

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТАЛОГО СНІГУ СМІТТЄЗВАЛИЩ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Король К.А.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

katikincheshi@gmail.com

У даній науковій статті проведено дослідження фізико-хімічного складу атмосферних опадів (талого снігу) зібраного на території сміттєзвалищ, які знаходяться в зоні туристично-рекреаційного комплексу південно-західної частини Львівської області Передкарпатського регіону (Стрийське, Броницьке та Бориславське сміттєзвалище). Враховуючи, що полігон твердих побутових відходів є основним методом поводження з відходами на усій території України, на основі проведених польових досліджень була здійснена розширена оцінка комплексного впливу на довкілля та гідрологічний аналіз. Техногенно-екологічний стан полігонів твердих побутових відходів та пірогенно трансформованих територій в природних екосистемах України є серйозною проблемою, оскільки безпосередньо впливає на безпеку довкілля. При цьому основна причина їх виникнення пов'язана з господарською діяльністю людей. Екологічна небезпека досліджуваних об'єктів напряму обумовлена зміною хімічного складу, температури повітря, води і ґрунту, а побічно – інших параметрів довкілля. Забруднення довкілля відбувається через потрапляння небезпечних компонентів, як у поверхневі і підземні води, так і в атмосферу. Відбір проб снігу для дослідження здійснювався в лютому 2021 року на території трьох сміттєзвалищ. Проби відбирались із усіх сторін горизонту. У даній статті розглянуто основні особливості процесу накопичення забруднюючих компонентів в антропогенних опадах на залишках твердих побутових відходів, які зосереджені на території сміттєзвалищ. Аналізували переважаючий напрямок вітрових потоків та температурний режим в період відбору досліджуваних зразків. Отримані результати показали незначне перевищення гранично допустимої концентрації по ряду аналізованих шкідливих речовин в межах, де переважають сильні вітрові пориви. Результати комп'ютерного моделювання дали змогу оцінити процес міграції токсичних компонентів, які містяться у складі атмосферних опадів у вигляді водневого показника, хімічного споживання кисню та сухого залишку. **Ключові слова:** сміттєзвалище, полігон ТПВ, атмосферні опади, талий сніг, екологічна небезпека.

Physico-chemical properties of melted snow in landfills of the tourist and recreational complex of Lviv region. Korol K.

This scientific article examines the physical and chemical composition of precipitation (melted snow) collected in landfills located in the tourist and recreational complex of the southwestern part of the Lviv region of the Precarpathian region (Stryi, Bronytsia and Boryslav landfill). Given that the solid waste landfill is the main method of waste management throughout Ukraine, based on field research, an extended assessment of the integrated environmental impact and hydrological analysis was carried out. The technogenic and ecological condition of solid waste landfills and pyrogen-transformed areas in the natural ecosystems of Ukraine is a serious problem, as it directly affects environmental safety. The main reason for their occurrence is related to the economic activities of people. The ecological danger of the studied objects is directly due to changes in chemical composition, air, water and soil temperatures, and indirectly – other environmental parameters. Environmental pollution occurs due to the ingress of hazardous components, both in surface and groundwater, and in the atmosphere. Sampling of snow for the study was carried out in February 2021 on the territory of three landfills. Samples were taken from all sides of the horizon. This article considers the main features of the process of accumulation of pollutants in anthropogenic precipitation on the remnants of solid waste, which are concentrated in landfills. The predominant direction of wind flows and temperature regime during the period of sampling were analyzed. The obtained results showed a slight excess of the maximum allowable concentration of a number of analyzed harmful substances within the limits where strong wind gusts predominate. The results of computer simulations made it possible to estimate the process of migration of toxic components contained in precipitation in the form of hydrogen, chemical oxygen demand and dry residue. *Key words:* landfill, landfill, precipitation, melted snow, environmental hazard.

Вступ. Сміттєзвалища, які функціонують на території України сьогодні перетворилися на значні джерела екологічної небезпеки, як для компонентів довкілля, так і для населення регіону їх розташування. Відсутність налагодженої системи роздільного збирання та утилізації відходів, які містять у своєму складі токсичні компоненти, ще більше підвищує ризики забруднення довкілля небезпечними речовинами. Захоронення відходів ще довгий час залишатиметься найбільш поширеним методом знешкодження і утилізації відходів в Україні. Питання дослідження

сміттєзвалищ, як техногенно-небезпечних об'єктів, які здійснюють наростаючий пресинг на компоненти довкілля є надзвичайно актуальним.

Оцінка забруднення снігового покриву традиційно використовується у прикладних гігієнічних та еколого-токсикологічних дослідженнях в якості середовища, яке накопичує викиди від різних джерел в атмосферному повітрі. Проте на території сміттєзвалищ така оцінка не проводиться.

Важливу роль у прогнозуванні територіального забруднення атмосферного повітря, відводиться

вивченню переважаючих напрямків вітрів, які є природними потоками перенесення забруднюючих речовин. Аналіз даного параметру проводиться на основі моніторингу метеорологічних спостережень на метеорологічних станціях які, як правило, знаходяться за межами міст [2].

Важливим є дослідження на територіях із побутовими відходами, оскільки, їхній склад та напрямок поширення може суттєво впливати на геохімічну міграцію забруднюючих компонентів у ґрунтових горизонтах та поверхневих водоймах.

