

УДК 552.545(477.43/44)

ВОЛІК О.В.

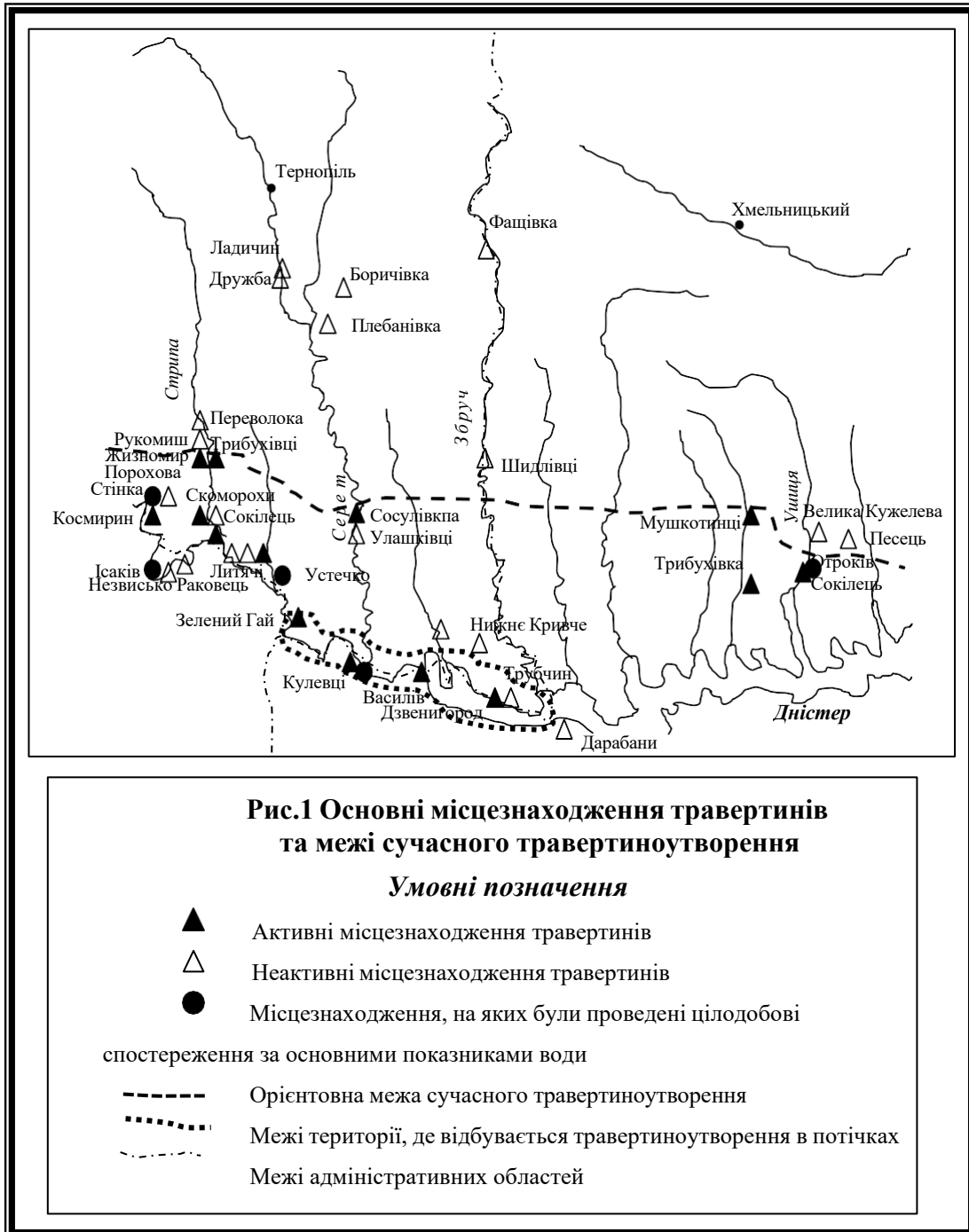
СУЧАСНІ ПРОЦЕСИ ТРАВЕРТИНОУТВОРЕННЯ НА ПОДІЛЛІ

Травертини – континентальні карбонатні відклади, які були хемогенно чи біогенно осажені із води. Ці породи, як правило, приурочені до карстових областей, де відкладаються в ріках чи біля джерел (метеогенні травертини) або до районів виходу термальних джерел, біля яких вони нагромаджуються (термогенні травертини). Найвідоміші метеогенні травертини розташовані в національних парках Плітвіцькі озера, Водоспади Крка (Хорватія), Анталії (Туреччина), долині Хуанглонг (Китай), руслах рік північно-західної частини Квінсленду (Австралія), Фосил Крік, Хавасюпаї Крік, Пайн Крік (США) та ін. Термогенні травертини знаходяться у Єллоустоунському національному парку (США), Наличевському природному парку на Камчатці (Росія), Памуккале (Туреччина), долині Тібра (Італія) та ін.

В даний час закордоном відбувається досить інтенсивне вивчення травертинів. Основні напрямки сучасних досліджень – визначення абсолютного віку, геохімічного та ізотопного складу джерельних вод, що відкладають травертини та самих порід, аналіз викопної флори та фауни.

Не зважаючи на досить добру вивченість у світі, травертини Поділля довгий час залишалися практично недослідженими. Можна знайти лише епізодичні роботи таких вчених, як А.Ломницького [11], М.В. Куниці [4], Н.В. Пименової [7], Л.Д. Баженової [1], З.І.Хмілевського [8], проте в основному вони присвячені викопним флорі та фауні з кількох місцезнаходжень. У 2000-2004 роках нами було зроблено спробу комплексного та різностороннього вивчення травертинів Поділля: з'ясовано закономірності поширення, розроблено класифікацію структур та текстур [5], описано викопні флору [3] та малакофауну [2], генезис травертинових скель [6], їх сучасну фаціальну структуру. Наступні дослідження були спрямовані на розкриття особливостей процесу травертиноутворення на Поділлі, увагу зосереджено на таких проблемах: 1) територіальні межі сучасного утворення травертинів; 2) відмінності цього процесу в різних частинах Поділля; 3) динаміка основних показників вод, з яких відкладається травертин; 4) роль живих організмів у травертиноутворенні.

