

СНІГОВИЙ ПОКРИВ ВИСОКОГІР'Я УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ – ІНДИКАТОР ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Е.Я. Жовинський¹, Н.О. Крюченко¹, П.С. Папарига²

*1. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,
03680, просп. Палладіна, 34, г. Київ, Україна
e-mail: edward34@voliacable.com*

2. Карпатський біосферний заповідник, м. Рахів

Проведено вивчення вмісту макро- та мікрокомпонентів у пробах снігу найвищих гірських вершин, які входять до складу Карпатського біосферного заповідника – на території Тячівського та Рахівського районів Закарпаття. У результаті досліджень встановлено, що середній вміст токсичних елементів (Zn, Cu, Ni, Cr, Co та ін.) у сніговому покриві Тячівського району вищий, ніж Рахівського, що може бути наслідком впливу промисловості Львівської області (Бурштинська ТЕС, промпідприємства) за переважного південно-західного напрямку вітрів. У той же час, відмічається повільне зменшення вмісту токсичних елементів (Рахівський район) від кордону з Румунією вглиб території України. Враховуючи переважний північно-східний напрямок вітру, можливо припустити транскордонний переніс забруднювачів з території Румунії.

Вступ. Основним індикатором екологічного стану атмосфери є сніговий покрив. Сніг – форма атмосферних опадів, що складається з дрібних кристалів льоду. Вони утворюються, коли мікроскопічні краплі води у хмарах притягуються до пилових частинок і замерзають. При цьому формуються кристали льоду, розмір яких не перевищує 0,1 мм у діаметрі, вони падають униз і збільшуються внаслідок конденсації на них вологи з повітря [1].

У досліджуваному регіоні актуальними є проблеми транскордонного перенесення, тобто поширення забруднювачів з повітряними течіями за межі держав, на території яких знаходяться джерела забруднення. Шляхи вирішення проблеми транскордонного перенесення розглядаються двосторонніми та багатосторонніми угодами (в тому числі Конвенцією про транскордонне забруднення повітря на великій відстані: Женева, 1979 р.) і передбачають вивчення перенесення полютантів. Враховуючи відсутність інформації про хімічний склад снігового покриву Карпат, ми розпочали відповідне дослідження.

© Е.Я. Жовинський, Н.О. Крюченко,
П.С. Папарига, 2011

Мета дослідження – встановити ступінь забруднення снігового покриву заповідних зон Українських Карпат.

Об'єкт досліджень – сніговий покрив високогір'я Українських Карпат.

Предмет досліджень – вміст хімічних елементів у сніговому покриві.

Методи та методика досліджень. Визначення концентрації розчинних інгредієнтів у сніговому покриві проведена за загальноприйнятими методиками. Аналіз вмісту основних іонів – SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (в мг/дм³) здійснено в хімлабораторії Карпатського біосферного заповідника.

Визначення вмісту хімічних елементів у зразках снігу на ICP-MS проведено в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР).

Проби снігу було відібрано 1–2 квітня 2010 року, на початку весняного сніготанення, у вертикальному розрізі снігового шару. Таким чином отримано зразки снігового покриву з усередненим вмістом концентрації специфічних забруднювачів – важких металів, що надходять з атмосферними опадами протягом зими.



Рис. 1. Розташування місць відбору зразків снігу. Тячівський район, полонини: 1 – Виднога, 2 – Щавна, 3 – Щербан, 4 – Менчул. Рахівський район: 5 – полонина Драгобрат, 6 – г. Петрос Мармароський, 7 – полонина Менчул Квасівський, 8 – г. Петрос Черногірський, 9 – г. Близниці (Лазищі), 10 – г. Говерла.

Відбір зразків проведено на 10 ділянках, за методом конверту, тобто 1 ділянка – 5 зразків снігу, з різних висотних поясів (висота від 1050 до 2020 м) у межах Рахівського та Тячівського районів Черногірської геоморфологічної області Карпат (табл. 1, рис. 1). Зразки 1–4 відібрано з території Тячівського району (Широколужанський масив), зразки 5–10 – з території Рахівського району (Черногірський масив).

