

Література

1. Наукове видання. Дослідження передкризових екологічних ситуацій в Україні: Збірник наукових праць за редакцією проф. О. М. Адаменка. - К.: Манускрипт, 1994.
2. Природничі основи екологічного моніторингу Карпатського регіону: Наукова монографія за редакцією проф. О. М. Адаменка. - К.: Манускрипт, 1996.
3. Курортні ресурси України / Під редакцією проф. М.В. Лободи. - Київ, ЗАТ "Укрпрофоздоровниця": Тамед, 1999.
4. Варивода І. М., Черкес С. А., Моршин. Путівник. - Львів: Каменяр, 1999. - 37 с.
5. Веденин Ю.А. Динамика территориальных рекреационных систем. - М., 1982.
6. Герасимович В.Н., Голуб А.А. Методология экономической оценки природных ресурсов. М.: Наука, 1988.
7. Гофман К.Г. Экономические проблемы природопользования. - М.: Наука, 1977.
8. Гарбузинський І.М., Гринів Л.С., Алушко С.М., Заболодський В.Ф., Кузик С.П. Планування соціально-економічного розвитку міст-курортів і курортних поселень бальнеологічного профілю: Методичні рекомендації. - К., 1987 (на російській мові).
9. Гринів Л.С. Методологія і методика визначення нормативної ціни природних курортних ресурсів та платежів за їх використання. Львів, 1992.
10. Данилов Ю.В. и др. Экономическая оценка стоимости предупрежденного ущерба в результате проведенного санаторно-курортного лечения //Сов. Здравоохранение. 1971, № 1.
11. Украинские Карпаты. Природа. - К.: Наукова думка, 1989.

УДК 504.75

ПРОБЛЕМА ТРАНСКОРДОННОГО ПЕРЕНОСУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

І.А.Абушева

ІФНТУНГ, 76019 м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15 ІФНТУНГ, тел. (0342) 559698, факс 42139, E-mail: ecology@nung.edu.ua, www.ecosafety.iftung.if.ua

Среди внешних угроз, которые носят антропогенный характер наиболее опасными являются глобальные изменения окружающей природной среды и трансграничные загрязнения.

Трансграничные переносы загрязняющих веществ обуславливают дополнительную техногенную нагрузку на экосистемы, приводят к распространению эпидемий и заболеваний, наносят огромные экономические убытки.

Чтобы управлять процессом распространения трансграничного загрязнения Организация Объединенных Наций, Экономическая Комиссия для Европы инициировали Конвенцию о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979). В 1998 г. был подписан Протокол о стойких органических загрязнителях и Протокол о тяжелых металлах к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния

Під транскордонним забрудненням повітря розуміють забруднення атмосфери, фізичне джерело якого знаходиться повністю або частково на території, що перебуває під національною юрисдикцією однієї держави і негативна дія якого проявляється на території, що перебуває під юрисдикцією іншої держави на такій відстані, що загалом неможливо визначити частку окремих джерел або груп джерел викидів [1].

Відповідно до Статуту Організації Об'єднаних Націй та принципів міжнародного права держава має суверенне право використовувати власні ресурси згідно з своєю політикою в області навколишнього середовища і несе

Among external threats which have an antropogeny character most dangerous there are the global changes of natural environment and transboundary contaminations.

The transboundary transfers of contaminating matters stipulate the additional tehnogeny loading on ecosystem, result in distribution of epidemics and diseases, enormous economic losses are inflicted.

To handle a process to distributions of transboundary contamination the United Nations Organization, Economic Commission for Europe initiated Convention about transboundary contamination of air on large distances (1979). In 1998 Protocol was signed about proof organic pollutants and Protocol about heavy metals to Convention about transboundary contamination of air on large distances

відповідальність за забезпечення того, щоб діяльність у рамках її юрисдикції не нанесла шкоди навколишньому середовищу інших держав.