Нами обстежено близько п'ятдесяти місцезнаходжень травертинів у каньйоні Дністра та долинах його приток (Стрипи, Джурина, Серету Студениці, Ушиці, Данилівки та ін.) в межах Тернопільської, Хмельницької, Івано-Франківської та Чернівецької областей. Серед цих місцезнаходжень приблизно двадцять є активними (тобто тут відбувається утворення травертинів), вони розташовані в межах каньйону Дністра та в південних частинах Тернопільської та Хмельницької областей (рис.1). Сучасні процеси травертиноутворення можна спостерігати: а) в межах травертинових скель; б) на схилах, порослих мохами; в) в потічках.



Травертинові скелі – це великі скупчення травертинів, довжина їх коливається від 5-10 м до 200м, висота - від 2-3 м до 12м, вони розташовуються на крутих схилах

річкових долин чи балок і нагадують фрагменти терас. Зовнішній вигляд та розміри скель залежать від того, на якій стадії розвитку вони перебувають, всього ми виділили чотири умовні етапи [6]. На першому - кальцит відкладається паралельно до схилу переважно на мохах, утворюючи зародок майбутньої скелі. На другому - у верхній частині травертинового скупчення виникає площадка і карбонат кальцію відкладається горизонтально. На площадці часто може виникати озерце, а навколо нього починає рости вологолюбна рослинність: очерет, рогіз, ситник та ін., можуть з'являтися кущі верби та вологолюбні дерева (в'яз, вільха). Третій етап – кальцит нагромаджується в основному на вертикальній стінці, що густо поросла мохом. Четвертий етап характеризується тим, що верхня частина скелі досягла рівня водоносного горизонту, потічок зміщується до її краю і нарощує поряд нове травертинове нагромадження.