Природні умови району робіт [2, 4]. Широколужанський масив представлений районом середньовисотного нагірного рельєфу на відрогів південного макросхилу хребта Красна. Полонинський хребет є потужним бар'єром на шляху холодних північних і північно-східних повітряних течій. Масив майже повністю вкритий лісом. Найвище зростають чисті та змішані букові ліси, верхня межа яких проходить на висоті 1250–1350 м над рівнем моря (н. р. м.).

Геологічний фундамент території складений, в основному, крейдовими та палеогеновими відкладами. Головною ґрунтоутворювальною породою є пісковики флішу. Ґрунтовий покрив представлений бурими гірсько-лісовими і дерновими ґрунтами.

Черногірський масив. У геологічній будові території беруть участь породи флішової формації, представленої утвореннями мезозойського (крейдова система) та кайнозойського (палеогенова підсистема) віку.

Верхня частина масиву безлісна, а схили майже повністю вкриті лісом. Основна порода дерев – смерека (до 1650 м н. р. м.). У субальпійському поясі переважає криволісся сосни гірської, вільхи зеленої, а також незначні за площею осередки ялівцю сибірського. Зі збільшенням висоти субальпійську рослинність змінюють альпійські луки.

Таблиця 1. Місця відбору зразків снігу

Номер зразка	Місце відбору	Висота над рівнем моря, м
<i>Тячівський район</i>		
1	полонина Виднога	1316
2	полонина Щавна	1261
3	полонина Щербан	1229
4	полонина Менчул	1243
<i>Рахівський район</i>		
5	полонина Драгобрат	1250
6	г. Петрос Мармароський	1800
7	полонина Менчул Квасівський	1410
8	г. Петрос Черногірський	2020
9	г. Близниці (Лазищі)	1650
10	г. Говерла	2061

Осадовий чохол невеликої потужності складений продуктами вивітрювання гірських порід. Ґрунти представлені бурими гірсько-лісовими щепеневими і лучно-буроземними.

Річна ізотерма повітря 0 °С охоплює високогірні ландшафти, розташовані вище 1850 м н.р.м. Середньорічна температура повітря на вершинах двотисячників – 0–2 °С. Кількість опадів від 1000 до 1500 мм на рік.

Результати та обговорення. Проведено дослідження хімічного складу снігових вод та визначено їхній макрокомпонентний склад (табл. 2). Снігові води відносяться до гідрокарбонатно-натрієвого типу, загальна мінералізація від 17,8 до 39,9 мг/дм³.

Максимальну кількість сульфатів встановлено у пробах снігу з полонин Виднога – 5,3 мг/дм³ (загальна мінералізація 39,9 мг/дм³) та Щавна – 3,5 мг/дм³ (27,0 мг/дм³).

Велике значення має рН снігового покриву, бо за наявності викидів пилу, оксидів сірки, азоту, вуглецю відбувається техногенна трансформація хімічного складу снігових вод. Внаслідок надходження великої кількості пилу (цементна, будівельна промисловість, теплоенергетика, чорна металургія, виробництво аміаку) спостерігається підвищення лужності снігових вод до 8,5–9,5, а також збільшення вмісту кальцію, магнію, гідрокарбонат-іонів за рахунок розчинення техногенних карбонатів пилових частинок. Постачання оксидів сірки (теплові станції на вугіллі, кольорова металургія, коксо- і нафтохімія) спричиняє, навпаки, підкислення снігових вод [3].

У високогірних зонах території Карпатського біосферного заповідника значення рН снігу дорівнює 4,5–6,0, що відповідає регіональному фоновому значенню.