Щорічно у Львівській області утворюється більше 2 млн тонн відходів 4 класу небезпеки, переважна більшість з яких ТПВ. За даними моніторингу, станом на 01.01.2020 року нараховується 20 діючих сміттєзвалищ. Загальна площа земель, зайнята під сміттєзвалища перевищує 151 га. На об'єктах захоронення твердих побутових відходів в області, у більшості відсутня необхідна проектна документація про відведення земельної ділянки, документи, що засвідчують право на землю, за винятком рішень органів місцевого самоврядування [3].

На сміттєзвалищах Львівщини частково або повністю відсутні системи захисту ґрунтових вод, огорожі, вилучення та знешкодження фільтрату, фіксуються численні спалювання та самозаймання відходів, недостатнє перешарування відходів інертними матеріалами [3].

Основним впливом на довкілля, пов'язаним з опадами, є забруднення підземних вод, оскільки багато з тисяч сміттєзвалищ, активних або занедбаних, експлуатувалися, не звертаючи уваги на забруднення підземних вод. Основна причина полягає в тому, що історично вибір місця сміттєзвалища рідко ґрунтувався на геологічних критеріях придатності. Забруднення підземних вод стає неминучим, особливо коли дно сміттєзвалища знаходиться нижче рівня ґрунтових вод, або якщо матеріал, який відокремлює відвал від водоносного горизонту, є проникним. Таке забруднення підземних вод може тривати десятиліттями, що створює серйозну загрозу безпеці підземних вод. Забрудненні поверхневі та підземні води в околицях сміттєзвалищ становить небезпеку не тільки для питного водопостачання, а й для технічного водопостачання в сільському господарстві.

На даний час в Львівській області відсутні діючі сміттєпереробні та сміттєспалювальні заводи. На більшість сміттєзвалищ відсутня проектна документація про відведення земельної ділянки, документи, що засвідчують право на землю, за винятком рішень органів місцевого самоврядування. Розв'язання проблеми безпечного поводження з ТПВ в області можливе через створення сучасних сміттєсортувальних ліній, полігонів та спеціалізованих підприємств зі збору ТПВ.

Метеорологічні фактори визначають умови вимивання та перетворення шкідливих речовин в атмосферних опадах. Аналіз метеорологічних чинників

дасть змогу краще зрозуміти причини формування ареалів забруднення й особливості їх розподілення.

Характеристики вітрового режиму належать до метеорологічних чинників, що найбільше впливають на концентрацію домішок в приземному шарі атмосфери і визначають умови їх приземного вимивання атмосферними опадами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує велика необхідність отримання моніторингу довгострокових хімічних даних, щоб зрозуміти вплив ТПВ на довкілля. Дослідженням територій на яких розташовані полігони твердих побутових відходів займаються багато відомих вчених, зокрема це Попович В. В., Шмандій В. М., Гуменюк Г. Д., Войтюк Г. В., Жилинська Я. А., Кулинич Ю. В., Мальований М. С., Клименко В. Г., Макрей Дж., Абігіга Д., Клемпе Х., Донг П., Москвяк В. І. та інші [7–12].

На даний час, у державній системі моніторингу довкілля функції і задачі спостережень та інформаційного забезпечення виконують 8 суб'єктів системи моніторингу: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державна служба з надзвичайних ситуацій України, Міністерство охорони здоров'я України, Міністерство аграрної політики та продовольства України, Міністерство розвитку громад та територій України, Державне агентство водних ресурсів України, Державне агентство лісових ресурсів України, Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру [6]. Також, вивченням та покращенням займаються обласні та міські ради, які запроваджують для виконання спеціальні екологічні програми (Програма охорони навколишнього природного середовища на 2016–2020 роки, Регіональна програма стабілізації екологічної рівноваги внаслідок діяльності гірничо-хімічних підприємств Львівщини на 2015–2019 роки, Регіональна програма розвитку заповідної справи у Львівській області на 2009–2020 роки, Регіональна програма «Питна вода України» у Львівській області на 2012–2020 роки, Обласна програма забезпечення діяльності регіональних ландшафтних парків Львівщини на 2017–2021 роки). Вивченням найбільш оптимальних шляхів вирішення проблеми пов'язаної з висвітленими в цій статті, займалися ряд вчених проте саме вивченням територій ТПВ та впливу через атмосферні опади знайти доволі складно. Також відзначаю, що переважна більшість опрацьованої літератури походить з неглибоких горизонтів, наприклад, Васн і Грінстед у Данії, Банісвельд в Нідерландах та інші. Залишаються ще далекими від розв'язання проблеми поводження з відходами та їх складуванням у межах сміттєзвалищ Львівської області. Наявні дані свідчать про значну екологічну небезпеку таких відходів, що накопичуються зараз у зонах об'єктів туристично-рекреаційного комплексу, про потребу їх складування, видалення та надійної утилізації,

з метою охорони здоров'я населення і запобігання забрудненню довкілля, збереження рекреаційного потенціалу територій [6].

Мета дослідження: проведення досліджень фізико-хімічного складу атмосферних опадів у вигляді снігового покриву територій сміттєзвалищ, розташованих у Львівській області, і встановлення їх особливостей.

Об'єкт дослідження: властивості атмосферних опадів сміттєзвалищ, розташованих в Передкарпатському окрузі – Броницького, Бориславського та Стрийського.