Головна проблема, пов'язана з повітряним забрудненням, полягає в тому, що воно не обмежується національними кордонами. Вітри планети і повітряні потоки можуть відносити забруднення на сотні кілометрів від його джерела. Так, Великобританія – значне джерело забруднення території Швеції, Норвегії, яке перевищує шкоду, спричинену власними джерелами цих країн.

Транскордонне забруднення повітря негативно впливає на здоров'я людини і характеризується іншими негативними екологічними наслідками.



Таблиця 1 - Оцінка природних джерел свинцю, кадмію і ртуті

Джерело	Метал		
	свинець	кадмій	ртуть
Питома інтенсивність на суші, г/км ² /год	54	3,7	від 0 до 40
Питома інтенсивність на морі, г/км ² /год	4	0,2	1,7
Природний потік в атмосферу регіону, т/год	912	49	219

Щоб керувати процесом поширенням трансграничного забруднення Організація Об'єднаних Націй, Економічна Комісія для Європи здійснили Конвенцію про трансграничне забруднення повітря на великі відстані (1979). У 1998 р. було підписано Протокол про стійкі органічні забруднювачі та Протокол про важкі метали до цієї Конвенції.

У зв'язку з підписанням країнами-учасниками Конвенції про трансграничне забруднення повітря на великі відстані Протоколу щодо важких металів значно зріс інтерес політиків, фахівців з навколишнього середовища, широкої громадськості до проблеми дальнього атмосферного перенесення токсичних металів.

Відповідно до Протоколу по ВМ Сумісна програма нагляду і оцінки перенесення на великі відстані забруднюючих повітря речовин в Європі (ЕМЕП) проводить оцінку рівнів забруднення європейського регіону цими речовинами. Вимірювання концентрації важких металів у повітрі і опадах проводяться на станціях мережі моніторингу ЕМЕП під методичним керівництвом Координаційного хімічного центру (КХЦ). Разом з тим Метеорологічний синтезуючий центр «Схід» (МСЦ-С) виконує модельні оцінки рівнів випадань і концентрації в повітрі важких металів по всій території європейського регіону, а також трансграничних потоків між європейськими країнами.

Відповідно до вимог Конвенції країни-учасниці взяли на себе зобов'язання щорічно подавати в Секретаріат Конвенції поточну інформацію про викиди в атмосферу тих чи інших забруднюючих речовин, зокрема, важких металів.

Інформацію подають у максимально деталізованому вигляді: просторовий розподіл викидів по території країни з дозволом 50×50 км, сезонні варіації емісії, розподіл викидів по висоті, розподіл частинок-носіїв забруднюючих речовин за розмірами, фізико-хімічні форми забруднюючих речовин у викидах, розташування і характеристики окремих потужних точкових джерел. Така інформація надзвичайно важлива для підвищення надійності оцінок атмосферного перенесення важких металів [2].

Розглядають три категорії надходження важких металів в атмосферу: природна емісія, пряма антропогенна емісія і реемісія. Остання характерна лише для ртуті. Природна емісія існувала і існує незалежно від діяльності людини. Пряма антропогенна емісія зумовлена безпосереднім надходженням важких металів в

атмосферу внаслідок поточної діяльності людини. Реемісія зумовлена надходженням додаткових концентрацій ртуті від раніше забруднених природних об'єктів внаслідок антропогенної діяльності.

Окрім прямих антропогенних викидів важких металів в атмосферу, істотне значення для їх балансу можуть мати природні джерела. У першу чергу це характерно для ртуті (див табл. 1). Загалом точність оцінок природної емісії не можна вважати задовільною.

На даний момент мережа моніторингу важких металів налічує 65 вимірювальних станцій, з яких 22 вимірюють концентрації важких металів як в повітрі, так і в опадах. Переважно станції охоплюють райони центральної і північної Європи, практично відсутні вони в країнах східної і південної Європи.

