

ХІМІЧНИЙ СКЛАД СНІГОВОГО ПОКРИВУ ЯК ІНДИКАТОР АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ УРБООКОСИСТЕМ

Мислюк О.О., к.х.н, доцент,

Мислюк Є.В., к.т.н, доцент,

Соломка Л.М.

Черкаський державний технологічний університет

Обобщенны результаты исследований загрязнения снежного покрова в г. Черкассы. Построены карты распределения исследуемых компонентов. За результатами оконтуривания территорий с повышенным содержанием химических веществ в снежном покрове определены источники загрязнения воздушного бассейна и обнаружены зоны, где с высокой достоверностью могут быть обнаружены превышения ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, снежный покров, интегральный показатель загрязнения.

Постановка проблеми. Незважаючи на зниження більш ніж втричі викидів, в місті залишається досить високий рівень забруднення атмосфери, що може становити загрозу стійкому існуванню екосистем регіону, здоров'ю населення. Забруднення атмосфери м. Черкаси характеризується великою просторово-часовою неоднорідністю. Обумовлена вона розташуванням джерел викидів (місто має мозаїчну структуру розміщення промисловості), їх потужністю, а також змінами умов погоди і режиму викидів в атмосферу. Суттєву роль відіграє і метеорологічний потенціал атмосфери. Для регіону характерна низька спроможність атмосфери до самоочищення, переважають процеси накопичення домішок [1]. В місті зі складною промислово-селітебною забудовою обмежене число стаціонарних постів не дозволяє одержати достовірну інформацію про просторовий розподіл забруднюючих речовин на всій території, що знаходиться під впливом аеротехногенного забруднення. Виникає нагальна потреба проведення постійного моніторингу та систематизації отриманих даних зі складанням картосхем поширення забруднювачів в зонах сталих та перманентних викидів полутантів, що сприятиме вирішенню питань діагностики, оцінки та прогнозування забруднень хімічними елементами в системі «повітря–грунт–рослина».

The results of the investigation of the snow cover pollution over the South-Eastern industrial agglomeration of Cherkasy have been represented in this article. The distribution maps of the investigated components were created. Accordingly to the results of the delineation of the areas with high concentration of chemicals in snow cover, the sources of air pollution were identified as well as the areas where exists the high probability of exceeding allowed concentration of air pollutants.

Key words: technogenic load, snow cover, integrated pollution index.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. На сьогоднішній день існує безліч різноманітних геохімічних методів оцінки техногенної дії на навколишнє середовище. Вони дають можливість проводити комплексні еколого-геохімічні дослідження різних природних середовищ. Одним з методів, що дозволяють оцінити ступінь техногенного навантаження на навколишнє середовище міст і здоров'я населення, що проживає в них, є моніторинг забруднення атмосферних опадів. При організації екологічного моніторингу одна з найбільш актуальних проблем є вибір пріоритетних об'єктів для досліджень. Найбільш зручним у вивченні видом опадів є сніговий покрив. У зимовий час сніг виступає в ролі сезонного концентратора речовин, що надійшли повітряним шляхом. До весняного міграційного циклу вони «законсервовані» в товщі снігового покриву, аналіз якого дозволяє визначити якісний і кількісний склад майбутніх мігрантів для різних ландшафтів, дати оцінку аеротехногенного навантаження.

Перші геохімічні дослідження снігового покриву проводилися в 1936 р. Починаючи з 80-х років ХХ століття з'являється велика кількість публікацій, присвячених дослідженню снігу як індикатору техногенного забруднення ландшафтів. Вивчення геохімії снігового покриву вітчизняними і зарубіжними дослідни-

ками дозволило охарактеризувати особливості формування хімічного складу і зміни вмісту макро- і мікроелементів в снігу різних регіонів [2-6]. Отримані матеріали дають можливість визначити джерело і рівень техногенного забруднення і сформувані уявлення про геохімічні потоки речовини в атмосфері [7, 8].