Предмет дослідження: фізико-хімічні властивості атмосферних опадів у вигляді снігового покриву на поверхні сміттєзвалищ.

Методи та матеріали досліджень. Для рекогносцирувальних досліджень було обрано три сміттєзвалища, розташовані у двох районах Львівської області України, де налагоджений напрямок туристично-рекреаційної діяльності та знаходяться численні інфраструктурні об'єкти галузі, а саме Стрийське, Броницьке та Бориславське.

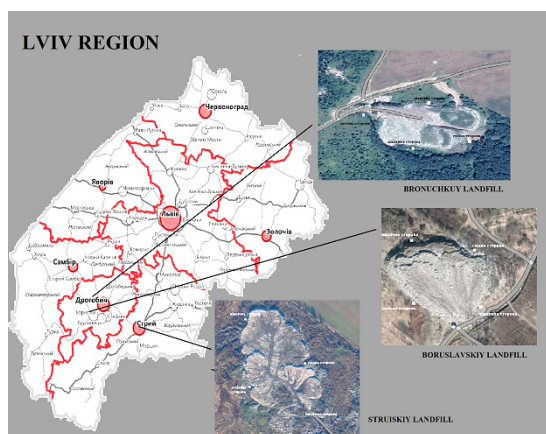


Рис. 1. Карта Львівської області з зображеннями досліджуваними сміттєзвалищами

У лютому 2021 року було відібрано чотири проби з кожного із перелічених сміттєзвалищ. Відбір проб був обумовлений геометричною конфігурацією звалищ. Забір снігу здійснювався біля підніжжя з усіх сторін горизонту. Об'єм кожної проби снігу у талому вигляді складав 1 дм³ рідини. Після танення снігу воду фільтрували.

Концентрація хімічних елементів у талому сніговому покриві характеризує чистоту снігу, але не дозволяє повною мірою охарактеризувати динаміку забруднення сміттєзвалищ та оцінити ступінь їхньої небезпеки для екосистем. Динаміку у сніговому покриві відтворили з використання програми «Surfer 13», яка успішно використовується науковцями та представляє собою нову версію багатофункціонального пакету 3D візуалізації і картобудування.

Surfer широко використовується для ґридінга, моделювання місцевості, батиметричних побудов,

візуалізації ландшафту, аналізу поверхонь, відтворення контурних карт, відображення тривимірних поверхонь. Серед спеціалізованих можливостей також відзначимо побудову векторних карт, карт водозбірних площ і карт видимості. Для здійснення цифрового моделювання обрано програму «Surfer 13» яка застосовується у США та Європі [5].

Аналітичні дослідження проведені в лабораторії екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Лабораторія атестована на право виконання відповідних вимірювань у системі «Держстандарт метрологія» (св. ат. № РЛ 127/17 від 14.11.2017 р.). Вміст хлоридів, гідрокарбонатів, кальцію та магнію визначався методом титрування. Сульфати визначалися ваговим методом згідно з КНД 211.1.4.026-95. Вміст натрію і калію розраховували за балансом еквівалентів. Інші аніони та нітроти визначались фото- колориметричним методом, а саме: вміст нітратів – взаємодією з розчином саліцилату натрію у сірчаноокислому середовищі; нітритів – з реактивом Грісса. Визначено також розчинні форми іонів. У дослідженнях використовувались фотоколориметр КФК-2 та аналітичні ваги у відповідності до загальноприйнятих методик.

Проведений аналіз температурного режиму та напрямку поширення вітрів за допомогою даних з гідрометеорологічних джерел (Український гідрометеорологічний центр) [2].

Результати досліджень. За результатами порівняльного аналізу вмісту хімічних елементів у об'ємах води, які утворились з талого снігу зібраного на території сміттєзвалищ, було виявлено перевищення гранично-допустимих концентрацій лише деяких досліджуваних показників. Серед проаналізованих хімічних елементів виявлено хлориди, сульфати, нітроти, нітрати, фосфати, кальцій, магній, залізо та амоній, які можна вважати пріоритетними забруднювачами.

Розглянемо детальніше показники лабораторного аналізу талого снігу кожного із досліджуваних сміттєзвалищ.

БРОНИЦЬКЕ СМІТТЄЗВАЛИЩЕ

Броницьке сміттєзвалище розташоване у Дрогобицькому районі Львівської області, неподалік селища Брониця. Географічні координати 49.429954, 23.435612. Його площа дорівнює 3,48 га. Під'їзд облаштований дорогою, частково проведений обвідний рів для фільтрату, відсутня огорожа і система збирання та відведення фільтрату. З 2018 року закрите. Нагромадження відходів не відбувається. Рекреаційні роботи не проводяться (рис. 2).

В даній місцевості переважаючими є південно-східні напрямки вітрів, дещо рідшими є північно-західні.

Температурний розподіл свідчить про переважання плюсових денних температур (+10...+15), які чергувались у певні дні із нічними заморозками та випаданням снігових опадів.



Рис. 2. Броницьке сміттєзвалище Львівської області з відмітками відбору проб (Google maps)

Напрямок переважаючих вітрів та щоденний розподіл температурного режиму у період проведення досліджень наведено на рисунках 3 і 4.