Дані були перевірені на наявність екстремальних значень (викидів). Екстремально високі значення, які виходять за рамки чотирикратного стандартного відхилення у логнормальному розподілі були виключені з бази даних.

За даними моніторингу з використанням методу Крігінга побудовано карти концентрацій свинцю і кадмію в повітрі та в опадах. Визначено, що найвищі рівні концентрацій характерні для країн центральної Європи (Чеська Республіка, Польща, Словаччина). Найнижчі рівні забруднення атмосфери характерні для Скандинавських країн.

Природно, найвищі рівні концентрацій як у повітрі, так і в опадах приурочені до районів максимальної антропогенної емісії. Для свинцю зони високих концентрацій характерні для Центральної і Східної Європи. Концентрації свинцю в опадах у зонах максимального забруднення можуть досягати 10 мкг/л. Для кадмію зони максимальних рівнів концентрацій характерні для Центральної Європи (Польща, Чеська Республіка, Словаччина). Максимальні концентрації досягають 1,4 мкг/л. "Найчистішими" є північні райони Росії і Скандинавія.

Поля концентрацій і випадань ртуті виглядають порівняно з іншими важкими металами більш рівномірними. Це зумовлено, перш за все, значним внеском у концентрації глобального фону. Проте на цьому фоні виділяються зони підвищених концентрацій і випадань на території східної частини Німеччини, південно-західної Польщі, центральної Росії, східної України. Рівні випадань у таких зонах можуть досягати 660 г/км²/год.



Таблиця 2 - Основні країни-джерела транскордонного забруднення та їх внесок у випадання свинцю на території країн-рецепторів у 1998 році

Країна-рецептор	Основні країни - джерела (внесок %)						Внесок власних джерел %	Надходження від природних і глобальних антропогенних джерел %
	Країна-джерело	Внесок %	Країна-джерело	Внесок %	Країна-джерело	Внесок %		
Австрія	Італія	36	Франція	7	Німеччина	6	13	12
Азербайджан	Грузія	5	Туреччина	4	Росія	4	58	23
Албанія	Югославія	31	Італія	17	Греція	8	16	10
Вірменія	Азербайджан	25	Туреччина	16	Грузія	11	0	36
Білорусь	Україна	36	Польща	12	Росія	6	10	14
Бельгія	Франція	26	Великобританія	7	Німеччина	3	55	5
Болгарія	Югославія	14	Румунія	12	Україна	10	42	7
Боснія і Герцег.	Югославія	24	Італія	22	Хорватія	12	18	10
Великобританія	Франція	3	Ірландія	2	Іспанія	1	83	9
Угорщина	Югославія	16	Італія	14	Румунія	7	21	9
Німеччина	Франція	12	Великобританія	5	Бельгія	4	54	9
Греція	Італія	8	Югославія	6	Україна	5	54	9
Грузія	Росія	10	Туреччина	8	Азербайджан	7	46	17
Данія	Великобританія	23	Німеччина	17	Франція	7	8	22
Ірландія	Великобританія	15	Франція	3	Іспанія	2	46	32
Ісландія	Великобританія	5	Франція	2	Ірландія	1	1	88
Іспанія	Франція	4	Португалія	4	Великобританія	2	70	18
Італія	Франція	3	Іспанія	1	Швейцарія	1	86	5
Казахстан	Україна	16	Росія	14	Румунія	2	2	58
Кіпр	Туреччина	7	Італія	2	Греція	2	73	7
Латвія	Україна	15	Польща	12	Росія	7	4	24
Литва	Польща	18	Україна	12	Росія	10	16	17
Люксембург	Франція	55	Німеччина	12	Бельгія	7	12	6
Македонія	Югославія	27	Греція	10	Італія	7	28	8
Мальта	Італія	50	Іспанія	7	Франція	5	0	24
Молдавія	Україна	42	Румунія	23	Югославія	4	8	8
Нідерланди	Бельгія	27	Франція	14	Великобританія	13	22	9
Норвегія	Великобританія	17	Франція	5	Німеччина	5	3	53
Польща	Німеччина	6	Чеська Респ.	6	Україна	6	60	7
Португалія	Іспанія	17	Франція	2	Великобританія	1	57	22
Росія	Україна	18	Польща	2	Румунія	2	47	23
Румунія	Україна	11	Югославія	10	Італія	4	60	6
Словаччина	Польща	9	Італія	9	Чеська Респ.	7	31	8
Словенія	Італія	28	Хорватія	12	Франція	2	42	7
Туреччина	Україна	7	Греція	3	Італія	3	54	19
Україна	Румунія	4	Росія	2	Польща	2	79	5
Фінляндія	Росія	14	Україна	10	Великобританія	5	10	42
Франція	Італія	7	Іспанія	6	Великобританія	4	66	11
Хорватія	Італія	21	Югославія	9	Словенія	5	47	7
Чеська Респ.	Німеччина	13	Польща	10	Італія	7	43	9
Швейцарія	Італія	24	Франція	12	Німеччина	3	51	6
Швеція	Великобританія	11	Німеччина	6	Польща	5	13	42
Естонія	Росія	11	Україна	11	Польща	5	27	22
Югославія	Італія	5	Румунія	3	Хорватія	1	79	4



