

УДК: 551.49

ФЕДОНЮК М.А.

КАРСТОВА ЗУМОВЛЕНІСТЬ СТОКУ РОЗЧИНЕНИХ РЕЧОВИН У РІЧКОВИХ БАСЕЙНАХ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Постановка проблеми та її актуальність. Повноцінні науково-практичні дослідження природних комплексів різних рангів неможливі без обґрунтованої оцінки поширення та інтенсивності розвитку спектру морфодинамічних процесів тобто потоків речовини й енергії. З цих позицій важливою складовою регіонального дослідження є вивчення хімічної денудації басейнових систем. Територія Волинського Полісся є своєрідним геоморфологічним регіоном, у спектрі сучасних екзогенних процесів якого особливе місце займає карст – розчинення мергельно-крейдяних порід, які дреноються місцевими водотоками. Кількісна оцінка інтенсивності розвитку цього процесу, здійснення якої можливе на основі аналізу гідрохімічних матеріалів, дозволяє виявити важливі риси сучасної морфодинаміки регіону.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Визначення темпів карстової денудації за вмістом іонів розчиненої породи у водоймах закарстованого водозбору широко застосовувалося із 60-х років ХХ ст. (методики Н.Родіонова, Ж.Корбеля, П.Вільямса, М.Пуліни, Г.Чікішева та ін). Такі показники були розраховані для різних типів карсту та багатьох регіонів у різних природних зонах Землі. [3,6]. Разом з тим численні з цих оцінок виявлялись неспівставними, а іноді просто помилковими, що, як правило, було зумовлено неврахуванням окремих *місцевих* особливостей розвитку карстового процесу, його внеску в загальний іонний стік, гідрогеохімічних відмінностей тощо [3, 6]. Досить детальне обґрунтування методики обчислення хімічної денудації здійснене у монографії [6], де автори на основі досліджень за гідрохімічними матеріалами 103 басейнів сходу Руської рівнини дійшли висновку, що швидкості хімічної денудації гумідних рівнин помірного поясу цілком співвідносні (однопорядкові) з швидкостями неотектонічних рухів (перші десятки мм за 1000 років), тому швидкості хімічної денудації здатні повністю компенсувати неотектонічні підняття чи значно посилити рельєфотворчий ефект неотектонічних опускань. Щоправда, останнє твердження викликає певний сумнів, оскільки, як встановлено багатьма дослідниками [3, 7], темп карстової денудації за однорідних літологічних умов є максимальним на структурах, що зазнають підняття і майже повністю згасає в умовах неотектонічних опускань (що пов'язано з ступенем розкриття тріщин, умовами інфільтрації, дренажу стоку, фізико-механічного вивітрювання тощо).

Стосовно визначення ролі хімічної денудації у рельєфоутворенні конкретних територій, то є підстави вважати [6], що найважливішим є вирішення таких

питань: виділення денудаційної частини із загального стоку розчинених речовин; визначення середніх багаторічних величин складових цього стоку; встановлення структури хімічної денудації.

Вирішення цих проблем можливе за використання тривалого ряду гідрохімічних спостережень і (або ж) на основі результатів стаціонарних досліджень розчинення і вилуговування гірських порід, формуючих дану територію.

Мета дослідження. Наразі вважаємо доцільним визначити роль і частку карстового процесу у загальній структурі хімічної денудації території Волинського Полісся, а також її сезонні варіації, що є особливо актуальним через відсутність таких досліджень цього регіону.