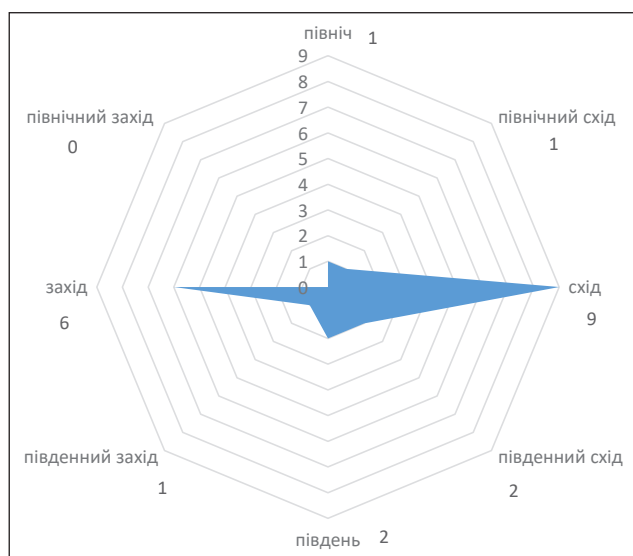


Рис. 3. Поширення вітру на поверхні Броницького сміттєзвалища Львівської області (лютий 2021)

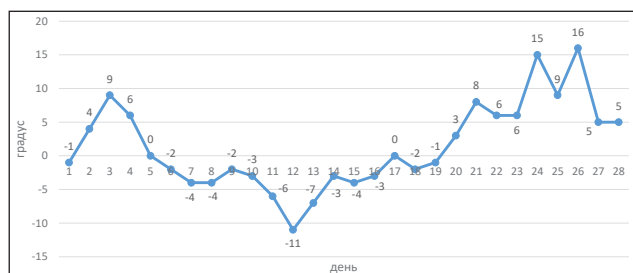


Рис. 4. Температура повітря в зоні впливу Броницького сміттєзвалища Львівської області (лютий 2021)

В результаті проведених досліджень снігових проб у лабораторії кафедри екологічної безпеки, отримано ряд фізико-хімічних показників, наведених у порівнянні з накопиченням усіх досліджуваних елементів у товщі снігу з різних сторін сміттєзвалища представлений нижче (рис. 5).

Зауважимо, що низка показників є найвищою із південного боку сміттєзвалища, яка межує з сільськогосподарськими угіддями. Зокрема Cl^- – 16,3 мг/кг; SO_4^{2-} – 18,4 мг/кг; $\text{Na} + \text{K}$ – 18,5 мг/дм³.

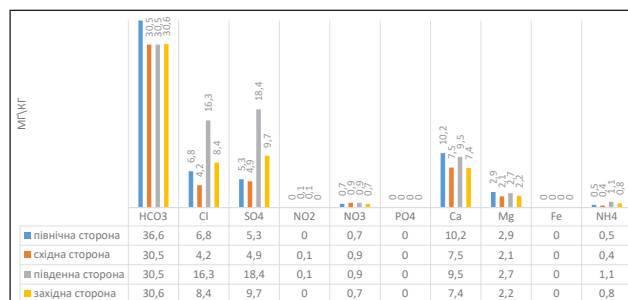


Рис. 5. Фізико-хімічні показники талого снігу на Броницькому сміттєзвалищі Львівської області

Поширення вітру більш зосереджене у східній стороні, яке розносило залишки речовин в оточуючий лісовий масив. Тут вищими були концентрації HCO_3^- – 36,6 мг/кг; Ca – 10,2 мг/кг і Mg – 2,9 мг/кг.

Також були проведені дослідження з визначення рН, сухого залишку та хімічного споживання кисню в досліджуваних атмосферних опадах. Отримані результати ми змоделювали та отримали такий вигляд поширення у довкіллі (рис. 6, 7 і 8).

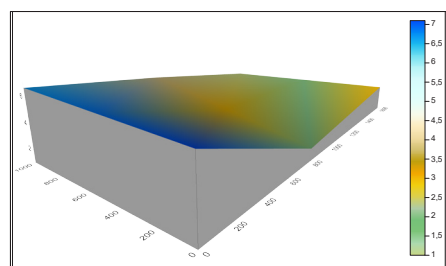


Рис. 6. 3 D модель рН (водневого показника) у сніговому покриві на Броницькому сміттєзвалищі

З отриманих результатів рН водневого показника провели моделювання та можемо бачити, що рівень коливається в межах 6,9–7,6. При ГДК від 6,5–9 водневий показник не перевищується.

Моделювання вмісту сухих залишків показало переважання з південного боку в кількості 125,6 мг/дм³, а з північної 23,8 мг/дм³. При ГДК який має не перевищувати 380 мг/дм³, що свідчить про сприятливі умови.