Сніговий покрив володіє високою сорбційною здатністю і є найбільш інформативним об'єктом при виявленні техногенного забруднення атмосфери. Він фактично акумулює і зберігає в собі всі компоненти, що забруднюють атмосферу. Хімічний склад його формується в результаті седиментації та турбулентної дифузії різних хімічних елементів, поглинання сніговим покривом газів, водорозчинних аерозолів і взаємодії з сніговим покривом твердих пилових частинок, що осідають з атмосфери [5, 9-13]. Крім того, сніг володіє найбільш ефективною здатністю до вимивання домішок з атмосфери в порівнянні з дощем, і, нарешті, талі води є джерелом забруднення для інших середовищ географічної оболонки [14, 15]. Як показують спостереження, концентрація забруднюючих речовин в снігу виявляється на 2-3 порядки вище, ніж в атмосферному повітрі [9], тому вимірювання вмісту речовин можуть проводитися достатньо простими методами і з високим ступенем надійності. Всього лише одна проба по всій товщі снігового покриву дає представницькі дані про забруднення в період від утворення стійкого снігово-

го покриву до моменту відбору проби [16]. Відбір проб проводиться один раз на рік, в період найбільших вологозапасів.

Постановка завдання. З метою оцінки аеротехногенного навантаження на урболандшафти м. Черкаси проведений геохімічний аналіз снігового покриву в зонах сталих та перманентних викидів поліутантів.

Матеріали і результати досліджень. У зв'язку з високим ступенем урбанізації, впливом промислових виробництв, автотранспорту, склад ґрунтів на території міста трансформувалася, відбувається забруднення важкими металами та іншими хімічними сполуками [17-19]. В даний час основне навантаження на урболандшафти міста випробовує південно-східна частина, що пов'язане з розташуванням в її межах крупних промислових підприємств. Це зона накладення ореолів забруднення ВАТ «Азот», ТЕЦ, транспорту, викиди яких поширюються на значні площі, охоплюючи території сільськогосподарського і селітебного призначення. Значну частину викидів підприємства складають високотоксичні оксиди нітрогену і сульфору, оксид карбону, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (табл. 1), тому з врахуванням їх імовірних хімічних перетворень припускалося утворення кислотоутворюючих сполук, закислення снігового покриву і, як наслідок, ґрунту, зміна його фізико-хімічних властивостей і функцій.

Таблиця 1

Джерела емісії забруднюючих речовин

Джерело емісії	Назва забруднюючої речовини	всього викидів, т/рік	Частка викидів забруднюючої речовини, %	
			до загального обсягу викидів об'єкту	до загального обсягу викидів міста
ВАТ "Азот"	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	2635,41	40,7	7,2
	Оксид карбону	1333,355	20,6	3,6
	Діоксид нітрогену	1191,949	18,4	3,3
	Аміак	1102,396	17,0	3,0
ВП "Черкаська ТЕЦ"	Діоксид сульфору	2686,824	24,1	7,3
	Діоксид нітрогену	4845,591	43,5	13,2
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	3476,579	31,2	9,5
Автотранспорт	Оксид карбону	13117	76,7	35,8
	Діоксид нітрогену	1593	9,3	4,4
	Діоксид сульфору	156	0,9	0,4

Основним методом вивчення просторової структури розподілу забруднюючих речовин в депонуючих природних компонентах (сніг, ґрунт) є геохімічне картографування. Суть методу полягає у відборі проб снігу (ґрунту) відповідно до пунктів спостереження з подальшим їх аналізом на вміст поллютантів, картографуванням і виділенням зон забруднення.

Геохімічне випробування снігового покриву було виконане взимку 2009-2010 р. В цьому році стійкий сніговий покрив зберігався достатньо довго – протягом 3,5 місяців. Тому вибір снігового покриву як об'єкту досліджень при екологічному моніторингу можна вважати виправданим.

Відповідно до аналізу техносфери південно-східної промагломерації як потенційного джерела забруднення, точки випробування снігового покриву розміщувалися як навколо санітарно-захисних зон ТЕС і ВАТ «Азот», так і за їх межами в селітебних зонах з урахуванням переважаючих напрямів вітрів в зимовий період. Точки відбору проб снігового покриву були розподілені по території зони сталих та перманентних аеротехногенних викидів нерівномірно, масив точок був невеликого розміру, але при цьому достатньої величини для побудови картосхем.