Результати досліджень та їх обговорення. Басейни річок Волинського Полісся в геологічному відношенні складені розчинними карбонатними породами верхньокрейдового віку, представленими переважно м'якою писальною крейдою, масова частка кальциту в якій на більшій частині території становить 90-99%, і лише на окремих ділянках, збагачених внаслідок вивітрювання теригенним матеріалом, знижується до 34-46% [7]. Значна ефективна тріщинуватість мергельно-крейдової товщі за відсутності чи невитриманості на території товщі перекриваючих водотривких порід сприяє зв'язку атмосферних інфлюаційних вод з ґрунтовими та підземними (зона інтенсивного водообміну складає 80-140 м [10], охоплюючи всю крейдову товщу), що забезпечує постійне надходження вуглекислоти, яка є головним компонентом, формуючим карбонатну агресивність води. Відтік води, насиченої CaCO_3 після його вилуговування з порід, здійснюється через розвантаження підземного стоку в русла річок, що за умов характерного для Полісся неглибокого ерозійного врізу території забезпечується переважанням напірного режиму підземного стоку [1]. Іноді розвантаження відбувається не безпосередньо у русла, а в джерела, однак, як правило, незабаром ці води все ж потрапляють в річки (так, скажімо, найвідоміші Оконські джерела живлять річку Окінку, яка за 28 км впадає в річку Стир). У попередньому дослідженні [9] було показано, що для Волинського Полісся дані гідрохімічних аналізів річкових вод є цілком репрезентативними для оцінки об'єму порід, винесених з карстованого масиву конкретного водозбору.

У [7] відзначається, що для територій Волинської і Рівненської областей неможливо дати кількісну оцінку карстової денудації на основі гідрохімічних матеріалів через відсутність даних про вихідну мінералізацію річкових вод.

Однак видається можливим вирішення цього питання завдяки використанню методу гідролого-гідрохімічного порівняння. Подібний метод гідрологічного порівняння успішно був використаний І.І. Волошиним для визначення впливу карсту на стік річок Північного заходу України, в т.ч. річок Волинського Полісся. Суть методу полягає в порівнянні потрібних параметрів (в нашому випадку – гідрохімічних показників вмісту іонів розчиненого карбонату кальцію – Ca^{2+} і HCO_3^-) досліджуваних річок та сусідніх річок тієї ж кліматичної зони, басейни яких складені породами іншого літологічного складу. В нашому дослідженні ми порівнювали річки Волинського Полісся (Турія, Стохід, Горинь) з ріками Житомирського Полісся (Уборть, Уж, Льва). Для цього були використані усереднені дані по мінералізації річкових вод Волинського Полісся, наведені у [4,5,8] та збірниках “Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Вып.2. Бассейн Днепра” за період з 1983 по 1998 рік.

Як відомо, вміст у водах Ca і HCO_3^- регулюється станом карбонатно-кальцієвої системи, який залежить від ряду кліматичних, геохімічних, літолого-мінералогічних і біогенних чинників.

Виходячи з того, що ріки Волинського і Житомирського Полісся одночасно перебувають під впливом фактично однакових умов атмосферно-кліматичного та біогенного характеру, різниця мінералізації їхніх вод, очевидно, повинна відображати відмінності літолого-мінералогічного складу порід, дренуваних цими річками.

Як бачимо з мал.1, мінералізація річок Волинського Полісся значно перевищує відповідну мінералізацію річки Уж Житомирського Полісся, басейн якої повністю складений кристалічними породами протерозою. Вміст іонів кальцію та гідрокарбонату в усіх річках суттєво відрізняється у різні фази водного режиму. Найменший він під час весняної повені, що добре узгоджується з “класичним” уявленням про зменшення мінералізації зі збільшенням витрат води. Відповідно і максимальні концентрації іонів спостерігаються під час межень. Однак, майже такі ж високі значення маємо і для періоду літньо-осінніх паводків (крім річки Уж).