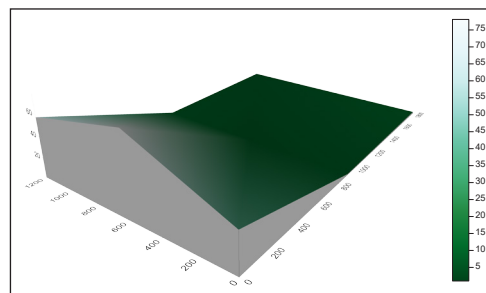


Рис. 7. 3 D модель сухого залишок у сніговому покриві на Броницькому сміттєзвалищі (мг/дм³)

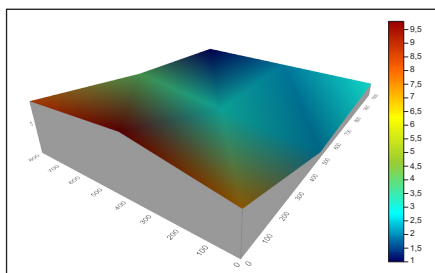


Рис. 8. 3 D модель ХСК (хімічне споживання кисню) у сніговому покриві на Броницькому сміттєзвалищі

З отриманих результатів, щодо ХСК (хімічне споживання кисню) вміст переважає на південній стороні в кількості 18,4 мг/дм³, а з північної 6,2 мг/дм³. Згідно ГДК має не перевищувати 810 мг/дм³, що свідчить про низьку наявність ХСК.

Бориславське сміттєзвалище

Бориславське сміттєзвалище розташоване в Дрогобицькому районі Львівської області, неподалік міста Борислав. Географічні координати 49.308329, 23.424374. Його площа становить 3 га. Під'їзд ускладнений, дорога ґрунтова, огорожі не встановлено, відсутня наявність контрольно-пропускного пункту та ваг при в'їзді. Потребує встановлення системи збирання та вилучення біогазу і відведення відходів. Не зважаючи на свої не великі масштаби, тверді побутові відходи завозяться з сусідніх міст та туристичних комплексів (м. Дрогобич, м. Борислав, м. Трускавець, смт Східниця, смт Меденичі та інші). Відповідно до Стратегії управління відходами у Львівській області 2030 року дане сміттєзвалище до 2024 року підлягає рекультивaciji. Це єдине функціонуюче сміттєзвалище на території Дрогобицького району (рис. 9).



Рис. 9. Бориславське сміттєзвалище Львівської області з відмітками відбору проб (Google maps)

Напрямок переважаючих вітрів та щоденний розподіл температурного режиму у період проведення досліджень тут подібний із попереднім об'єктом, у зв'язку із незначною відстанню між ними – 25 км. Розподіл даних метеорологічних показників показано на рисунках 10 та 11.

Температурний розподіл свідчить про переважання плюсових денних температур (+1...+15), які чергувались у певні дні із нічними заморозками (–1...–15) та випаданням снігових осадків.

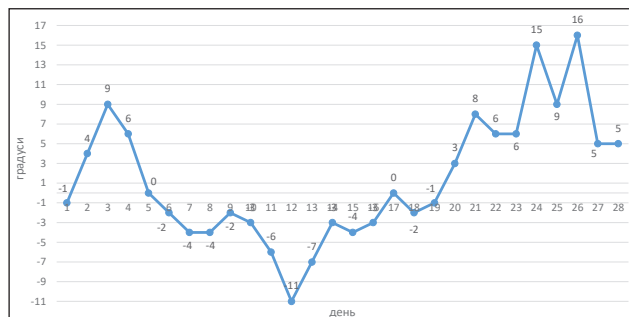


Рис. 10. Температура повітря в межах Бориславського сміттєзвалища Львівської області (лютий 2021)

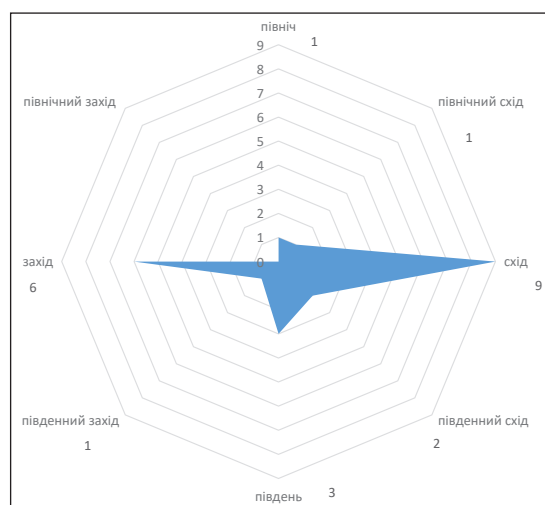


Рис. 11. Роза вітрів Бориславського сміттєзвалища Львівської області (лютий 2021)

У відповідності, до вищенаведених рисунків наглядної карти, в даній місцевості переважаючими є південно-східні напрямки вітрів, дещо рідшими є північно-західні, які відповідно впливають на геоморфологічний рельєф полігону.

Порівняльний рівень накопичення усіх досліджуваних елементів у товщі снігу з різних сторін сміттєзвалища представлений нижче (рис. 12).

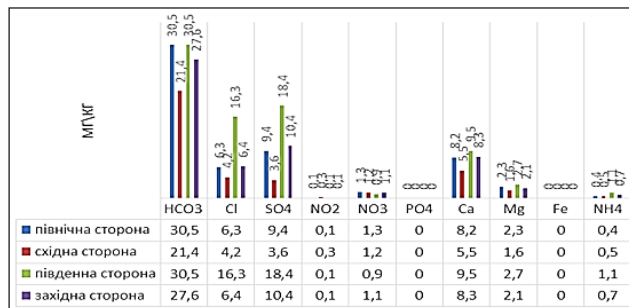


Рис. 12. Фізико-хімічні показники талого снігу на Бориславському сміттєзвалищі Львівської області

Відповідно до показників, які отримали при дослідженні, стверджуємо, що найбільший вміст концентрації сполук зосереджений у снігу із північного боку сміттєзвалища: HCO_3^- – 30,5 мг/кг; Cl^- – 16,3 мг/кг; SO_4^{2-} – 18,4 мг/кг; NH_4^+ – 1,1 мг/кг; Ca^{2+} – 9,5 мг/кг; Mg^{2+} – 2,7 мг/кг; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 18,5 мг/дм³.

