

УДК: 504.054:661.183

Глух О.С., к.х.н., доц.; Симканич О.І., к.х.н., доц.

СОРБЦІЯ СУЛЬФУР (IV) ОКСИДУ ДЕЯКИМИ ВИДАМИ СУХОЇ РОСЛИННОСТІ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46;
e-mail: oleg.glukh@uzhnu.edu.ua

Важливою властивістю рослинної біомаси є здатність поглинати газоподібні забруднювальні речовини із повітря. Особливо така властивість має значення для рослин, які ростуть поблизу джерел забруднення – автодоріг, населених пунктів і промислових підприємств. Сульфур (IV) оксид є одним із найбільш небезпечних поллютантів атмосферного повітря. Це безбарвний газ, з різким задушливим запахом. Джерелами потрапляння Сульфур (IV) оксиду у навколишнє середовище є як природні, так і антропогенні об'єкти: вулканічні виверження, спалювання сухої рослинності і палива, металургія, виробництво сульфатної кислоти тощо. Виконуючи фільтрувальну функцію, листя рослин поглинає SO_2 з атмосферного повітря, у результаті чого на ньому з'являються плями – некрози. Тривалий вплив SO_2 призводить до пригнічення росту рослин і навіть до їх загибелі [1]. Встановлено, що ефект впливу SO_2 на рослини залежить від метеорологічних факторів: з підвищенням температури і відносної вологості повітря збільшується небезпека пошкодження рослин. Також, слабкі вітри та низинний рельєф місцевості сприяють зростанню фітотоксичності SO_2 [2]. Опале сухе листя має пористу структуру, тому поглинає пил і токсичні гази більш інтенсивно [3].

Значна кількість наукових праць присвячена дослідженню рослинних сорбентів для очистки води [4]. Сорбція із газової фази вивчена у меншій мірі, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Для дослідження використовували висушене до постійної маси листя подорожника, костриці лучної, кропиви та лопуха – поширених на території Закарпатської області та України в цілому польових рослин. Зважені зразки (1-3 г) сухого листя поміщали

у поглинальну склянку в неподрібненому вигляді з метою наближення експерименту до природних умов. Сорбційні властивості сухої рослинності вивчали за допомогою установки, зображеної на рис. 1.

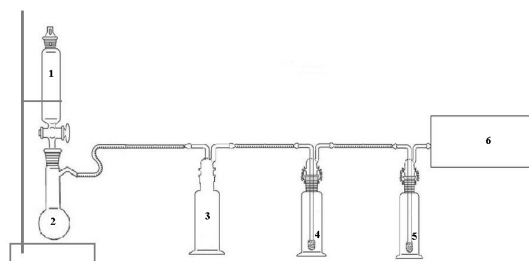


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

1 – ділильна лійка, 2 – колба Вюрца, 3 – поглинальна склянка із сухою рослинністю, 4, 5 – поглинальні склянки із розчином калій хлорату, 6 – водострумний насос.

Принцип дії установки полягав в утворенні SO_2 у результаті додавання надлишку концентрованої сульфатної кислоти (ділильна лійка 1) до наважки кристалічного натрій сульфіту (колба Вюрца 2) і його пропусканні через серію поглинальних склянок 3-5. Для інтенсифікації взаємодії використовували незначне нагрівання дна колби Вюрца спиртівкою. Використання насоса 6 давало можливість утвореному газу долати гідравлічний опір системи газовідвідних трубок і поглинальних склянок. Одночасно із обертанням краника ділильної лійки, вмикали водострумний насос. Сульфур (IV) оксид, який виділявся, проходив через газовідвідні трубки до поглинальної склянки із сухою рослинністю. Кількість газу, поглинутого сухим листям, визначали за різницею між кількістю утвореного SO_2 і кількістю газу, що поглинувся розчином калій хлорату:



Утворений у склянках 4 і 5 розчин використовували для визначення концентрації сульфат-іонів титриметричним методом [5]. Титрування кожного розчину проводили 3 рази і розраховували середнє значення (табл. 1). Водострумний насос

вимикали через 5 хвилин після завершення виділення бульбашок газу у колбі 2.