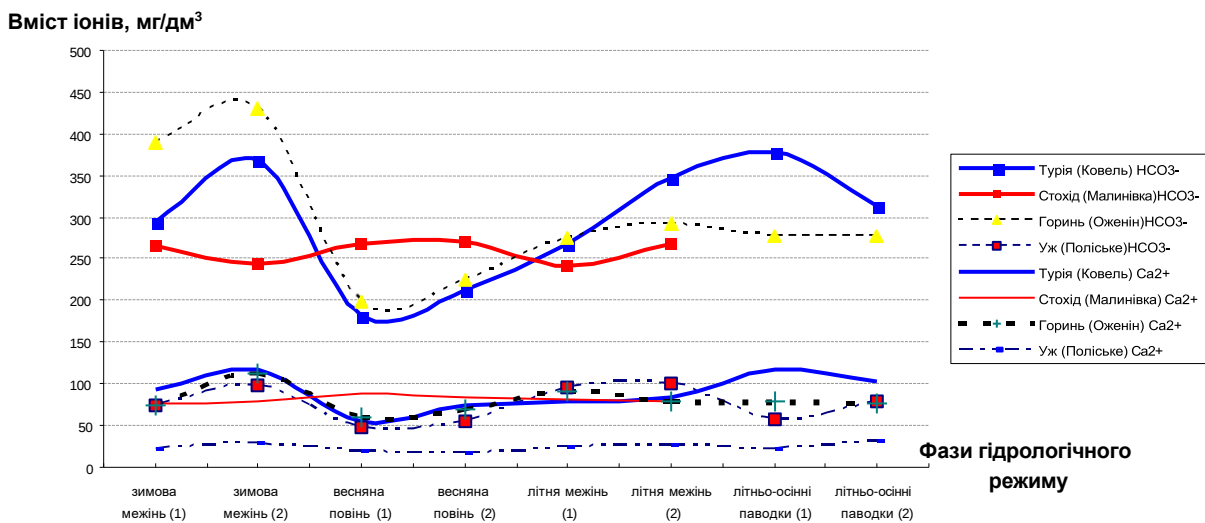


Рис.1. Сезонний розподіл середнього багаторічного вмісту іонів Ca^{2+} і HCO_3^- у водах річок Полісся (мг/дм³).

Аналіз співвідношення концентрації головних іонів з витратами води в такі сезони в різні роки виявив відсутність будь-якої кореляції (наприклад, для річок Горинь і Турія неодноразово фіксувались однакові ($\pm 10\%$) значення мінералізації при 10-15 кратній різниці у витраті води). Тому очевидно, що в цей період надходження складових карбонатно-кальцієвої системи більшою мірою контролюється рядом інших факторів. Зокрема, відомо, що в теплий період значно інтенсифікується обмін речовин і продукування біомаси у природних комплексах, що виявляється у збільшенні кількості біогенного CaCO_3 , значному збагаченні ґрунту вуглекислим газом. Разом з тим, під час сухого періоду водна міграція цих речовин сповільнена і лише з настанням паводків вона зростає та відповідно сприяє їхньому надходженню у води річок. Що стосується власне карстового процесу, то його посилення може відбуватись за рахунок значного підвищення агресивності інфлюаційних вод через збагачення вуглекислим газом з повітря і ґрунту (зі зростанням температури розчинність CO_2 , як і інших кислотних залишків, зростає) [3], а також завдяки інтенсивному фізико-механічному вивітрюванню порід в теплий період. Зрозуміло, що останній фактор матиме різний вплив на територіях з різною глибиною залягання розчинних гірських порід. Це добре підтверджується при

порівнянні стоку іонів під час літньо-осінніх паводків Турії і Горині (вміст HCO_3^- в Турії, водозбір якої знаходиться в межах денудаційної рівнини з близьким заляганням крейдової товщі (0-3-5 м) на 15-50% вищий від аналогічного показника р. Горинь, на водозборі якої глибина залягання крейдових відкладів значно більша).

Що стосується р. Стохід, то річний хід вмісту іонів не зазнає суттєвих коливань (мал.1), що, очевидно, пов'язано із однорідністю контролюючих факторів внаслідок порівняно малої площі водозбору до гідрологічного посту Малинівка (692 км²).

Порівнявши вміст іонів Са та HCO_3^- у водах річок Волинського Полісся (Турія, Стохід, Горинь) дренажних карстованих крейдову товщу, і Житомирського Полісся (Уж, Уборть), протікаючих по масивах кристалічних порід, ми визначили їхню різницю, яка, власне, і повинна відображати частку карстового розчинення порід у загальній хімічній денудації досліджуваного регіону. Результати досліджень і розрахунків наведені в табл.2.