Дещо менше зі східного боку сміттєзвалища, яке межує із лісовими насадженнями. Тут виявлені високі концентрації HCO_3^- – 30,5 мг/кг; NO_3^- – 1,3 мг/кг.

Дослідження з визначення рН, сухого залишку та хімічного споживання кисню в досліджуваних атмосферних опадах були проведені та змодельовані у вигляді поширення у довкіллі.

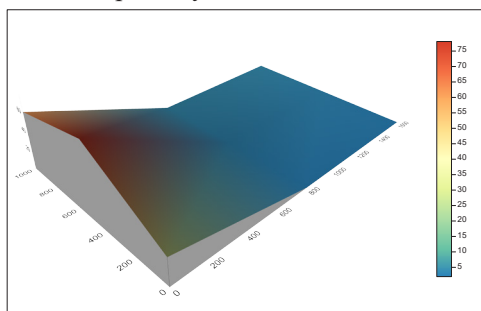


Рис. 13. 3 D модель сухого залишок у сніговому покриві на Бориславському сміттєзвалищі

Вміст сухих залишків переважає південного боку в кількості 78,1 мг/дм³, а з північного 49,2 мг/дм³. При ГДК який має не перевищувати 380 мг/дм³, що свідчить про незначне забруднення твердими домішками та солями.

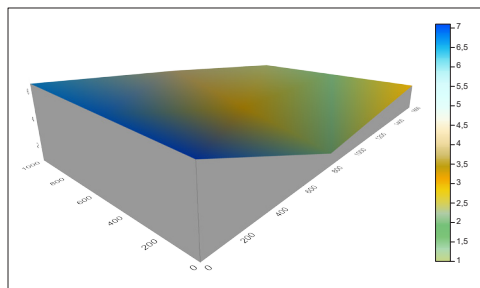


Рис. 14. 3 D модель рН (водневого показника) у сніговому покриві на Бориславському сміттєзвалищі (мг/дм³)

Згідно з отриманими результатами рН (водневого показника) провели моделювання, відповідно якого видно, що рівень коливається в межах 6,2–7,1. З південної сторони сміттєзвалища зареєстрований показник 6,2, що є дещо нижчим від 6,5–9 водневого показника ГДК атмосферних опадів.

З отриманих результатів, щодо хімічне споживання кисню переважає на північній стороні в кількості 12,4 мг/дм³, а з південної 9,8 мг/дм³. Згідно ГДК 810 мг/дм³ дані свідчать про низький вміст ХСК, в атмосферних опадах, які були зібрані з цього сміттєзвалища.

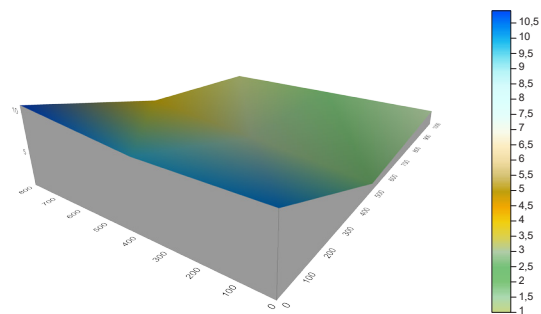


Рис. 15. 3 D модель ХСК (хімічне споживання кисню) у сніговому покриві на Бориславському сміттєзвалищі (мг/дм³)

СТРИЙСЬКЕ СМІТТЄЗВАЛИЩЕ

Стрийське сміттєзвалище розташоване в південно-західній стороні від міста Стрий Львівської області. Привозять сюди побутові відходи з району відповідно із міст Стрий, Моршин, Сколе, смт Славське. Географічні координати 49.276430, 23.826540. Площа сміттєзвалища становить 22,5 га. Під'їзд облаштований ґрунтовою дорогою, функціонує контрольно пропускний пункт, ваги для зважування автомобілів та контрольно дезінфікуюча зона, також є наявна гідротехнічна споруда, утворена від затоплення, частково проведений обвідний рів для фільтрату. Проблемою є відсутність стаціонарного огороження, відсутність системи збору та відведення фільтрату, вилучення біогазу. Проблему та відповідно зростаючу небезпеку, становить наявність місць постійного перебування та проживання численних безхатченків, які стихійно перебувають на даному сміттєзвалищі. Розташування даного об'єкту дослідження подано нижче (рис. 16) [4].

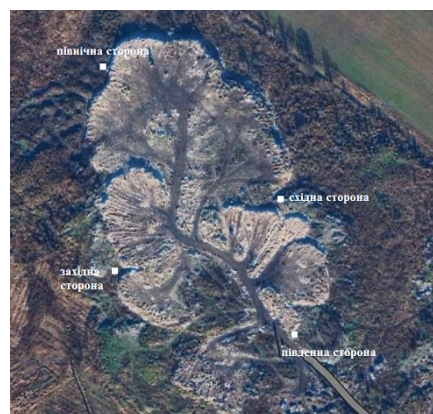


Рис. 16. Стрийське сміттєзвалище Львівської області з відмітками відбору проб (Google maps)

Напрямок переважаючих вітрів та поденний розподіл температурного режиму у період проведення досліджень показано на рисунках 17 і 18.

