: підземна гідросфера, глинисті породи, бароосмос, осмотична проникність, осмотичні профілі свердловин, бароосмотичний аналіз, реальні прояви бароосмосу, газові родовища, газовий осмос.

OSMOTIC PROCESSES ARE IN OSADOVIY LAYER OF EARTH

S.V. Kushnir

(Recommended by corresponding member V.I. Pavlyuk)

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,
E-mail: igggk@mail.lviv.ua
Senior research worker, candidate of sciences chemy.

Considered results of works, directed on research of role of osmose in geohydrology and geochemical processes. It is rotined that many geological phenomena can be explained only within the framework of theory of baroosmosu in the osadovikh layers of Earth. Therefore baroosmos it follows to consider the separate type of motion of flyuidiv in an underground hydrosphere.

Key words: underground hydrosphere, clay breeds, baroosmos, osmotic penetrating, osmotic types of mining holes, baroosmotichniy analysis, the displays of baroosmosu, gas deposits, gas osmose, are real.

ОСМОТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩЕ ЗЕМЛИ

С.В. Кушнир

(*Рекомендовано чл.-кор. НАН Украины М.И. Павлюком)*

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины, Львов, Украина,
E-mail: igggk@mail.lviv.ua
Старший научный сотрудник, кандидат химических наук.

Рассмотрены результаты работ, направленных на исследование роли осмоса в гидрогеологии и геохимических процессах. Показано, что многие геологические явления можно объяснить лишь в рамках теории бароосмоса в осадочных толщах Земли. Поэтому бароосмос следует считать отдельным видом движения флюидов в подземной гидросфере.

Ключевые слова: подземная гидросфера, глинистые породы, бароосмос, осмотическая проницаемость, осмотические профили скважин, бароосмотический анализ, реальные проявления бароосмоса, газовые месторождения, газовый осмос.

© С.В. Кушнір, 2017

На кінець XX ст. у геології осадових порід нагромадилось багато питань, на які не вдавалось знайти науково обґрунтованих відповідей. Серед них особливо гостро виділялись такі:

1. Чому мінералізація порових вод глинистих осадів у багатьох морях значно перевищує мінералізацію морських вод?

2. Як виникла планетарна вертикальна гідрогеохімічна зональність в зоні гіпергенезу, при якій мінералізація пластових і порових вод з глибиною зростає?

3. Як на глибинах близько 1 км із морських глинистих осадів утворюються обезсолені глини з відкритою мікропористістю?

4. Що спричинило диференціацію газів на деяких багатопластових родовищах після заповнення їх колекторів природним газом?

Для кожного з цих питань запропоновано чимало різних пояснюючих гіпотез, але жодна з них немає серйозного наукового обґрунтування. При цьому усі геологи знали про існування осмосу, але були переконані, що це явище не може мати помітного впливу на протікання геологічних процесів.

Дослідження, проведені в Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України (м. Львів) на основі фізико-хімічного аналізу структури і властивостей порових вод глинистих осадів, а також різних видів осмосу (капілярний, бароосмос, термоосмос), показали, що в глинах і глинистих осадах інтенсивність осмотичних процесів може значно перевищувати інтенсивність звичайної молекулярної дифузії. При цьому найбільшу роль повинні відігравати процеси бароосмотичного переносу майже чистої води через осмотично проникні глини, які і могли стати причиною усіх згаданих вище геологічних ефектів. Щоб перевірити ці прогнози в реальних умовах геологічних процесів, до роботи була залучена група дослідників із лабораторії проблем геоекології при відділі геології і геохімії твердих горючих копалин цього інституту. В результаті шестирічних досліджень вдалось довести, що осмос справді відіграє важливу роль в багатьох гідрогеологічних і геохімічних процесах. Одержані результати описані в 14 статтях [Кушнір, 2008а, 2008б, 2009а, 2009б, 2009в, 2010а, 2010б, 2011; Кушнір Святослав, Кость Марія, Дудок Ігор, Паньків Роман, Сенів Оксана, Козак Роман, 2013; Kushnir, 2008; Kushnir Svatoslav, Kost Maria, Dudok Igor, Pankiv Roman, Palochykova Olena, 2012], з яких шість опубліковані в журналі "Доповіді НАН України" [Кушнір, 2008б, 2009б, 2009в, 2010а, 2011; Кушнір, Кость, 2013]. Сформований у такий спосіб закінчений цикл робіт показує, що в науках про Землю необхідно враховувати не два, а три види руху флюїдів в осадових товщах: фільтрацію, дифузію і бароосмос. Нижче наводяться основні результати та повний список робіт цього циклу.