Для встановлення впливу площі листового матеріалу на значення сорбції, визначали загальну площу зразка сухого листя методом вагового інтегрування [6].

Таблиця 1. Результати визначення питомої сорбції зразків сухої рослинності при $t = 22^{\circ}\text{C}$

Рослина	Маса зразка сухої рослини, г	Загальна площа поверхні зразка сухої рослини, m^2	Маса SO_2 , г			Питома сорбція, $\text{mg SO}_2 / \text{g}$ росл.
			Загальна m_1	Поглинуто розчином KClO_3 m_2	Поглинуто сухою рослиною $m_3 = m_1 - m_2$	
Подорожник	2,522	0,0335	1,000	0,384±0,030	0,616±0,030	244±12
Костриця лучна	3,053	0,2317	1,000	0,045±0,004	0,955±0,004	313±1
Кропива	2,268	0,0721	0,888	0,157±0,013	0,731±0,013	322±6
Лопух	2,455	0,0456	0,997	0,160±0,012	0,837±0,012	341±5

Також, досліджено сорбційну здатність зразків сухої рослинності при температурі близькій до 0°C .

Для цього поглинальну склянку 3 поміщали у льодову баню і пропускали Сульфур (IV) оксид, як описано вище.

Таблиця 2. Результати визначення питомої сорбції зразків сухої рослинності при $t = 0^{\circ}\text{C}$

Рослина	Маса зразка сухої рослини, г	Загальна площа поверхні зразка сухої рослини, m^2	Маса SO_2 , г			Питома сорбція, $\text{mg SO}_2 / \text{g}$ росл.
			Загальна m_1	Поглинуто розчином KClO_3 m_2	Поглинуто сухою рослиною $m_3 = m_1 - m_2$	
Подорожник	2,573	0,0342	1,000	0,550±0,047	0,450±0,047	175±18
Костриця лучна	2,360	0,1790	1,003	0,368±0,029	0,635±0,029	269±12
Кропива	2,729	0,0868	1,001	0,346±0,030	0,655±0,030	240±11
Лопух	3,333	0,0619	0,877	0,141±0,011	0,736±0,011	221±3

Отримані результати вказують на зменшення питомої сорбції при пониженні температури. Ймовірно, це зумовлено звуженням пор і зменшенням проникності волокон сухого листя.

Вимірювання загальної (m^2) і питомої (m^2/g) площі поверхні рослин дало можливість оцінити їх сумарну поверхню, що утворена рівними ділянками, виступами та тріщинами. Питома площа збільшується у ряду *подорожник-лопух-кропива-костриця лучна* (табл. 3).

Таблиця 3. Результати вимірювань питомої площі та насипної густини сухого листя

Рослина	Подорожник	Лопух	Кропива	Костриця лучна
Питома площа, м ² /г	0,0133	0,0186	0,0318	0,0759
Питома сорбція, мг/г (t =22°C)	244±12	341±5	322±6	313±1
Питома сорбція, мг/г (t =0°C)	175±18	221±3	240±11	269±12
Насипна густина, г/см ³	0,386	0,253	0,286	0,340

Відношення площі поверхні до одиниці маси сухого листя дає можливість оцінити адсорбцію, тобто здатність поглинати Сульфур (IV) оксид саме поверхнею листка. При температурі 0°C прослідковується чітка залежність: із збільшенням питомої площі листового матеріалу сорбційна здатність також зростає [7]. Найменше значення встановлено для листя подорожника 175±18 мг/г, найбільше – для костриці лучної 269±12 мг/г.