Таблиця 3 - Основні країни-джерела транскордонного забруднення та їх внесок у випадання кадмію на території країн-рецепторів у 1998 році

Країна-рецептор	Основні країни - джерела (внесок %)						Внесок власних джерел %	Надходження від природних глобальних антропогенних джерел %
	Країна-джерело	Внесок %	Країна-джерело	Внесок %	Країна-джерело	Внесок %		
Австрія	Італія	18	Словенія	7	Словаччина	7	30	18
Азербайджан	Грузія	6	Вірменія	6	Росія	2	55	24
Албанія	Македонія	33	Італія	11	Югославія	8	18	14
Вірменія	Грузія	11	Азербайджан	10	Туреччина	3	52	20
Білорусь	Польща	31	Україна	19	Литва	4	13	16
Бельгія	Франція	30	Великобританія	4	Німеччина	2	51	8
Болгарія	Румунія	5	Югославія	4	Україна	4	74	5
Боснія і Герцеговина	Італія	19	Югославія	12	Хорватія	5	17	23
Великобританія	Франція	2	Ірландія	2	Іспанія	1	74	19
Угорщина	Словаччина	21	Румунія	8	Польща	6	34	10
Німеччина	Франція	9	Польща	7	Бельгія	4	50	15
Греція	Болгарія	19	Македонія	17	Італія	7	21	15
Грузія	Вірменія	9	Азербайджан	6	Росія	4	48	20
Данія	Польща	13	Німеччина	10	Великобританія	10	32	22
Ірландія	Великобританія	6	Іспанія	1	Франція	1	46	44
Ісландія	Великобританія	1	Франція	0	Ірландія	0	10	87
Іспанія	Португалія	3	Франція	2	Італія	1	62	30
Італія	Франція	2	Іспанія	1	Швейцарія	1	81	10
Казахстан	Росія	19	Україна	15	Польща	2	2	54
Кіпр	Туреччина	17	Болгарія	5	Італія	4	30	27
Латвія	Польща	20	Литва	18	Україна	5	23	19
Литва	Польща	27	Росія	4	Україна	3	43	11
Люксембург	Франція	72	Німеччина	6	Бельгія	2	11	5
Македонія	Болгарія	6	Югославія	2	Італія	1	84	3
Мальта	Італія	49	Іспанія	5	Франція	3	0	34
Молдавія	Україна	37	Румунія	22	Польща	9	1	13
Нідерланди	Бельгія	24	Франція	11	Великобританія	8	36	12
Норвегія	Великобританія	7	Польща	4	Німеччина	2	14	62
Польща	Словаччина	4	Німеччина	3	Чеська Респ.	1	83	4
Португалія	Іспанія	13	Франція	1	Великобританія	1	50	35
Росія	Україна	14	Польща	5	Румунія	1	47	26
Румунія	Україна	6	Югославія	3	Болгарія	3	71	7
Словаччина	Польща	10	Угорщина	4	Румунія	2	72	4
Словенія	Італія	14	Хорватія	4	Австрія	2	64	8
Туреччина	Україна	6	Болгарія	4	Румунія	3	50	27
Україна	Польща	7	Румунія	5	Словаччина	2	72	7
Фінляндія	Росія	7	Польща	6	Україна	4	23	47
Франція	Іспанія	6	Італія	6	Великобританія	3	52	24
Хорватія	Італія	21	Словенія	8	Югославія	5	29	18
Чеська Респ.	Польща	27	Словаччина	11	Німеччина	9	29	11
Швейцарія	Італія	15	Франція	8	Іспанія	1	57	13
Швеція	Польща	13	Великобританія	4	Німеччина	4	8	54
Естонія	Польща	17	Росія	7	Україна	7	6	34
Югославія	Македонія	6	Італія	5	Болгарія	4	64	9