На основі досліджень, що дозволили виявити динаміку деяких показників води та особливості відкладання кальциту, в межах активних скель ми виділили кілька частин (зон), що задіяні в цьому процесі. По-перше, це “зона нагромадження”, що включає джерело та невелику водойму біля нього, вода має майже постійну температуру, малу швидкість руху, кальцит не відкладається, проте тут відбувається перша взаємодія між підземними водами та атмосферою. “Зона текучої води” знаходиться між “зоною нагромадження” та бровкою скелі, тут вода, рухаючись в струмку, прогрівається, втрачає частину вуглекислого газу, але карбонат кальцію практично не відкладається. “Зона розсіювання” – охоплює вертикальну стінку, а часто і підніжжя скелі, що густо поросли мохом, проходячи через нього, вода розбивається на окремі краплі, її температура зростає, значно спадає вміст CO_2 . В цій зоні відбувається відкладання травертину, про це свідчить дані хімічних аналізів, що були зроблені нами у п'ятьох активних місцезнаходженнях (біля сіл Стінка (Буцацький район), Устячко (Заліщицький район Тернопільської області), Ісаків (Тлумацький район Івано-Франківської області), Кулевці (Заставнівський район Чернівецької області), Отроків (Новоушицький район Хмельницької області). Ми брали по три проби води біля джерела (зона нагромадження), перед бровкою скелі (зона текучої води) та після вертикальної стінки (зона розсіювання) і визначали її температуру, вміст CO_2 та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Як видно з таблиці 1, на всіх місцезнаходженнях спостерігається збільшення температури води та зменшення вмісту CO_2 від зони нагромадження до зони розсіювання, а різке зменшення вмісту $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ відбувається тільки у зоні розсіювання.

Інший спосіб відкладання травертину (безпосередньо на схилах) можна спостерігати в каньйоні Дністра та в долинах його приток. Карбонат кальцію відкладається на мохах, утворюючи невеличкі подушкоподібні сходи, по яких стікає вода. Якщо травертин “молодий”, то його щільність невелика і під мохом знаходиться травертиновий пісок. Якщо ж кальцит відклався давніше, то травертин досить щільний і по “мохових сходах” можна навіть ходити. Такі травертинові сходи можна спостерігати під скелями, або як самостійні утворення на крутих схилах річкових долин, наприклад, біля сіл Жизномир (Буцацький р-н), Зелений Гай, Колодрібка (Заліщицький р-н) та ін.

Утворення травертину в потоках ми виявили тільки в каньйоні Дністра, його схили порізані невеликими вузькими долинами з досить крутими бортами, по дні яких рухаються потічки. На своєму шляху вони розмивають червоні девонські пісковики, утворюючи уступи, на них поселяються мохи і відбувається відкладання кальциту. Трохи відмінний спосіб відкладання кальциту спостерігається біля

с.Трибухівка Дунаєвського району Хмельницької області. Скеля тут була частково зруйнована, таким чином, що дві величезні відвалені брили на різних рівнях уторили два гроти, по їх стінах та дну стікає вода, вкриваючи все кальцитом. За межами скелі в потічку на відстані 4-5 м одна від одної сформувалось близько п'яти серпоподібних загат висотою до 0,5м, товщиною приблизно 10 см. Ці утворення нагадують травертинові бар'єри в Хавасюпаї Крік, Фосил Крік (США) та інших ріках субтропічного поясу. Звісно трибухівські загати значно менші і зараз майже не ростуть, але вони свідчать про існування в минулому умов, що сприяли їх розвитку.

Таблиця 1

Зміна температури води, вмісту CO_2 та $Ca(HCO_3)_2$ по зонах

Місцезнаходження	Стінка			Устечко			Ісаків			Кулевці			Отроків		
Показники	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона
Температура повітря, °С	18,2	19,6	20,4	26,4	26,4	28,5	19,8	20,7	21,3	19,5	20,4	23,5	20,3	22,1	24,3
Температура води, °С	9,2	9,8	12,8	9,5	12,1	15,2	9,8	13,1	14,6	10	11,7	14,3	9,7	11,7	13,1
Вміст $a(HCO_3)_2$, мг-екв/л	10	10	7,9	9,9	9,9	6,3	9,8	9,8	6,5	9,9	9,9	7,4	9,6	9,6	6,7
Вміст CO_2 , мг/л	28,1	20,2	15,4	22,1	15,3	12,5	30,2	26,4	15,8	25,7	22,4	19,3	27,5	25,9	23,7

Таким чином, існують деякі відмінності у процесах травертиноутворення навіть в межах досліджуваної території, не кажучи вже про Європу та світ. Тому, не зважаючи на численні праці зарубіжних вчених [9; 10], що присвячені аналізу

факторів, що впливають на травертиноутворення, існує потреба у їх дослідження власне на Поділлі та складання схеми цього процесу саме для наших теренів.