Дослідження снігового покриву проводилися відповідно до існуючих нормативно-методичних документів. Методика досліджень снігового покриву включала проведення снігової зйомки відповідно до [7, 8, 20, 21] та визначення елементного складу нерозчинних і розчинних складових аерозолів, що накопичуються в сніговому покриві. Проби снігу відбиралися перед початком сніготанення (в період максимального накопичення забруднювачів) на всю глибину снігового покриву сніговідбірниками, фіксувалася площа шурфу і кількість діб від дати встановлення снігового покриву до дня відбору проб. Для аналізу складу снігового покриву в талій воді вимірювалася величина рН, визначалися зважені речовини, вміст сульфатів, нітратів, гідрокарбонатів, хлоридів, мінералізація. Карбонат-іони у всіх пробах відсутні.

Геохімічна індикація забруднення снігового покриву ґрунтується в першу чергу на зіставленні забруднених міських проб снігу з їх фоновими аналогами [22]. Це досягається розрахунком коефіцієнта концентрації хімічних елементів (Кс), що показує кратність перевищення вмісту хімічного елемента в точці апробації над його вмістом в аналогічному

природному середовищі на фоновій ділянці. В якості фонові була вибрана територія с. Мельники, що розташоване за 100км від м. Черкаси в північному напрямку. На даній території антропогенний вплив мінімальний, невелика частка автотранспорту, відсутність поблизу промисловості, яка здійснювала б забруднення даної території, отже дана ділянка є оптимальною для використання фонових показників.

Результати моніторингу хімічного складу талої води указують на підвищений техногенний рівень забруднення снігового покриву у всіх досліджуваних зонах. У відібраних пробах снігового покриву перевищення фонових значень зафіксовані для всіх іонів (табл. 2). Найбільші показники концентрації спостерігалися по сульфат-іонам ($K_c=2-79$). Порівняння хімічних складів снігового інфільтрату і вод р. Рось показало, що вміст сульфат-іона в сніговому інфільтраті на порядок вище за фонові значення в поверхневих водах. Це говорить про те, що основне надходження сульфат-іона в природні середовища і, як наслідок, закислення води і ґрунтів, техногенне, що пов'язане з використанням Черкаською ТЕС вугілля з високим вмістом Сульфурі.

Підвищений вміст хлоридів ($K_c=1,4-2,7$) фіксується в сніговій воді в безпосередній близькості від автодоріг, що може бути зв'язане із застосуванням антильодового сольового покриття.

Аналіз снігу території центральної частини міста показав, що за мінералізацією його можна віднести до прісної води (середня мінералізація 310 мг/л), але біля автодоріг і підприємств мінералізація зростає і талу воду можна охарактеризувати як воду з відносно підвищеною мінералізацією (середня мінералізація 655 мг/л), для південно-східної промагломерації величина мінералізації відповідала найбільшим значенням.

Реакція середовища слабко кисла і нейтральна ($pH=5,7-7,2$). Такий рівень кислотності складається завдяки великій висоті емісії ТЕС (забруднювачі рівномірно розсіюються у просторі), а також завдяки балансу між катіонами лужних і важких металів та аніонами SO_4^{2-} і NO_3^- , високий вміст яких відзначається в опадах. Підприємства Черкаська ТЕС і ВАТ «Азот» викидають в атмосферу велику кількість речовин, потенційно здатних як до підкислення снігових вод (NO_2 , NO , SO_2), так і до підлугування (NH_3 , лужні та важкі метали, які містяться у попелі, що викидається), що обумовлюють нейтралізацію тих викидів, що

утворюють в атмосфері кислоти. Свій вклад вносять і викиди автотранспорту. У південно-східній промагломерації і в транспортній зоні запиленість повітря в 2-14 разів є більшою в

порівнянні з фоном, а це веде до зростання ролі зважених частинок як носіїв хімічних елементів.