Ситуація в окремих країнах може істотно відрізнятись від регіональної картини. Для ко-

жної європейської країни розраховані внески у випадання важких металів як власних, так і



Таблиця 4 - Основні країни-джерела транскордонного забруднення та їх внесок у випадання ртуті на території країн-рецепторів у 1998 році

Країна-рецептор	Основні країни - джерела (внесок %)						Внесок власних джерел %	Надходження від природних і глобальних антропогенних джерел %
	Країна-джерело	Внесок %	Країна-джерело	Внесок %	Країна-джерело	Внесок %		
Австрія	Італія	4	Франція	3	Німеччина	3	12	69
Азербайджан	Грузія	1	Україна	0	Румунія	0	7	90
Албанія	Греція	9	Югославія	5	Румунія	2	6	71
Вірменія	Грузія	2	Азербайджан	1	Туреччина	1	0	95
Білорусь	Польща	9	Україна	7	Німеччина	3	2	74
Бельгія	Франція	28	Великобританія	2	Німеччина	2	30	36
Болгарія	Румунія	13	Греція	3	Україна	3	24	52
Боснія і Герцеговина	Югославія	5	Італія	3	Румунія	2	3	80
Великобританія	Франція	2	Німеччина	1	Іспанія	0	36	60
Угорщина	Словаччина	6	Румунія	4	Польща	2	30	50
Німеччина	Франція	6	Польща	2	Чеська Респ.	1	45	41
Греція	Болгарія	2	Румунія	2	Україна	1	46	45
Грузія	Україна	1	Румунія	1	Азербайджан	1	7	87
Данія	Німеччина	6	Великобританія	2	Польща	2	26	60
Ірландія	Великобританія	2	Франція	1	Іспанія	0	5	91
Ісландія	Франція	0	Великобританія	0	Німеччина	0	0	99
Іспанія	Франція	2	Португалія	0	Великобританія	0	23	74
Італія	Франція	3	Іспанія	1	Швейцарія	1	29	64
Казахстан	Україна	2	Росія	1	Румунія	0	0	95
Кіпр	Греція	2	Туреччина	2	Румунія	1	19	73
Латвія	Польща	5	Німеччина	3	Україна	2	4	80
Литва	Польща	9	Німеччина	4	Росія	2	4	74
Люксембург	Франція	48	Німеччина	3	Бельгія	3	6	37
Македонія	Греція	14	Югославія	5	Румунія	3	8	62
Мальта	Італія	5	Франція	2	Іспанія	1	0	88
Молдавія	Румунія	19	Україна	12	Польща	3	0	60
Нідерланди	Франція	11	Бельгія	10	Німеччина	7	13	54
Норвегія	Великобританія	1	Німеччина	1	Франція	1	2	94
Польща	Німеччина	6	Чеська Респ.	3	Франція	1	52	33
Португалія	Іспанія	6	Франція	1	Великобританія	0	11	82
Росія	Україна	4	Польща	1	Німеччина	1	5	86
Румунія	Україна	3	Югославія	1	Угорщина	1	52	38
Словаччина	Угорщина	7	Польща	6	Чеська Респ.	3	32	43
Словенія	Італія	6	Австрія	2	Франція	1	20	65
Туреччина	Румунія	2	Україна	1	Греція	1	7	86
Україна	Румунія	3	Польща	3	Німеччина	1	44	46
Фінляндія	Німеччина	1	Польща	1	Україна	1	1	94
Франція	Іспанія	2	Швейцарія	1	Німеччина	1	45	50
Хорватія	Італія	5	Югославія	2	Угорщина	2	4	78
Чеська Респ.	Німеччина	13	Польща	8	Франція	2	29	43
Швейцарія	Франція	11	Італія	4	Німеччина	1	33	49
Швеція	Німеччина	2	Данія	1	Польща	1	2	91
Естонія	Німеччина	2	Польща	2	Україна	1	0	88
Югославія	Румунія	4	Греція	1	Угорщина	1	37	51