Основною умовою формування травертинів (травертиноутворення) на Поділлі, як і у всьому світі, є перенасичення водного розчину бікарбонатом кальцію, тобто в основі їх утворення лежать процеси розчинення та осадження CaCO_3 , що відбуваються за рівнянням:



В умовах Поділля опади, проходячи через атмосферу та ґрунт, збагачуються CO_2 , який, взаємодіючи з водою, утворює вугільну кислоту. Далі води просочуються через карбонатні породи (вапняки верхнього тортону і середнього сармату), вугільна кислота вступає в реакцію із карбонатом кальцію, в результаті цього утворюється розчинний у воді бікарбонат кальцію. Рухаючись по поверхні водотривких шарів (девонські аргіліти і силурійські алевроліти), ці підземні води виходять на поверхню у вигляді джерел на схилах балок, річкових долин. Пройшовши певну відстань, води частково випаровуються, прогріваються і втрачають частину вуглекислого газу, це призводить до розпаду молекул бікарбонату кальцію на молекули води, вуглекислого газу та карбонату кальцію. В результаті цього водний розчин стає перенасиченим і відбувається осадження карбонату кальцію у вигляді дрібних кристалів, які, як правило, відкладаються на рослинах (найчастіше мохах).

Нами було зроблено спробу простежити за динамікою основних показників води (температурою, вмістом CO_2 та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) протягом доби на п'яти вищезгаданих місцезнаходженнях. У всіх випадках спостерігались такі закономірності: в зоні нагромадження впродовж доби температура води, вміст $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ істотно не змінюється, лише вміст вуглекислого газу вночі зростає (це напевно пов'язане з низькими температурами повітря та перервою у фотосинтезі в рослин), а вдень – зменшується. В зоні текучої води температура зменшується протягом ночі, далі досягає максимуму між 12 та 16 год, а потім знов спадає. Вміст вуглекислого газу максимальний вночі, а мінімальний – між 12-16 год, вміст $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ майже не змінюється. В зоні розсіювання температури води найменші вночі, максимальні – між 12-16 год. Вміст CO_2 та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ максимальний вночі, мінімальний між 12-16 год, а потім знов зростає.

Для прикладу наведемо діаграми (рис.2), побудовані на основі аналізів, зроблених біля с. Устечко. Аналізи проводилися кожні дві години, проби бралися в трьох зонах. Ми проводили комплексонометричне визначення твердості води та визначення вмісту CO_2 . В основі першого методу лежить титрування відміряного об'єму води розчином трилону Б в присутності індикатора хромогену чорного спеціального ЕТ-00. Визначення вмісту CO_2 включало орієнтовне та кінцеве визначення вмісту вуглекислого газу. Для орієнтовного визначення ми брали 100мл води добавляли 0,3 – 0,5 г дрібнозернистої сегнетової солі (чи 1мл. 30% розчину) і 1 мл 0,1 % спиртового розчину фенолфталеїну і титрували 0,05Н розчином NaOH до появи стійкого рожевого забарвлення. Для кінцевого визначення відмірювали стільки ж 0,05Н розчину NaOH, скільки було затрачено для орієнтовного визначення, додавали 1 мл 30 % розчину сегнетової солі, 100мл води, 1 мл 0,1% розчину фенолфталеїну і дотитровували 0,05Н розчином NaOH до рожевого кольору. Визначення вмісту CO_2 проводили за формулою.