Таблиця 2

Характеристика хімічного складу проб снігу в період, передуючий сніготаненню

Реперні точки	рН	Коефіцієнти концентрації Кс					
		Мінералізація	Зважені частинки	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
1	7,2	8,1	2,0	3,3	16,7	2,9	2,2
2	6,2	3,8	3,1	2,7	6,7	5,7	2,2
3	6,3	23,8	2,5	3,5	8,9	6,3	1,1
4	6,3	22,5	1,8	3,9	8,0	5,7	2,0
5	7,1	7,9	1,3	2,3	13,4	2,0	1,8
6	6,5	10,8	10,0	2,5	8,4	7,3	2,4
7	5,7	23,6	2,5	3,1	2,6	13,7	1,9
8	6,3	21,9	7,6	5,2	3,3	14,1	1,6
9	6,7	19,0	4,5	5,0	3,2	14,6	1,6
10	6,6	18,4	3,1	4,2	2,5	13,4	1,7
11	6,4	21,2	4,8	5,4	4,2	15,4	1,9
12	7,2	13,5	2,5	3,2	8,4	7,6	1,4
13	5,9	42,1	2,7	2,9	2,9	28,7	1,4
14	6,4	60,0	4,9	2,4	2,6	41,9	1,4
15	6,8	62,1	4,5	3,0	3,1	44,8	2,4
16	6,0	70,9	4,0	3,2	3,3	59,4	1,6
17	6,4	82,1	2,8	3,0	3,5	79,0	1,7
18	6,0	61,0	8,8	2,9	16,4	52,7	1,9
19	5,9	44,2	8,4	2,5	12,3	20,7	2,5
20	6,3	42,4	8,0	2,3	13,8	17,8	2,0
21	7,0	16,5	3,3	2,5	9,2	9,0	2,7
22	6,9	14,0	1,9	3,0	12,6	3,6	2,0
23	6,7	6,3	6,8	3,8	5,0	5,1	1,7
24	6,4	15,0	8,4	2,5	4,2	4,9	3,0
25	5,8	14,2	5,3	2,8	5,4	8,7	2,1
26	6,1	22,6	13,0	3,3	8,5	4,7	2,7
27	6,7	24,4	14,2	3,6	18,4	7,1	3,4
28	6,3	18,2	13,9	2,9	11,9	5,0	2,8
29	6,7	22,0	7,0	2,5	3,4	7,7	1,4

Особливостями зміни хімізму снігу в зоні ВАТ "Азот" є зміна природного співвідношення аніонів HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻ до техногенного HCO₃⁻ (11,3) > NO₃⁻ (7,2) > SO₄²⁻ (4,9) > Cl⁻ (1,9), а в зоні ВП Черкаська ТЕС – до техногенного SO₄²⁻ (24,7) > HCO₃⁻ (5,7) > NO₃⁻ (3,6) > Cl⁻ (1,7), що корелюється зі складом техногенних викидів в атмосферу.

За результатами геохімічного випробування снігового покриву території були побудовані карти розподілу компонентів, що вивчалися. Оконтурювання територій з підвищеним вмістом хімічних елементів в сніговому покриві дозволило визначити джерела забруднення повітряного басейну і виявити зони, де з

великою вірогідністю можуть бути виявлені перевищення ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Так, контур максимального вмісту сульфатів в сніговому покриві (рис. 1) витягнутий у бік пануючих вітрів (взимку переважали вітри східних напрямків), що свідчить про переважне аерогенне надходження цих аерозолів в навколишнє середовище в результаті діяльності ТЕЦ.

Геохімічне картографування твердих випадань з атмосфери дозволило також охарактеризувати загальну структуру аеротехногенного забруднення снігового покриву і радіус впливу промислової зони на урболандшафти. Основною рисою є приуроченість центрів ано-

малій до майданчика ТЕЦ, що пов'язане із зростанням в останні роки долі вугілля (з високою

зольністю і високим вмістом Сульфуру) в загальному балансі органічного палива.