Як бачимо, частка мінералізації, зумовлена власне карстовим процесом, є великою – її значення сягають в середньому 74%, змінюючись від 65 до 85%. Максимальні показники спостерігаються, як правило, під час водопіль. Це вказує на те, що найбільша інтенсивність карстового процесу є в час повеней, що, очевидно, пов'язано з великою агресивністю талих вод, наявністю водних мас, здатних вимити значну кількість продуктів вивітрювання (в т. ч. морозного вивітрювання – для територій із виходами розчинної товщі на поверхню), які швидко розчиняються в багатоводних потоках. Зауважимо також, що саме за таких умов можливе розчинення тієї маси порід, яка механічно відокремилась від стінок тріщин за час попередніх контактів з водою (у крейдовому карсті ця маса може перевищувати власне первинно розчинену у 3-4 рази [7]).

Перемноживши отримані дані по мінералізації, зумовленій розчиненням крейди, на відповідні середні величини витрат води, пересвідчуємось у визначальній ролі весняного сезону в розвитку хімічної денудації: витрата розчинених порід у кілька разів, а іноді і на порядок перевищує межні показники зими і літа (10.8 кг/с проти 0.25 -0.39 кг/с для Турії, 22.4 кг/с проти 1.1-2.9 кг/с для Горині відповідно).

Підтвердження отриманих показників можемо віднайти і в окремих опублікованих статистичних збірниках з гідрохімії річок. Так, у виданні “Малі річки України” [5] наводяться дані про середні багаторічні величини стоку головних іонів у різних фізико-географічних зонах України, в тому числі для річок Стохід (Малинівка) та Уж (Поліське), які вважають типовими для Українського Полісся. Для обох річок процентний вклад розчинених Ca^{2+} та HCO_3^- в іонний стік приблизно однаковий (48-52% по HCO_3^- та 14-16% по Ca^{2+}), однак модулі стоку іонів кальцію та гідрокарбонату у басейні Стоходу у 2.97-3.4 рази більші за відповідні показники у басейні Ужа (32.6 т/км² проти 11.2 т/км² по HCO_3^- та 10 т/км² проти 3.3 т/км² по Ca^{2+} відповідно). Таким чином, враховуючи відсутність розчинних порід на дренажній Ужем території, різницю в цих значеннях з достовірністю можна віднести на рахунок хімічного розчинення дренажної Стоходом мергельно-крейдової товщі. Отже, на цій ділянці водозбору біля 75% розглядуваних іонів потрапляють у русло внаслідок карстової денудації.

Виходячи з вмісту HCO_3^- , на основі співвідношення атомних мас у загальновідомому рівнянні стану карбонатно-кальцієвої системи, нами було розраховано очікуване значення вмісту Са, яке потім співвіднесене з фактично зафіксованим (табл.2, мал.2). У більшості випадків отримані значення близькі до 1. Додатне відхилення від одиниці буде свідчити про надлишкове надходження HCO_3^- , від'ємне – Са. Як бачимо з мал.2, загальною закономірністю для всіх досліджуваних речовин є значне зростання надлишку HCO_3^- в період літньої межні, що може бути пов'язано з уже згадуваним більш інтенсивним розчиненням CO_2 , який поступає з атмосфери і ґрунту в теплий

період. Аномально високі значення надлишку HCO_3 у воді річки Горинь можуть бути зумовлені, зокрема, суто русловим процесом змішування вод численних приток.

Таблиця 2.