Однак, при температурі 22°C прямої залежності між питомою площею і сорбційною здатністю не встановлено, що вказує на участь у процесі поглинання газу не тільки поверхневих пор, але й внутрішніх, в об'ємі сухого листя. Тому, для наближеної оцінки пористості досліджуваних зразків сухого листя, було виміряно насипну густину подрібненої і просіяної через калібровані сита (d=1 мм) сухої біомаси (табл. 3). Найменше значення насипної густини, встановлено для подрібненого сухого листя лопуха – 0,253 г/см³, найбільше – для подорожника – 0,386 г/см³. Вважаючи залежність між значеннями насипної густини і пористості обернено пропорційною, підтверджено гіпотезу про участь внутрішніх пор сухого листя при температурі 22°C у процесі поглинання Сульфур (IV) оксиду.

На сорбцію SO₂ сухостоєм в природних умовах впливає багато факторів: вологість повітря, вміст вологи в сухій рослині, концентрація SO₂ у повітрі і періодичність її зміни, тривалість контакту рослини з газом, присутність у повітрі пилу та інших токсичних для рослин газоподібних речовин [8]. У лабораторних умовах відтворення такої сукупності умов є складним і тривалим процесом. У польових умовах складність проведення аналогічних досліджень

зумовлена необхідністю озолування рослинного матеріалу, а також врахуванням кількості сполук Сульфуру, що надходять у рослину з ґрунту. Однак, запропонована у роботі методика дослідження дає можливість порівняти сорбційну здатність різних видів сухої рослинності за інших однакових умов.

Отримані результати дають можливість зробити висновок, що при 22°C листя лопуха поглинає найбільшу з-поміж досліджуваних видів рослин кількість Сульфур (IV) оксиду. А при 0°C найкраще сорбує SO₂ – костриця лучна. При цьому, маса сорбованого газу становить від 18 до 34% від маси сухого листя (у перерахунку на зелену біомасу – від 4 до 9%). Розглядаючи фільтрувальну функцію рослинності та її здатність приймати участь у поглинанні токсичних газів з повітря, а, отже, очищувати його, можна рекомендувати сприяти поширенню ареалів лопуха великого і кропиви звичайної поблизу джерел забруднення повітря. З іншого боку, у контексті проблеми сезонного спалювання сухої рослинності, найбільша емісія токсичних газів і Сульфур (IV) оксиду у тому числі, спостерігатиметься для територій, де переважаючим видом є: у теплу пору – лопух великий і кропива, а в холодну – кропива і костриця лучна.

Список використаних джерел

1. Клименко М.О., Прищеп А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: *Академія*, 2006. С. 360.
2. Mohammed Aljahdali. Sulfur Dioxide (SO₂) Accumulation in Soil and Plant's Leaves around an Oil Refinery: A Case Study from Saudi Arabia. *American Journal of Environmental Sciences*. 2008, 4(1), 84–88. Doi: 10.3844/ajessp.2008.84.88.

3. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. С. 280.
4. Jodi M.L., Birnin-Yauri U.A., Yahaya Y., Sokoto M.A. The use of some plants in water purification. *Journal of Chemistry and Material Science*. 2012, 1(4), 71–75.
5. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. С. 312.
6. Рещецкий Н.П., Кильчевская О.С., Вагина Н.С., Латыпова Р.М., Моисеев В.П. Физиология и биохимия растений: метод. указания. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2000. С. 144.
7. Franks P.J., Beerling D.J. Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geologic time. *PNAS USA*. 2009, 106, 10343–10347. Doi: 10.1073/pnas.0904209106.
8. Jesse H. Bennett, A. Clyde Hill, David M. Gates. A Model for Gaseous Pollutant Sorption by Leaves. *Journal of the Air Pollution Control Association*. 1973, 957–962. Doi: 10.1080/00022470.1973.10469865.

Стаття надійшла до редакції: 27.10.2020.

THE SORPTION OF SULFUR DIOXIDE BY SOME SPECIES OF DRY PLANTS

Glukh O.S., Symkanych O.I.