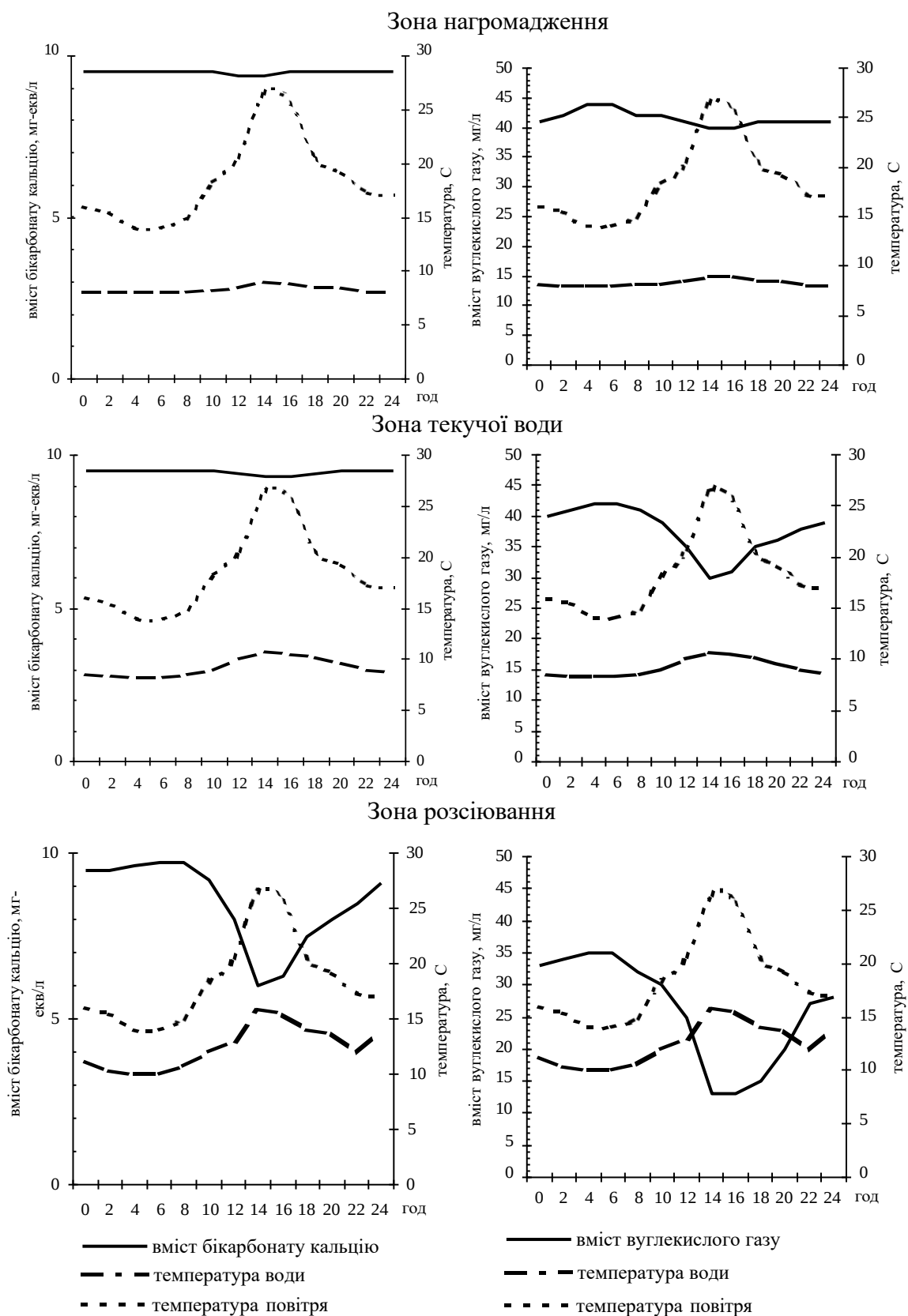


Рис.2. Динаміка температури, вмісту CO_2 та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ впродовж доби, с.Устечко

Травертини є унікальним утворенням, бо, з одного боку, мають хемогенне походження, але з іншого – його формування залежить від оточуючих живих організмів. Для того, щоб відбувалося відкладання кальциту з нетермальних вод