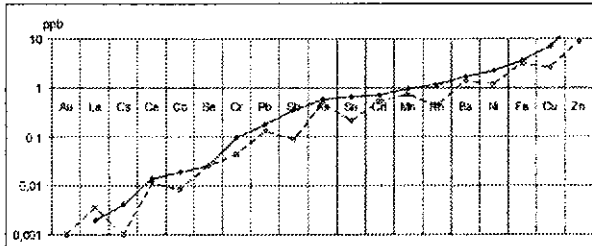


Рис. 2. Середній вміст елементів у сніговому покриві. Райони: суцільна лінія – Тячівський, пунктирна – Рахівський

Для встановлення можливого забруднення території за рахунок атмосферних течій було визначено вміст мікроелементів у зразках снігу (табл. 3).

Виконано порівняння зразків снігу з Тячівського (зр. 1–4) та Рахівського (зр. 5–10) районів (рис. 2). Встановлено, що середній вміст елементів у сніговому покриві в Тячівському районі вищий, ніж у Рахівському. Це може бути наслідком впливу промисловості Львівської області (Бурштинська ТЕС, промпідприємства), оскільки основним напрямом вітрів тут є південно-західний.

В обох районах є чисті та "умовно забруднені" ділянки. Тому, проведено загальний аналіз забруднення снігового покриву всього району досліджень. Цей аналіз дав змогу визначити таке: полонини Виднога, Шавна та гора Говерла (зр. 1, 2, 10 відповідно) є не забрудненими, перевищення вмісту до фонового спостерігається лише для деяких

Таблиця 2. Макрокомпонентний склад снігу

Номер зразка (як у табл. 1)	рН	Головні іони, мг/дм ³					Мінералізація, мг/дм ³
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
1	5.62	16.5	5.4	5.3	2.4	10.3	39.9
2	5.68	8.9	5.4	3.5	0.6	8.6	27
3	5.76	12.7	4.3	2.5	0.6	8.9	29
4	5.6	7.6	2.9	1.6	0.6	5.1	17.8
7	5.53	12.7	4	1.6	0.6	8.1	27
8	6.05	17.8	5	2.2	3	8.2	36.2
9	5.9	7.6	4.6	3.5	2	4.2	21.9
10	5.07	12.1	2.3	1	0.6	6.5	22.5

елементів. Наприклад, на полонині Петрос Мармароський – у 1,5 рази Mn (зр. 6), на полонині Менчул Квасівський – у 2 рази La (зр. 7), на горі Близниці (Лазищі) – у 8 разів Au (зр. 9).

Найбільш забруднений сніговий покрив серед досліджених характеризується перевищенням фонового вмісту комплексу елементів у 3 і більше разів. Зразки з такими параметрами відібрано на полонині Щербан – Co, Cu, Rb, Cd, Sb, Sr, Sn, Cs, La мають істотно підвищений вміст, а вміст Cd перевищує фоновий у 5 разів; на полонині Менчул – Fe, Co, Ni, Zn, Se; на горі Петрос Чорногірський – Se, Ba, Pb (зр. 3, 4, 8 відповідно).

Полонина Щербан знаходиться між двома населеними пунктами – Колочава і Комсомольськ, полонина Менчул – між населеними