транскордонних джерел. Крім того, оцінені випадання, зумовлені дією природних і трансконтинентальних антропогенних джерел (таблиці 2-4).

З таблиць випливає, що найбільший внесок у випадання вносять зазвичай власні джерела тієї чи іншої країни. Проте для багатьох країн внесок транскордонного забруднення може пе-



ревищувати 50%. Для ртуті досить важливим є внесок природних і глобально джерел.

Моделювання перенесення важких металів потребує детальних знань про механізми їх надходження в атмосферу, про процеси перенесення, виведення і накопичення в різних середовищах. Особливе місце в ряді важких металів займає ртуть, представлена різними фізико-хімічними формами.

Викид в атмосферу свинцю і кадмію як природними, так і антропогенними джерелами здійснюється здебільшого у вигляді аерозольних частинок різних розмірів. Спектр розмірів частинок-носіїв конкретного металу залежить від типу джерела.

На відміну від свинцю і кадмію, що поступають в атмосферу виключно у вигляді аерозольних частинок, ртуть у викидах представлена чотирма фізико-хімічними формами: елементарної газоподібної, окисленої неорганічної газоподібної, органічної газоподібної і аерозольними частинками. Облік різновидів фізико-хімічних форм ртуті важливий для моделювання, оскільки вони виводяться з атмосфери з різними швидкостями.

На основі модельних експериментів показано, що розміри частинок мають найістотніше значення для локального рівня (перші десятки кілометрів). На таких відстанях перенесення випадає основна частина найкрупніших фракцій частинок. У процесі дальнього перенесення значення сепарації частинок стає менш істотним.

Для країн північно-західної Європи реальні величини емісії можуть відрізнятись від оцінок на 20-50%, а для країн центральної і східної Європи невизначеність може бути істотно вищою.

Природно, що внесок окремих країн у забруднення навколишнього середовища даної країни залежить не тільки від величин емісії, але й від таких чинників як віддаленість від джерел і переважні напрями атмосферного перенесення. Для кожної країни розраховані величини внесків у випаданні тієї чи іншої забруднюючої речовини від найважливіших для даної країни країн-джерел.

Було встановлено, що максимум емісії свинцю в Європі припадає на літо (на 9% вище за середньорічне значення). Для кадмію і ртуті характерний зимовий максимум з відхиленням від середньорічних значень приблизно на 10%.

Найнижчі концентрації свинцю в 1998 році були характерні для північної Скандинавії, Ісландії, Ірландії і Португалії, де середньорічні значення нижчі, ніж 1 мкг/л.