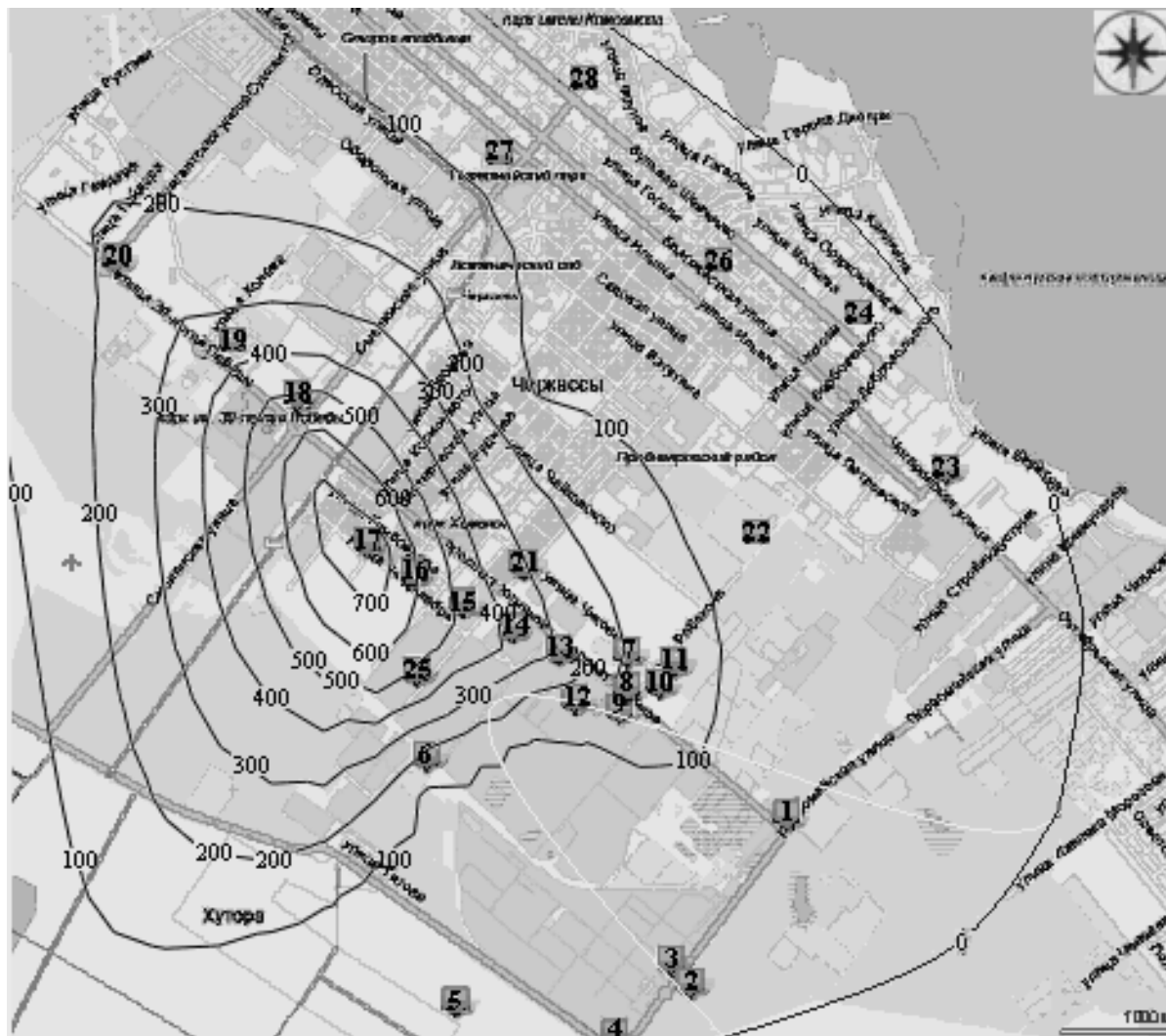


Рис. 1. Карта-схема території дослідження з нанесеними реперними точками і ізолініями концентрацій сульфат-іонів в сніговому покриві (мг/л талої води)

Висновки. За результатами проведених геохімічних досліджень снігового покриву в зонах сталих та перманентних емісій встановлено, що:

- підвищена строкатість змін хімічного складу снігового покриву у просторі вказує на суттєвий вплив на їх формування техногенних чинників;
- величина мінералізації снігових вод характеризують інтенсивність техногенного тиску на міське середовище, а їх склад – характер забруднення;
- у пробах снігу переважаюче місце займають SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- -іони, що відображає склад техногенних викидів в атмосферу;
- для всієї території характерне перевищення фонових величин сульфатів, карбонатів і нітратів, і ГДК для сульфатів і нітратів в районі ТЕС і за факелом;

- розповсюдження аеротехногенного забруднення сягає значної відстані і по радіусу дії охоплює всю територію міста.