Вода в глинистих осадах не зазнає впливу гравітації, отже, виявляється зв'язаною. За наростаючою силою цього зв'язування розрізняють капілярну, осмотично зв'язану та адсорбовану воду. При об'ємній вологості/пористості $Wn \leq 10\%$ об. (5% мас.) уся зв'язана вода має характер адсорбованої, яка може рухатися в мікропорах лише за механізмом поверхневої дифузії. При вологості $10 < Wn < 20\%$ об. додаткова вода має властивості осмотично зв'язаної, яка відштовхує від себе іони і має дуже низьку мінералізацію. Ця вода покриває поверхню кожної частинки глин, тому при ущільненні виникає густа сітка "каналів" осмотично зв'язаної води. При $Wn > 20\%$ об. в глинах з'являється капілярна вода, яка ще зберігає мінералізацію вільних пластових вод. Але виділення капілярної води при ущільненні водонасичених глин виявилось ускладненим. Просте витискування в режимі фільтрації спостерігається лише до $Wn \approx 40\%$ об. При подальшому ущільненні витискується практично чиста вода, а залишкова капілярна вода починає збільшувати свою мінералізацію. Отже, в діапазоні $Wn \approx 20$–40% об. залишкова капілярна вода обезводнюється вже за допомогою каналів осмотично зв'язаної води, оскільки фільтрація її у вигляді мікрокраплинок через цю сітку каналів стала неможливою. Такий режим витискуваних вод можна назвати осмотичним.

Проте у випадку морських глинистих осадів, які майже завжди мають домішки тонкозернистого кварцу та інших мінералів, що значно затруднюють ущільнення, зона фільтраційного режиму обезводнення значно розширюється приблизно до $Wn = 27\%$ об. Тоді зона осмотичного концентрування скорочується та ослаблюється, а при $Wn \leq 20\%$ об. можуть утворюватись практично обезсолені глини.

Усе це засвідчує, що достатньо ущільнені глини можуть пропускати через себе тільки практично чисту воду, тобто відігравати роль напівпроникної перегородки в осмотичних процесах. Очевидно, що максимальну осмотичну проникність повинні мати глини з $Wn \approx 20\%$ об. (майже 10% мас.).

Застосування теорії осмосу для вивчення підземних вод показало, що рушійною силою бароосмосу є величина осмотичного напору, яка вимірюється різницею між пластовим і осмотичним тиском води: *Ро.н = Рпласт – Росм.* При *Рпласт = Росм (Ро.н = 0)* вода знаходиться в стані бароосмотичної рівноваги і може рухатися лише за законами молекулярної дифузії. Звичайно ж *Рпласт ≠ Росм,* тому молекули H_2O мають схильність рухатись або вверх (*Рпласт > Росм*), або вниз по розрізу (*Рпласт < Росм*). Проте ця здатність може проявлятись практично лише тоді, коли вода контактує з глиною, яка має достатньо високу осмотичну провідність. Здатність води до бароосмотичного переміщення тим вища, чим більше її відхилення від стану бароосмотичної рівноваги: *α = Ро.н / Рпласт*.

Якщо два водоносних горизонти з різними *Ро.н* розділені пластом осмотично проникної глини, то через неї обов'язково починає формуватись бароосмотичний потік майже чистої води, спрямованої в бік меншого *Ро.н*. Інтенсивність цього потоку пропорційна градієнту *Ро.н* [*Δ P = Ро.н* (1) – *Ро.н* (2)] та осмотичній провідності глини. Якщо бароосмотичний потік спрямований вверх по розрізу, то концентрація вод нижнього горизонту зростає, а верхнього зменшується. Такий варіант найпоширеніший у природі і приводить до самочинного формування нормальної вертикальної гідрогеохімічної залежності підземних вод.

На основі теорії бароосмосу розроблена методика бароосмотичного аналізу гідрогеологічних умов на окремих свердловинах, яка дозволила обчислювати величини *Ро.н* та *α* для пластових вод різних горизонтів і будувати характеристичні бароосмотичні профілі змін *Ро.н* з глибиною. Застосування бароосматичного аналізу на декількох родовищах природного газу в Західній Україні підтвердило його високу ефективність в різних геологічних умовах. З його допомогою на Хідновицькому газовому родовищі виявлені спрямовані вверх сильні бароосматичні потоки, які привели до опріснення частини пластових вод і дозволили припустити, що глибинні горючі гази і сьогодні надходять на це родовище.