У східному напрямку спостерігається зростання концентрацій з піковими значеннями 4-5 мкг/л, що відмічаються на чеських станціях. Використання етилового бензину в країнах Західної Європи було скорочене останніми роками значно помітніше, ніж в країнах Східної Європи.

Найнижчі значення концентрацій свинцю (нижче, ніж 1 нг/м³) виявлені на станції в Ісла-

ндії. Максимальні значення (близько 20 нг/м³) зареєстровані словацькими станціями.

Найзабрудненішими районами щодо свинцю є країни центральної і південно-східної Європи – Польща, Україна, Румунія, Югославія, де велика інтенсивність емісії. Концентрації свинцю в приземному шарі повітря нерідко тут перевищують 100 нг/м³. Ця величина характеризує ступінь забруднення атмосфери на регіональному рівні, поза містами. Природно, що в міських умовах або поблизу точкових джерел на локальному рівні значення концентрацій можуть бути на порядок вищі. У міру віддалення від основних антропогенних джерел концентрації швидко знижуються.

Порівняно високі розрахункові рівні забруднення в діапазоні від 50 до 100 нг/м³ у центральній Росії, у Великобританії, Франції, Італії. Відносно чистими виглядають території Данії, Австрії, Білорусі, Латвії, Литви і Естонії. Крім того, до якнайменше забруднених районів можна віднести країни північної Європи – Норвегію, Швецію, Фінляндію, Ісландію. На їх територіях концентрації свинцю в повітрі (на регіональному рівні) лише трохи перевищують оцінені фонові для Європи величини.

У Скандинавії середньорічні значення концентрації кадмію нижчі, ніж 0,08 мкг/л. Значення концентрацій зростають на південь і на схід. Найвищі концентрації кадмію (близько 0,2 мкг/л) зареєстровані чеськими і польськими станціями.

Також, як і для свинцю, найнижчі значення концентрації кадмію (нижче ніж 0,1 нг/м³) виявлені на станції в Ісландії. Можна наголосити на зростанні концентрацій до південного сходу з максимумом на словацьких станціях.

До районів найвищого забруднення повітря кадмієм можна віднести Польщу, Україну, Болгарію, Македонію. Концентрації кадмію в повітрі на території цих країн перевищують 2 нг/м³. Порівняно "чистими" є країни центральної і західної Європи, наприклад, Франція, Німеччина, Австрія, Великобританія. Значення концентрацій тут лежать у межах від 0,05 до 2 нг/м³. До найчистіших районів Європи можна віднести країни Скандинавського півострова та Ісландію. У цих районах концентрації не перевищують 0,05 нг/м³.

При моніторингу вмісту ртуті в атмосфері як правило вимірюється концентрація так званої «сумарної газоподібної ртуті» - СГР. Найвищі концентрації характерні для центральних районів Європи - на території Німеччини і Польщі. Тут концентрації лежать на рівні 2 – 2,5 нг/м³. На відміну від випадків зі свинцем і кадмієм поле концентрацій ртуті більш гладке, що пов'язано з істотно великим часом життя в атмосфері і, отже, з більш вираженою схильністю до перенесення на дальні відстані в атмосфері. Практично чистими виглядають райони північної Скандинавії, де концентрації ртуті приблизно відповідають середньому глобальному рівню.

Концентрація ртуті в атмосфері регіону досліджень визначається здебільшого елемен-



тарною формою, проте поблизу антропогенних джерел внесок аерозольної і окисленої газоподібної ртуті також може бути помітним (0,8 і 0,6 нг/м³ відповідно). У міру віддалення від основних антропогенних джерел відносний внесок елементарної форми зростає.

Чітко виділяється зона високих концентрацій ртуті в опадах над центральною частиною Європи. Це в першу чергу зумовлено близькістю антропогенних джерел, значна частка викидів яких представлена двовалентною формою, яка легко вимивається [3].