*Uzhhorod National University, 88000, Uzhhorod, Pidhirna str., 46;
e-mail: oleg.glukh@uzhnu.edu.ua*

Sulfur dioxide is one of the most dangerous pollutants in the air. The leaves of plants perform a filtering function and absorb SO₂ from the atmosphere. As a result - spots appear on the leaves - necrosis. Dry vegetation has a porous structure, so it absorbs dust and toxic gases more intensively. Absorbed Sulfur dioxide re-enters the air during seasonal burning of dry leaves and grass, creating dangerous to human health local excess concentrations.

Leaves of common in the Transcarpathian region and Ukraine field plants plantain, meadow fescue, nettle and burdock were used for the study. Sulfur dioxide, formed by the interaction of concentrated sulfuric acid and crystalline sodium sulfite, was pumped through series-connected absorption containers with dry leaves and a solution of potassium chlorate, which oxidized excess of sulfur dioxide to sulfate ions. The concentration of sulfate ions was determined titrimetrically.

Gas transmission was carried out at temperatures of 22°C and 0°C. The obtained results have been shown decreasing of specific sorption with a temperature decreasing. Probably, this is due to the narrowing of pores and reducing of dry leaf fibers permeability.

Measurement of the total and specific surface area of plants made it possible to estimate their total surface area, formed by smooth sections, protrusions and cracks. The specific surface area increases in a number of plantain-burdock-nettle-meadow fescue. At a temperature of 22°C, a direct relationship between the specific surface area and the sorption capacity has not been established. It indicates the participation in the process of gas absorption not only of the surface, but also internal pores. Therefore, to approximate the porosity of the studied samples of dry leaves, the bulk density of crushed and sifted through calibrated sieves of dry biomass was measured.

The obtained results make it possible to conclude that at 22 °C burdock leaves absorb the largest amount of sulfur dioxide among the studied plant species. At 0°C the largest amount of SO₂ is sorbed by meadow fescue. The mass of sorbed gas is from 18 to 34% of the mass of dry leaves (in terms of green biomass - from 4 to 9%).

Keywords: Sulfur dioxide; dry leaves; sorption; specific surface area; plantain; nettle; burdock; meadow fescue.

References

1. Klymenko M.O., Pryshchepa A.M., Vozniuk N.M. Monitorynh dovkillia: pidruchnyk. Kyiv: *Akademiia*, 2006. S. 360 (in Ukr.).
2. Mohammed Aljahdali. Sulfur Dioxide (SO₂) Accumulation in Soil and Plant's Leaves around an Oil Refinery: A Case Study from Saudi Arabia. *American Journal of Environmental Sciences*. 2008, 4(1), 84–88. Doi: 10.3844/ajessp.2008.84.88.
3. Nikolaevskiy V.S. Biologicheskie osnovyi gazoustoychivosti rasteniy. Novosibirsk: *Nauka*, 1979. S. 280 (in Russ.).
4. Jodi M.L., Birnin-Yauri U.A., Yahaya Y., Sokoto M.A. The use of some plants in water purification. *Journal of Chemistry and Material Science*. 2012, 1(4), 71–75.
5. Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M. Osnovy hidrokhimii: pidruchnyk. Kyiv: *Nika-Tsentr*, 2012. S. 312 (in Ukr.).
6. Reshetskiy N.P., Kilchevskaya O.S., Vagina N.S., Latyipova R.M., Moiseev V.P.. Fiziologiya i biohimiya rasteniy: metod. ukazaniya. Gorki: *Belorusskaya gosudarstvennaya selskohozyaystvennaya akademiya*, 2000. S. 144 (in Russ.).
7. Franks P.J., Beerling D.J. Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geologic time. *PNAS USA*. 2009, 106, 10343–10347. Doi: 10.1073/pnas.0904209106.
8. Jesse H. Bennett, A. Clyde Hill, David M. Gates. A Model for Gaseous Pollutant Sorption by Leaves. *Journal of the Air Pollution Control Association*. 1973, 957–962. Doi: 10.1080/00022470.1973.10469865.