Як можна побачити на даній ділянці, розташованій на рівнинному техногенному ландшафті, переважають південно-східні вітри, що й віддзеркалилось у накопиченні забрудників у сніговому покриві.

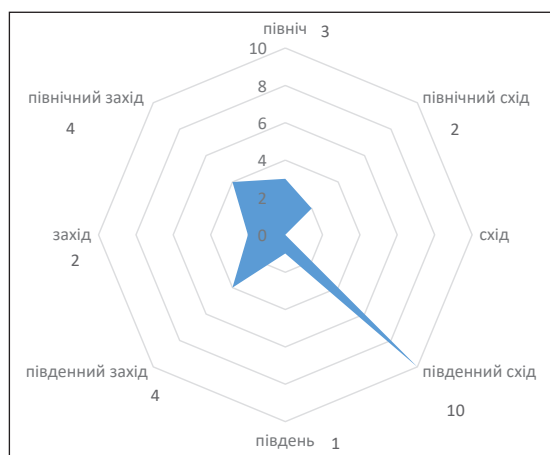


Рис. 17. Роза вітрів Бориславського сміттєзвалища Львівської області (лютий 2021)

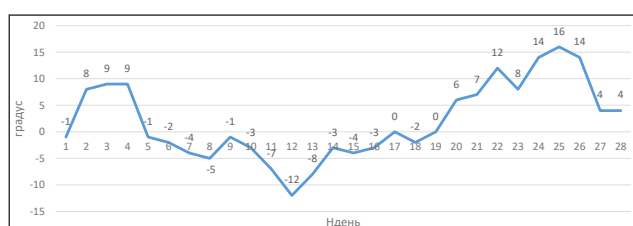


Рис. 18. Температура повітря в межах Стрийського сміттєзвалища Львівської області (лютий 2021)

Температурний режим свідчить про наявність більш теплого циклону зі сторони даного полігону (+1...+16), та подекуди зниження (до -12) температури з частковими опадками.

Отримані фізико-хімічні показники із Стрийського сміттєзвалища наведено в порівнянні накопичення в усіх досліджуваних елементів у товщі снігу з різних сторін сміттєзвалища представлений нижче (рис. 19).

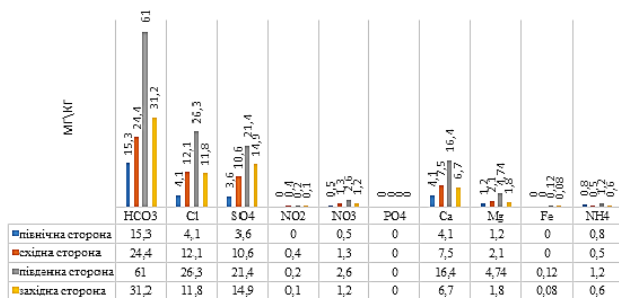


Рис. 19. Фізико-хімічні показники талого снігу на Бориславському сміттєзвалищі Львівської області

Відповідно до показників, які ми отримали при дослідженні, можемо стверджувати, що найбільший вміст концентрації сполук зосереджений у снігу із південного боку сміттєзвалища, яке межує із полем та залізничним сполученням: СІ – 26,3 мг/кг; SO₄ – 21,4 мг/кг; NO₃ – 2,6 мг/кг; Ca – 16,4 мг/кг; Mg – 4,74 мг/кг; Fe – 0,12 мг/кг; NH₄ – 1,2 мг/кг.

У пробах снігу із західного боку сміттєзвалища виявлені високі концентрації НСО₃ – 31,2 мг/кг, який можна пов'язати з інтенсивним рухом транспорту на відповідних ділянках.

Моніторинг забруднення снігового покриву показав, що великого нагромадження шкідливих речовин не має, проте він є актуальним для кожного із досліджуваних сміттєзвалищ.

Отримані результати щодо визначення рН, сухого залишку та хімічного споживання кисню в досліджуваних атмосферних опадах були проведені та змодельовані у вигляді поширення у довкіллі.

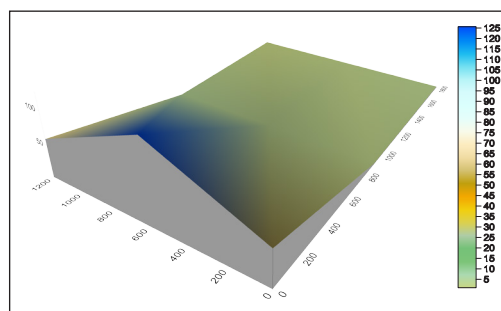


Рис. 20. 3D модель сухого залишок у сніговому покриві на Стрийському сміттєзвалищі

З отриманих результатів вміст сухих залишків переважає на південній стороні в кількості 78,1 мг/дм³, а з північної 46,4 мг/дм³, зі сходу 38,4 мг/дм³ та з заходу 57,6 мг/дм³. При ГДК який має не перевищувати 380 мг/дм³, вміст сухих залишків в сніговому покриві є незначним.