Накопичення моніторингової інформації дозволить у майбутньому розробляти прогностичні оцінки та рекомендації щодо управління змінами екологічного стану урболандшафтів міста.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комплексное обследование загрязнения воздушного бассейна в г. Черкасы. // Отчет по НИР – Москва, Институт прикладной биофизики им. Федорова, 1991. – С. 10.
2. Дворникова Л. Л., Горбовская А. Д., Селиверстов Ю. П. Исследование снега для индикации техногенного загрязнения. // Вестник ЛГУ, 1985. № 14. – С. 38-45.
3. Кузьмин В. А. Химический состав торфяников и снега Южного Прибайкалья как показателя

- затель техногенного воздействия на окружающую среду // ДАН, 2000. Т. 370, № 6. – С. 819-821.
4. Макаров В. Н., Федосеев Н. Ф., Федосеева В. И. Геохимия снежного покрова Якутии. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1990. – 152 с.
 5. Нестеренко В. С., Левит А. И. Техногенные загрязнения окружающей среды на Байкальской площади // Проблемы экологии Южного Урала. 1995. № 3. – С. 36-45.
 6. Viklander M. Snow quality in the city of Lulea, Sweden – timevariation of lead, zinc, copper and phosphorus. // The Science of the Total Environment, 216, 1998. 103-112.
 7. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 182 с.
 8. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессмен А.Я., Ровинский Ф.Я. Кислотные дожди. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 269 с.
 9. Петренчук О.П. Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 264 с.
 10. Хорват Л. Кислотный дождь. – М.: Стройиздат, 1990. – 84 с.
 11. Ворон В.П. Хімічний склад снігового покриву як показник аеротехногенного забруднення лісових екосистем. // Науковий вісник. – 2004. – Випуск 14.5. – С. 151-154.
 12. Систер В.Г., Корецкий В.Е. Инженерно-экологическая защита водной системы северного мегаполиса в зимний период. – М.: Изд. Центр МГУИЭ, 2004. – 190 с.
 13. Быстрых В.В., Боев В.М., Зибзеев В.В. Комплексная гигиеническая оценка накопления поллютантов атмосферного воздуха в депонирующих средах в зоне воздействия газового комплекса. // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России. Теория, методы и практика. – Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. – С. 259-262.
 14. Савватеева О.А., Алексеева Л.И., Каманина И.З., Каплина С.П. Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны. // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – №5.
 15. Мислюк О.О., Шейкіна О.Ю. Екологічна оцінка забруднення міських ґрунтів важкими металами вздовж основних транспортних магістралей міста Черкаси. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – В.1. – С.61-65.
 16. Корнелюк Н.М., Мислюк О.О. Аналіз геохімічних чинників стійкості урболандшафтів м. Черкаси щодо забруднення важкими металами. // Питання типового лісознавства та лісової рекультиваци земель. Випуск 38, 2009. – С.144-153.
 17. Мислюк О.О., Ворона В.В., Мислюк Є.В. Еколого-геохімічний моніторинг території, що прилягає до ТЕС. // Вісник ЧДТУ, 2010, №1. – С.82-87.
 18. Глазовский Н.Ф., Злобина А.И., Учватов В.П. Региональный экологический мониторинг. – М.: Наука, 1983. – С.67-86.
 19. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 303с.
 20. Назаров И.М., Фридман Ш.Д., Ренне О.С. Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения почвенного покрова // Метеорология и гидрография. – 1978. – №7. – С.74-78.
 21. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 329с.
 22. Касимов, Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1995. – 336 с.
- Мислюк Є.В.**, к.т.н., доцент Черкаського державного технологічного університету.
- Мислюк О.О.**, к.х.н., доцент Черкаського державного технологічного університету.
- Соломка Л.М.**, студентка 5 курсу Черкаського державного технологічного університету.