Розрахунок атмосферних балансів дає змогу одержати загальні уявлення про ступінь впливу антропогенної діяльності на атмосферний цикл важких металів і про ступінь серйозності даної проблеми для навколишнього середовища в масштабах Європи.

Основний внесок у забруднення Європи свинцем і кадмієм зумовлений дією прямих антропогенних джерел. Природна емісія складає лише 5% для свинцю і 11% для кадмію. Основна частина свинцю і кадмію, що викидається в атмосферу в регіоні досліджень, випадає на підстилаючу поверхню в його межах. Основним процесом, відповідальним за виведення цих металів з атмосфери, є вологе виведення. Згідно з даними, вологе виведення зумовлює близько 85% сумарного виведення обох металів.

Антропогенний викид в атмосферу елементарної газоподібної ртуті лише частково визначає її наявність у резервуарі досліджень і у випаданнях на підстилаючу поверхню. З викинутих в атмосферу на території спостереження 174 тонн елементарної ртуті лише мала частина випадає в межах регіону, а основна частина виноситься за його межі і вступає в глобальний атмосферний цикл ртуті.

Найбільш значним для навколишнього середовища регіону є антропогенний викид в атмосферу ртуті у вигляді газоподібних сполук і аерозольних частинок. Викид саме цих форм зумовлює високі рівні випадань у Центральній Європі. Основний внесок у виведення цих форм з атмосфери дає вимивання опадами. Лише незначна частка газоподібної окисленої ртуті і аерозольної ртуті виносяться за межі регіону.

Сумарне випадання дещо зростає зі збільшенням інтенсивності опадів завдяки збільшенню вологого осадження, і трохи зменшується із зростанням швидкості вітру через виносення забруднювача за межі області. Крім того, збільшення вертикального перемішування викликає вище підняття частинок забруднювача в атмосфері і, врешті-решт, також призво-

дить до зменшення сумарного випадання. Цілком очевидно, що сумарне випадання зростає зі збільшенням швидкості сухого осадження. На противагу цьому зростання всіх згаданих вище параметрів призводить до зменшення концентрації забруднювача в повітрі. Природна емісія, хмарність і температура повітря впливають найменше. Хоча шорсткість підстилаючої поверхні робить значний вплив на сухе і як наслідок на вологе виведення окремо, сумарне випадання практично не залежить від цього параметра.

Природна емісія і реемісія важких металів, у першу чергу ртуті, потребує подальшого уточнення. Слід розглянути можливість обліку вторинного надходження в атмосферу з раніше забруднених ґрунтів не тільки ртуті, але й інших важких металів. Особливу увагу варто приділити регіону південної Європи, де внесок природних джерел ртуті може бути домінуючим. Істотний вплив на точність розрахунків може мати сезонна мінливість усіх видів емісії в атмосфері.

Географічне розташування систем моніторингу забруднення атмосфери є нерівномірним. Вони майже відсутні в країнах, що розвиваються. Відсутність надійних даних про викиди в районах за межами Європи і Північної Америки є однією з основних перешкод у боротьбі з трансграничними перенесеннями.

Значні антропогенні викиди в окремих країнах і досить тривалий час життя в атмосфері всіх розглянутих важких металів створюють передумови для виникнення проблем трансграничного забруднення.

Таким чином, Конвенція 1979 року про трансграничне забруднення повітря на великі відстані і Протоколи до неї ввели регіональний режим в Європі та Північній Америці, який базується на процесі огляду і програмах співпраці в зоні системного спостереження за забрудненням повітря, оцінки та обміну інформацією.

Література

1. Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния от 13 ноября 1979 г.
2. Протокол по тяжелым металлам к Конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния /Принят 24 июня 1998 года в г.Орхусе (Дания).
3. Информационный отчет ЕМЕП 2/2003 (Июнь 2003) :Тяжелые металлы. Метеорологический синтезирующий центр «Восток» (И. Ильин, О. Травников), Координационный химический центр (В. Аас, Х. Уггеруд)