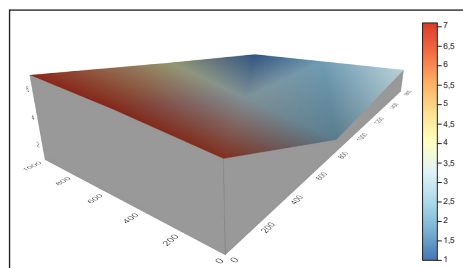


Рис. 21. 3D модель рН (водневого показника) у сніговому покриві на Стрийському сміттєзвалищі (мг/дм³)

З отриманих результатів рН водневого показника провели моделювання та виявлено, що рівень коливається в межах 6,7–7,4. При ГДК від 6,5–9 водневий показник не перевищується.

ХСК найбільше виявлено в снігу з південної сторони в кількості 9,8 мг/дм³, а з східної 7,4 мг/дм³. Згідно ГДК має не перевищувати 810 мг/дм³, що свідчить про низьке ХСК в сніговому покриві, який знаходився на поверхні сміттєзвалища.

Таким чином, можемо констатувати, що сніговий покрив сміттєзвалищ детонує небезпечною речовиною та сполуками, які надходять на його поверхню з довколишніх об'єктів та автомобільних доріг.

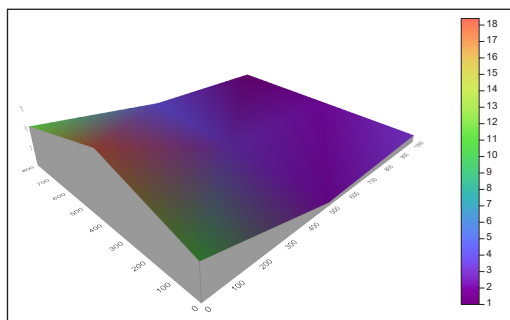


Рис. 22. 3 D модель ХСК (хімічне споживання кисню) у сніговому покриві на Бориславському сміттєзвалищі

Висновок. Моніторинг фізико-хімічного складу антропогенних опадів, які були опрацьовані з території сміттєзвалищ туристично-рекреаційного комплексу Львівської області показав, що забруднюючі речовини накопичуються з сторонніх об'єктів і не несуть глобальну загрозу для довкілля. Проте, нагромадження відходів на території збільшує ймо-

вірність забруднення та нанесенню нищівної дії для довкілля і людства в цілому, зважаючи на те, що це є території де зосередженні місця для відпочинку та оздоровлення.

Метеорологічні чинники у вигляді поширення вітру свідчать про переважаючі південно-східні на кожному, так як сміттєзвалища розташовані відносно не далеко одне від одного. Тому фізико хімічні дослідження показали найвищі показники з південної та східної сторін сміттєзвалищ.

Відповідно до отриманих результатів було проведене цифрове моделювання показників сухого залишку, водневого показнику та ХСК.

Щоб виправити ситуацію, що склалася з розповсюдженням та накопиченням компонентів, слід створити систему організації збору і сортування відходів, а також розробити найбільш ефективні способи переробки вторинної сировини. Серйозним кроком до вирішення проблеми утилізації і переробки ТПВ, виявляється зменшення його об'ємів.

Література

1. Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ та наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Львів, 2017. 530 с.
2. Український гідрометеорологічний центр. URL: <https://meteo.gov.ua/>
3. Інформаційно-аналітичного огляду про стан довкілля Львівщини за II квартал 2021 року. Департамент екології та природних ресурсів. Львів, 2021.
4. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Реконструкція полігонів твердих побутових відходів в м. Стрий Львівської області». Госпрозрахунковий відділ капітального будівництва при Стрийському міськвиконкомі. Львів, 2021.
5. Мусієнко А. В., Островський А. В. Перспективи використання цифрової моделі рельєфу «SURFER 13» з врахуванням впливу місцевості на змив ґрунту у прогнозуванні паводку на річці Стрий. Міжнародний електронний науково-практичний журнал «WayScience». № 1 (1). Дніпро, 2018. 317 с.
6. Екологічний моніторинг довкілля. URL: <https://mepr.gov.ua/content/ekologichniy-monitoring-dovkillya.html>
7. Мокляк В. И. Формулы для расчетов максимальных расходов от талых вод. Гидротехническое строительство. - 1949. - № 12. - 12–15 с.
8. Мокляк В. И. Формирование максимальных расходов от талых вод и их расчеты (результаты исследований за 1949–1963 гг.): диссертация в форме научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.14.09 Государственный гидрологический институт. Киев, 1965. - 37 с.
9. Клименко В. Г. Гідрологія України. Харків : ХНУ, 2010. 124 с.
10. Клименко В. Г. Загальна гідрологія. Харків : ХНУ, 2008. 144 с.
11. Dong P. Estimating glacier volume loss used remotely sensed images, digital elevation data, and GIS modelling / P. Dong, C. Wang, J. Ding's. // International Journal of Remote Sensing. 2013. № 34. Pp. 8881–8892.
12. John Mc.Murray Uses Surfer For Meterology & Hydrology. URL: <http://www.goldensoftware.com/blog/customer-spotlight-john-mcmurray-uses-surferfor-meterology-hydrology>