*Карстова складова хімічної денудації басейнових систем Волинського Полісся
(отримана на основі порівняльного гідрохімічного аналізу)*

Фази стоку	Різниця вмісту іонів у водах річок Волинського і Житомирського Полісся (мг/дм ³)		Очікуваний вміст Са (мг/дм ³)	Співвідношення очікуваного вмісту Са до фактичного	Мінералізація, зумовлена розчиненням крейди (мг/дм ³)	Складова мінералізації, зумовленої розчиненням крейди
	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺				
річка Турія						
зимова межень1	221	71	72,46	1,02	181,22	0,75
зимова межень2	271	88	88,85	1,01	222,22	0,73
весняна повінь1	135	36	44,26	1,23	110,70	0,74
весняна повінь2	158	57	51,80	0,91	129,56	0,75
літня межень1	173	53	56,72	1,07	141,86	0,65
літня межень2	245	58	80,33	1,38	200,90	0,71
літньо-осінні паводки1	320	97	104,92	1,08	262,40	0,85
літньо-осінні паводки2	234	72	76,72	1,07	191,88	0,75
<i>Середнє значення</i>	<i>219,63</i>	<i>66,50</i>	<i>72,01</i>	<i>1,10</i>	<i>180,09</i>	<i>0,74</i>
річка Стохід						
зимова межень1	191,7	55	62,85	1,14	157,19	0,72
зимова межень2	146	51	47,87	0,94	119,72	0,60
Весняна повінь1	221	71	72,46	1,02	181,22	0,82
весняна повінь2	217	67	71,15	1,06	177,94	0,80
літня межень1	172	53	56,39	1,06	141,04	0,64
літня межень2	140	56	45,90	0,82	114,80	0,58
<i>Середнє значення</i>	<i>181,28</i>	<i>58,83</i>	<i>59,44</i>	<i>1,01</i>	<i>148,65</i>	<i>0,69</i>
річка Горинь						
зимова межень1*	316	52	103,61	1,99	259,12	0,81
зимова межень2	332	84	108,85	1,30	272,24	0,77
весняна повінь1	150	43	49,18	1,14	123,00	0,76
весняна повінь2	170	53	55,74	1,05	139,40	0,76

літня межінь1	180	67	59,02	0,88	147,60	0,65
літня межінь2	192	53	62,95	1,19	157,44	0,66
літньо-осінні паводки1	220,00	59,00	72,13	1,22	180,40	0,79
літньо-осінні паводки2	199,00	46,00	65,25	1,42	163,18	0,72
Середнє значення	219,88	57,13	72,09	1,27	180,30	0,74

*Примітка: цифри 1 і 2 для кожної фази сезону позначають відповідно початок і кульмінацію цієї фази.

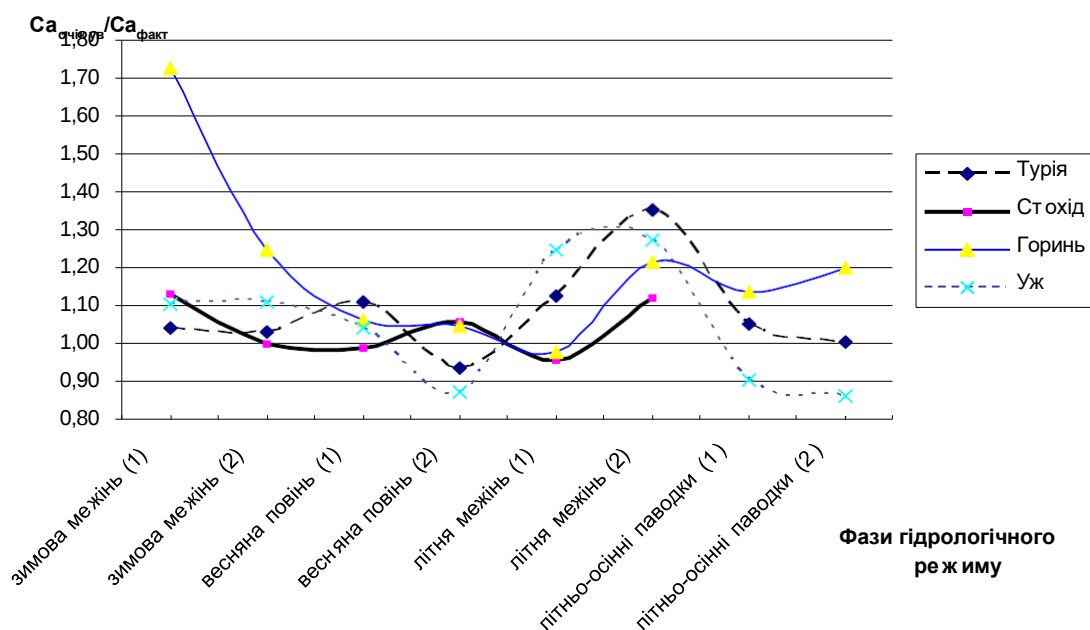


Рис.2. Сезонний розподіл співвідношення очікуваного вмісту кальцію до фактичного у водах річок Полісся