Таблиця 3. Вміст хімічних елементів у зразках снігу, ppb

Хімічний елемент	Номер зразка (як у табл. 1)										Фоновий вміст
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cr	0.049	0.072	0.126	0.122	0.144	0.142	0.039	0.024	0.032	0.048	0.0605
Mn	0.644	1	0.996	0.918	0.644	1.114	0.745	0.378	0.988	0.715	0.8315
Fe	1.77	2.825	4.471	7.52	3.862	5.604	4.382	1.468	2.601	2.176	3.3435
Co	0.008	0.012	0.026	0.026	0.013	0.019	0.009	0.008	0.007	0.006	0.0105
Ni	0.938	2.077	2.453	3.273	1.492	2.151	0.853	1.226	1.176	1.149	1.359
Cu	2.491	5.901	9.188	8.478	2.405	4.654	1.441	2.937	3.337	1.317	3.137
Zn	7.907	22.904	30.197	36.932	9.727	22.68	7.563	11.97	7.485	5.582	10.8485
As	0.554	0.661	0.547	0.619	0.668	0.492	0.606	0.506	0.41	0.475	0.5505
Se	0.112	0.051	0	0	0.051	0	0.051	0.163	0	0	0.0255
Rb	0.577	0.82	2.689	1.493	0.488	0.693	0.31	0.38	0.617	0.288	0.597
Cd	0.808	0.615	2.747	0.563	0.49	0.568	0.5	0.881	0.558	0.266	0.5655
Sb	0.287	0.404	2.009	0.128	0.05	0.156	0.008	0.084	0.09	0.28	0.142
Ba	2.382	2.491	0.724	1.004	1.662	1.059	4.54	6.426	0.808	1.172	1.417
Au	0	0.001	0	0	0.001	0	0	0.001	0.004	0.001	0.0005
Pb	0.031	0.236	0.19	0.166	0.149	0.116	0.153	0.466	0.087	0.054	0.151
Sn	0.137	0.896	0.941	0.432	0.212	0.137	0.212	0.387	0.379	0.068	0.2955
Cs	0	0.003	0.007	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
La	0.001	0.002	0.004	0.002	0.001	0.004	0.006	0.004	0.002	0.003	0.0025
Ce	0.008	0.02	0.007	0.035	0.006	0.023	0.015	0.007	0.021	0.006	0.0115

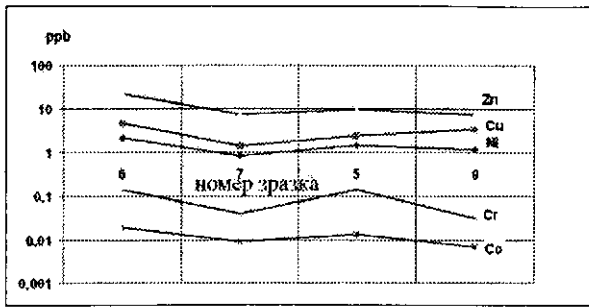


Рис. 3. Вміст важких металів у сніговому покриві. Зразки: 6 – г. Петрос Мармароський, 7 – полонина Менчул Квасівський, 5 – полонина Драгобрат, 9 – г. Близниці

пунктами Вільшани і Забрідь, які можливо, і є причиною забруднення снігу.

За характером розподілу хімічних елементів виявлено певні стійкі зв'язки і виділено три групи елементів з різною концентрацією: перша група хімічних елементів (Rb, Cd, Sb, Cs, Au) характеризується перевищенням значень концентрації у 5–20 разів у порівнянні з фоном, друга група (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Ba, Pb, Ce, La, Sn) – у 2–4 рази вище фонового вмісту, до третьої групи відносяться інші елементи, вміст яких перевищує фоновий не більше, ніж удвічі.

Оскільки територія досліджень межує з Румунією, можливим є транскордонний перенос токсичних елементів. Тому було проведено комплексне дослідження зразків, відібраних поблизу кордону з Румунією з поступовим віддаленням від нього. Переважний напрям вітру – з південного сходу на північний захід. Зміну значень вмісту хімічних елементів у сніговому покриві досліджено у зр. 6, 7, 5, 9 (див. рис. 1).

Гора Петрос Мармароський (зр. 6) розташована безпосередньо на кордоні з Румунією – у п'яти метрах від прикордонного знаку. Тут відзначено підвищений вміст важких металів (Zn, Cu, Ni, Cr, Co) у сніговому покриві у порівнянні із снігом полонини Менчул Квасівський, що перевищує їх відповідний вміст в 3 рази, а Sb – в 20 разів (див. табл. 3).

Полонина Менчул Квасівський (зр. 7) розташована у 18 км від кордону. Тут у сніговому покриві не встановлено перевищення значень вмісту важких металів відносно фонового.