Якщо в розрізі з'являється непроникний геологічний бар'єр (наприклад, пласт ангідриту або заповнений нафтою горизонт), то бароосмотичний профіль розбивається на дві частини і появляються нові геологічні ефекти. У верхах нижньої частини поступово зростає кількість самої води і виникає зона надвисокого пластового тиску. У низах верхньої частини бароосмотичний потік висмоктує спочатку капілярні води, а потім і осмотично зв'язані. В результаті тут виникає зона аномально низьких пластових тисків, яка при певних умовах може стати зародком нового газового або нафтового покладу. Якщо ж приплив флюїдів неможливий, то можуть утворитись практично сухі глини з відкритою мікропористістю.

Подібні глини можуть сформуватися і в гребенях складок колекторів газу на багатопластових газових родовищах. Якщо бароосмотичне "відсмоктування" винесе з глинистих перегородок хоча б половину осмотично зв'язаної води, то в них утвориться наскрізна сітка безводних мікроканалів, по яких може мігрувати газ. Але режим цього руху буде вже не фільтраційним, а осмотичним, оскільки в мікропорах можлива лише ефузія молекул газу, яка приводить до їх розділення за величиною молекулярної маси. Є усі підстави вважати, що саме у результаті такого газового осмосу виникло колись збагачення метаном верхніх покладів на газових родовищах Прикарпаття, розташованих на глибинах понад 1 км.

Наведені результати робіт із представленого циклу показують, що розвинуті в них уявлення про бароосмос в пластових водах осадових товщ та газовий осмос на газових родовищах є вагомим внеском у науки про Землю, являючи собою перспективний метод гідрогеологічних досліджень. Варто відмітити, що бароосмотична евакуація молекул H_2O із пластових вод дуже нагадує звичайне випаровування води. Тому теорію самочинного бароосмотичного концентрування підземних вод можна вважати своєрідною реалізацією давньої ідеї В.І. Вернадського про "підземне випаровування".

Список літератури / References

1. ***Кушнір С.В.*** Механізми самочинного концентрування підземних вод і їхня роль у формуванні вертикальної гідрохімічної зональності в зоні гіпергенезу (фізико-хімічний аналіз). *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2008а. № 3 (144). С. 78–87.

Kushnir S.V., 2008a Mechanisms of wilful concentration of underwaters and their role are in forming of vertical hydrogeological zonality in the zone of hypergenesis (physical and chemical analysis). *Geologiya i geohimiya gorychyh copalyn, №* 3 (144), p. 78–87 (in Ukrainian).

2. ***Кушнір С.В.*** Про причини глибинного концентрування вод артезіанських басейнів у зоні гіпергенезу (фізико-хімічний аналіз). *Доп. НАН України*. 2008б. № 7. С. 111–117.

Kushnir S.V., 2008б. About reasons of deep concentration of waters of artesian pools in the zone of hypergenesis (physical and chemical analysis). *Dopovidi NAN Ukrainy,* № 7, p. 111–117 (in Ukrainian).

3. ***Кушнір С.В***. Бароосмос як процес самочинного концентрування підземних вод. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2009а. № 3–4 (148–149). С. 70–80.

Kushnir S.V., 2009а. Baroosmos as a process of wilful concentration of underwaters. *Geologiya i geohimiya gorychyh copalyn,* № 3–4 (148–149), p. 70–80 (in Ukrainian).

4. ***Кушнір С.В.*** Бароосмотичний аналіз як новий метод гідрогеологічних досліджень. *Доп. НАН України*. 2009б. № 11. С. 104–110.

Kushnir S.V., 2009б. Baroosmotic analysis as new method of researches of geohydrology. *Dopovidi NAN Ukrainy,* № 11, p. 104–110 (in Ukrainian).

5. ***Кушнір С.В.*** Прояви бароосмосу в підземній гідросфері. *Доп. НАН України*. 2009в. № 12. С. 120–125.

Kushnir S.V., 2009в. Displays of baroosmos are in an underground hydrosphere. *Dopovidi NAN Ukrainy*, № 12, p. 120–125 (in Ukrainian).

6. ***Кушнір С.В., Паньків Р.П., Кость М.В.*** Бароосмотичний аналіз гідрогеологічних умов на Шереметівському газовому родовищі (Прикарпаття). *Доп. НАН України*. 2010а. № 7. С. 101–109.