Виходячи з вищенаведеного, можемо вдосконалити і пристосувати до умов досліджуваної території формулу для розрахунку темпу карстової денудації. Нагадаємо, що найпоширенішими з таких формул були різні модифікації формули Корбеля, що враховували мінералізацію вод та водний стік річок на закарстованих водозборах. Пропонуємо таку формулу :

$$D=12.6 wQT/P, \text{ де}$$

D- інтенсивність карстової денудації, мм/1000р,

Q – витрата води, м³/с,

T – вміст розчиненого CaCO₃, мг/дм³; T=T(HCO₃)ден. + T(Ca)=0.822T(HCO₃),

P – площа басейну, км²,

w - частка мінералізації, зумовлена розчиненням крейди,
(в нашому випадку майже 0.74).

Висновки

1. Карстова денудація на Волинському Поліссі є визначальним процесом у

структурі загальної хімічної денудації рельєфу. Відношення розчинених карстом порід до всіх складових карбонатно-кальцієвої системи, що знаходяться в розчиненому стані у річковій воді Турії, Стоходу і Горині, становить 65-85%. Врахування цього коефіцієнту при розрахунках інтенсивності карстової денудації дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з неврахуванням атмосферної і біогенної складових стоку розчинених речовин. Отримані значення можна інтерполювати і на інші річки Волинського Полісся.

2. Максимальна концентрація іонів Са і HCO_3 спостерігається в періоді меженей, мінімальна – під час весняної повені, що пояснюється величиною витрати води річки і переважаючим типом живлення в різні сезони. Разом з тим, максимальний фактичний виніс розчиненого карбонату кальцію здійснюється саме за час весняної повені.

3. Отримані за допомогою уточненої формули показники карстової денудації дозволяють достовірно обчислювати інтенсивність карстового процесу та об'єми денудованої речовини на різних ділянках водозборів Волинського Полісся.

1. Бабинец А.Е., Белявский Г.А. Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена Украины. – К., 1972. – 110 с. 2. Волошин И.И. Особенности формирования стока рек Северо-Запада Украины под влиянием карста / Автореф. диссертации на соиск. уч. степени кандидата географ. наук. – К., 1974. – 26 с. 3. Гвоздецкий Н.А. Карстовые ландшафты. - М.: Изд-во МГУ, 1988. – 112 с. 4. Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Гідрохімія України. К.: Вища школа, 1995. – 307 с.: іл. 5. Малі річки України: Довідник / За ред. Яцика А.В. – К.: Урожай, 1991. – 296 с. 6. Мозжерин В.И., Шарифуллин А.Н. Химическая денудация гумидных равнин умеренного пояса. – Казань: Изд-во Казанского ун-та. 1988. – 193 с. 7. Отчет по изучению современных экзогенных геологических процессов на территории Волынской и Ровенской областей УССР за 1983-1984 гг. – Ровно, 1984. – 204 с. 8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и Нижнее Поднепровье. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 655 с. 9. Федонюк М.А. Обсяги карстової денудації в межах басейнів річок Волинського Полісся // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.. – 2002, вип.4, с.256-260. 10. Шестопалов В.М. Естественные ресурсы подземных вод платформенных артезианских бассейнов Украины. – К.: Наукова думка, 1981. – 196 с.

Summary. On the basis of the comparative hydrochemical analysis the estimation of a role karst denudation in the general ionic drain for the rivers of Polissya is given. Territorial and seasonal differences in carrying out the dissolved carbonate of calcium by the rivers of the Volyn and Zhitomir Polissya are shown.