У сніговому покриві полонини Драгобрат (зр. 5), що розташована у 45 км від кордону, також не відмічено перевищення вмісту важких металів. Це може бути пов'язано із перенесенням та впливом викидів із опалювальних систем туристичного комплексу "Драгобрат", розташованого поблизу місця відбору проб (0,5–0,7 км). Інші джерела забруднення поруч відсутні.

У сніговому покриві гори Близниці (зр. 9), що розташована на відстані 50 км від кордону, також не встановлено перевищення вмісту важких металів відносно фонового (рис. 3).

Тобто спостерігається повільне зменшення вмісту важких металів від кордону з Румунією вглиб території України. Враховуючи переважний північно-східний напрямок вітрів у районі досліджень, можна припустити транскордонний переніс з території Румунії забруднювачів, у т. ч. важких металів.

Висновки. У результаті досліджень встановлено, що середній вміст токсичних елементів (Zn, Cu, Ni, Cr, Co та ін.) у сніговому покриві Тячівського району вищий, ніж Рахівського. Це може бути наслідком впливу промисловості, розташованої на території Львівської області, оскільки переважає південно-західний напрям вітрів. В той же час, відмічається повільне зменшення вмісту токсичних елементів у сніговому покриві Рахівського району від кордону з Румунією вглиб території України, що дозволяє припустити можливий транскордонний переніс забруднювачів з території Румунії, особливо внаслідок того, що переважним напрямом вітру тут є північно-східний.

Встановлено, що хімічний склад снігового покриву на полонині Щавна (зр. 2) та горі Говерла (зр. 10) характеризується найменшим вмістом мікроелементів і може вважатися еталонним "умовно чистим" для території Карпатського біосферного заповідника.

Дослідження проведені за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (проект № Ф41.3/006)

Надійшла 28.04.2011.

1. Блох А.М. Структура воды и геологические процессы. – М.: Недра, 1969. – 216 с.
2. Гофштейн И.Д. Геоморфологический очерк Украинских Карпат. – К.: Наук. думка, 1995. – 84 с.
3. Беус А.И., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
4. Флора і рослинність Карпатського заповідника / [С.М. Стойко, Л.О. Тасенкевич, Л.І. Мілкіна та ін.] – К.: Наук. думка, 1982. – 172 с.

Жовинский Э.Я., Крюченко Н.О., Папaryга П.С. Снежный покров высокогорья Украинских Карпат – индикатор загрязнения окружающей среды. Проведено изучение содержания макро- и микрокомпонентов в пробах снега наиболее высоких горных вершин, входящих в состав Карпатского биосферного заповедника на территории Тячевского и Раховского районов Закарпатья. В результате исследований установлено, что среднее содержание токсичных элементов (Zn, Cu, Ni, Cr, Co и др.) в снежном покрове Тячевского района выше, чем Раховского, что может быть следствием влияния промышленности Львовской области (Бурштынская ТЭС, промпредприятия) и преобладающему юго-западному направлению ветров. В то же время, отмечается постепенное уменьшение содержания токсичных элементов (Раховский район) от границы с Румынией вглубь территории Украины. Учитывая преимущественное северо-восточное направление ветра, можно предположить трансграничный перенос загрязнителей с территории Румынии.

Zhovinsky E.Ya., Kryuchenko N.O., Paparyha P.S. Snow cover high mountains of Ukrainian Carpathians – indicator of environmental pollution. The study of the content of macro- and microcomponents in snow samples of the highest mountain peaks, which are part of the Carpathian Biosphere Reserve (CBR) in Tyachiv and Rakhiv areas of Transcarpathia. As a result of research that the average contents of toxic elements (Zn, Cu, Ni, Cr, Co, etc.). Tyachiv in snow cover area is higher than Rakhiv that may be due to industrial Lviv region (Burshtyn TES, industrial enterprises) for priority southwest wind. At the same time, observed the slow reduction of toxic elements (Rakhiv district) from the border with Romania inland territory of Ukraine. Given the predominant northeast wind direction may be assumed transboundary pollutants carried from the territory of Romania.