Kushnir S.V., Pankiv R.P., Kost' M.V., 2010а. Baroosmotic analysis of hydrogeological conditions at the Sheremetovo gas field (Cis-Carpathians). *Dopovidi NAN Ukrainy*, № 7, p. 101–109 (in Ukrainian).

7. ***Кушнір С.В.*** Форми руху води в морських глинистих осадах і глинистих породах. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2010б. № 3–4 (152–153). С. 113–124.

Kushnir S.V., 2010б. Forms of motion of water are in marine clay fallouts and clay breeds. *Geologiya i geohimiya gorychyh copalyn,* № 3–4 (152–153), p. 113–124 (in Ukrainian).

8. ***Кушнір С.В.*** Бароосмос в морських глинистих осадах і глинистих породах. *Доп. НАН України*. 2011. № 1. С. 98–105.

Kushnir S.V., *2011*. Baroosmosis in marine clay sediments and clay rocks. *Dopovidi NAN Ukrainy*, № 1, p. 98–105 (in Ukrainian).

9. ***Кушнір Святослав, Кость Марія, Дудок Ігор, Паньків Роман***. Бароосмотичний аналіз гідрогеологічних умов на Хідновицькому газовому родовищі. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2011. № 1–2 (154–155). С. 86–88.

Kushnir Svyatoslav, Kost' Maria, Dydok Ihor, Pan'kiv Roman., 2011. Baroosmotic analysis of terms of geohydrology on Hidnovychi gas deposit. *Geologiya i geohimiya gorychyh copalyn,* № 1–2 (154–155), p. 86–88 (in Ukrainian).

10. ***Кушнір Святослав, Кость Марія, Пальчикова Олена***. Причини відмінності хімічного складу природного газу в родовищах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2013. № 1–2 (162–163). С. 88–100.

Kushnir Svyatoslav, Kost' Maria, Palchykova Olena., 2013. The reasons for difference in the chemical composition of the natural gases in the fields of the Outer zone of the Carpathian Foredeep. *Geologiya i geohimiya gorychyh copalyn,* № 1–2 (162–163), p. 88-100 (in Ukrainian).

11. ***Кушнір С.В., Кость М.В.*** Газовий осмос і його роль у формуванні газових родовищ Передкарпаття (Україна). *Доп. НАН України*. 2013. № 11. С. 109–115.

Kushnir S.V., Kost' M.V., 2013. Gas osmosis and its role in the formation of gas fields of the Ciscarpathian region (Ukraine). *Dopovidi NAN Ukrainy*, № 11, p. 109–115 (in Ukrainian).

12. ***Кушнір Святослав, Кость Марія, Паньків Роман, Сенів Оксана, Козак Роман.*** Геохімічні і гідрогеологічні особливості Локачинського газового родовища (Львівський палеозойський прогин). *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2013. № 3–4 (164–165). С. 108–124.

Kushnir Svyatoslav, Kost Maria, Pankiv Roman, Seniv Oksana, Kozak Roman, 2013. Geochemical and hydrogeological peculiarities of Lokachy gas field (Lviv paleozoic depression). *Geologiya i geohimiya gorychyh copalyn,* № 3–4 (164–165), p. 108–124 (in Ukrainian).

13. ***Kushnir S.V***. Osmose and the problem of coal salinity. *7th Europen Coal Conference:* Abstracts. Lviv, 2008в, p. 159–161.

Kushnir S.V., 2008в. Osmose and the problem of coal salinity. *7th Europen Coal Conference:* Abstracts. Lviv, p. 159–161 (in English).

14. ***Kushnir Svyatoslav, Kost' Maria, Dudok Ihor, Pankiv Roman, Palchykova Olena.*** Baroosmotic analysis of processes in ground waters of the Kokhanivka-Svydnytsia area (Ukrainian Carpathian Foredeep). *Biuletyn Panstwowego Instytuty Geologicznego*. 2012. № 449. P. 195–202.

Kushnir Svyatoslav, Kost' Maria, Dudok Ihor, Pankiv Roman, Palchykova Olena, 2012. Baroosmotic analysis of processes in ground waters of the Kokhanivka-Svydnytsia area (Ukrainian Carpathian Foredeep). *Biuletyn Panstwowego Instytuty Geologicznego,* № 449, p. 195–202 (in English).

Стаття надійшла
05.09.2017