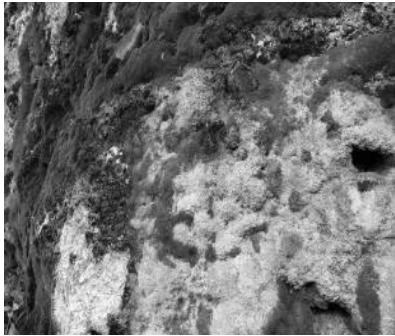


Рис.3. Мох (*Didymodon tophaceus*) вкритий кальцитом, с Космирин

не достатньо самих лише фізичних факторів (температури, тиску та ін.), обов'язково є присутність рослин, особливо мохів. Саме вони інтенсивно поглинають вуглекислий газ, проходячи через них водяні струминки розбиваються на краплі, що сприяє виділенню CO_2 з води і послабленню хімічних зв'язків, за рахунок яких утримується розчинений бікарбонат. На мохах відкладаються кристали кальциту, які служать ядрами кристалізації, саме вони впливають на формування текстури травертинів. На активних травертинових місцезнаходженнях ростуть такі види мохів: *Conocephalum conicum*, *Cratoneuron commutatum*, *Cratoneuron filicinum*, *Bryum pseudobriquebrum*, *Bryum pallescens*, *Dracnoladus sendfneri*, *Brachythecium rivulare*, *Didymodon tophaceus*. Саме їх можна вважати травертиноутвірними, вони визначають особливості морфології



Рис.3 Травертинові куполи біля підніжжя скелі, с.Космирин

травертинів. Так завдяки кратоневроновим мохам виникають “травертинові занаваси”, “травертинові труби” і “жолоби”, брієві мохи беруть участь у формуванні “травертинових сходин”, дідімодонові мохи утворюють складний рельєф стінок скель та гротів. Таку ж роль, як і мохи, можуть виконувати водорості, зокрема вошерія. Ця рослина, як правило, росте біля підніжжя скель, завдяки їй утворюються травертини з водоростевою текстурою (вони складаються з тонких ниток переплетених між собою) та травертинові куполи під водоспадами (горби висотою до 1 м (див. рис.3)).

Таким чином, травертиноутворення – це досить складний процес, в ході якого відбувається взаємодія між літогенною основою (вапняки), водою, атмосферою та живими організмами, він вимагає глибшого та детальнішого вивчення. Наші дослідження є лише першим кроком, адже варто було б дослідити хімізм цього процесу, швидкість росту травертинів, простежити за динамікою інших хімічних характеристик вод (вмістом катіонів та аніонів, рН) та ін.

1.Баженова Л.Д. Флора четвертичных травертинов юга европейской части СССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. - Киев,1980.-21с. 2.Волік О. Викоппі молюски з четвертинних травертинів Середнього Придністров'я та їх палеогеографічне значення//Наукові записки ТДПУ. Серія: Географія. 2003, №2.-С.40-44. 3.Волік О. Викоппа флора з травертинів Поділля як індикатор палеогеографічних умов їх утворення//Наукові записки ТДПУ. Серія: Географія. 2004, №1.- С.41-45. 4.Куница М.О. Голоценові травертини на Дністрі та їх фауна.- Доповіді АН УРСР, 1965, №9.-С. 1190-1193. 5.Свинко Й., Волік О. Структури і текстури четвертинних травертинів Середнього Придністров'я //Наукові записки ТДПУ. Серія: Географія. 2002, №1.-С.18-23. 6.Свинко Й., Волік О.Про генезис травертинових скель Середнього Придністров'я //Наукові записки Вінницького держ. пед. унів. ім. М. Коцюбинського. Серія: Географія. 2003, №6.-С.174 –178. 7.Пименова Н.В. Четвертинні туфи с. Песець на Поділлі // Четвертинний період, №7.-К.:Вид-во АН УРСР, 1934.-С.33-34. 8.Хмилевский З.И. Фауна и возраст нижнекривченских известковых туфов// Палеонтологический сборник, №3, вып.2.Львов,

1966.-C.137-139. 9.Drysdale RN. 2001. Factors controlling the hydrochemistry of Louie Creek, a travertine-depositing stream in the seasonally wet tropics of northern Australia. *Marine and Freshwater Research* **52**: 793–804. 10.Liu Z, Svensson U, Dreybrodt W, Yuan DX, Buhmann D. 1995. Hydrodynamic control of inorganic calcite precipitation in Huanglong Ravine, China: field measurements and theoretical prediction of deposition rates. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **59**: 3087–3097. 11.Lomnicki A. Mieczaki znane dotychczas z pleistonu galicijego. Kosmos, XI. Lwow. 1886

The peculiarity of travertine creation on Podillya has been described. The main factors controlled travertine creation have been analyzed during round the clock. The roles of plants (mosses and algae) in travertine creation have been determined.