

Розділ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1. Нормування забруднень навколишнього середовища

Законодавчою базою стандартизації і нормування в галузі охорони довкілля в Україні є закони і кодекси: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», введений в дію Постановою Верховної Ради України № 1268-ХІІ від 26 червня 1991 р. зі змінами, «Про природно-заповідний фонд України» (від 16.06.1992 р.); «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.); «Про рослинний світ» (від 09.04.1999 р.); «Про тваринний світ» (від 3.03.1993 р.); «Про відходи» (від 05.03.1998 р.); Лісовий, Водний та Земельний кодекси, кодекс «Про надра» та інші. Вказані нормативно-правові документи регламентують основні питання правового поведіння з окремими видами природних ресурсів, право власності і право користування ними, заходи охорони і відповідальність за порушення екологічного законодавства, міжнародне співробітництво тощо [1].

До нормативних актів в системі екологічного законодавства належать також підзаконні нормативно-правові акти (укази Президента України, постанови Кабінету Міністрів України, інструкції міністерств і відомств, рішення органів місцевого самоврядування), керівні нормативні документи (КНД), державні стандарти (ДСТУ), санітарні правила і норми (ДСанПін).

Державні стандарти в галузі охорони навколишнього природного середовища є обов'язковими для виконання і визначають поняття і терміни, режим використання й охорони природних ресурсів, методи контролю за станом навколишнього природного середовища, вимоги щодо запобігання негативного впливу забруднень на здоров'я людей, інші питання, пов'язані з охороною навколишнього природного середовища та використанням природних ресурсів [2].

Класифікація нормативів якості довкілля та антропогенного навантаження надзвичайно складна. Так, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» виділяє екологічні нормативи, до яких відносяться гранично допустимі викиди, скиди, нормативи використання природних ресурсів тощо, та нормативи гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у довкіллі та рівні шкідливих фізичних та біологічних впливів на нього. Очевидно, що

класифікація нормативів дещо ширша та має враховувати комплексні екологічні нормативи [1].

Для оцінювання екологічного стану довкілля запроваджено екологічне та санітарно-гігієнічне нормування.

Екологічне нормування передбачає допустиме навантаження на екосистему. Допустимим є таке навантаження на довкілля, при якому відхилення перебігу процесів у довкіллі є в межах норми. Однак для більшості забруднювачів користуються санітарно-гігієнічними нормами. В Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» (25.06.1991 зі змінами) [3] наведено визначення екологічних нормативів як таких, що встановлюють гранично допустимі викиди та скиди у НПС забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів. В такому формулюванні екологічні нормативи фактично тотожні виробничо-господарським. Але екологічні нормативи – це нормативи гранично допустимого антропогенного впливу або стану природного середовища, при яких не виникають порушення в екосистемах [1].

Санітарно-гігієнічне нормування базується на принципі, що людина тоді захищена від негативного впливу довкілля, коли захищена і екосистема. В основу нормування шкідливих впливів покладено принцип *порогової дії*.

Поріг шкідливої дії – це та мінімальна доза речовини, під впливом якої в організмі виникають зміни у межах фізіологічних реакцій та реакцій пристосування.

Екологічні та санітарно-гігієнічні стандарти включають такі показники: гранично допустима норма (ГДН); гранично допустима концентрація (ГДК); гранично допустимий рівень (ГДР) [4].

ГДН (гранично допустимі норми) характеризують антропогенну дію на природне середовище. Вони включають: організаційні заходи; заходи раціонального використання земель, флори; норми для ґрунтів, водойм та водостоків, повітря населених пунктів.

Перевищення норми загрожує здоров'ю.

ГДК (гранично допустима концентрація) – така концентрація хімічної речовини у довкіллі, при дії якої на організм періодично або протягом всього життя (прямо або опосередковано) не виникають фізичні та психічні захворювання або зміни стану здоров'я, що виходять за межі фізіологічних реакцій, виявлених сучасними методами дослідження відразу і у віддалені строки життя сучасного та наступного покоління.

Нормування здійснюють за принципом *лімітуючого показника* і найбільш чутливого показника, як наприклад неприємний запах, хоча концентрація речовини не викликає шкідливої дії.

Для кожного об'єкту довкілля визначені величини ГДК і обчислюють їх по-різному: для ґрунту це ГДК в орному шарі, мг/кг; для води – ГДК в мг/дм³. Для повітря є різні нормативи, обчислені у мг/м³ – для населення, на

виробництві. Є нормативи і для продуктів харчування. Це такі показники, як ГДК та ДЗК (допустима залишкова кількість) та інші.

На сьогодні встановлено ГДК для більш ніж 500 шкідливих речовин, що забруднюють повітря, біля 300 для ґрунтів і більше ніж 1500 для вод.

ГДР (гранично допустимий рівень) нормує рівні вібраційного, електромагнітного, шумового забруднення.

Виробничо-господарські стандарти регламентують екологічно безпечний режим роботи виробництва, комунально-побутового об'єкту. До них відносяться технологічні, містобудівні, рекреаційні та інші нормативи господарської діяльності [5].

Технологічні нормативи включають гранично допустимий викид в атмосферу (ГДВ) та гранично допустимий скид, стік у водойму (ГДС).

ГДВ в атмосферу (г/с, т/рік) – така кількість шкідливих речовин, яка викидається у повітря за одиницю часу, і при якій концентрація забруднювача повітря не перевищує ГДК.

Гранично допустимий викид визначає ту кількість хімічної речовини у викиді, яка не перевищує фонові. Його встановлюють після розрахунку розсіювання домішок в атмосферу.

Тимчасові нормативи. Для речовин, дія яких недостатньо досліджена, на певний відрізок часу, переважно 2–3 роки, встановлюють *тимчасові нормативи*. До таких нормативів належать *ОДК* (орієнтовно допустимі концентрації) для ґрунтів; *ТДК* (тимчасово допустимі концентрації) та *ОБРВ* (орієнтовно безпечні рівні впливу), переважно для викидів у повітря.

Сумарні показники. Нормування стосується вмісту конкретної хімічної речовини. Забруднювачів у довкіллі є декілька, всі вони разом впливають на процеси у довкіллі та на здоров'я людини, причому часто вплив є не сумою окремих впливів, а може бути більшим. Тому у випадку забруднення вод та повітря користуються відносним *сумарним показником* для речовин з подібною дією у водах та повітрі. Сума відношень концентрацій речовин до їхніх ГДК не повинна перевищувати одиниці.

Комплексні нормативи. Серед них виділяють [6]: гранично допустимі норми навантаження на НПС; нормативи санітарних і захисних зон.

1.1.1. Нормування вмісту речовин у ґрунті

Якість ґрунтів – це сукупність фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунтів, що визначають їх безпечність в епідеміологічному і гігієнічному відношенні. Визначається якість ґрунтів за показниками їх санітарного стану, та комплексу критеріїв (санітарно-хімічних і санітарномікробіологічних). Якість ґрунтів регламентується за стандартами, в яких розглядаються номенклатура показників санітарного стану ґрунту, методи відбирання і підготовки проб для хімічного, бактеріологічного і гельмінтологічного аналізу та ін. [7]

У колишньому СРСР встановлювався лише один норматив якості ґрунтів, що визначав рівень забруднення ґрунтів шкідливими хімічними речовинами – ГДК_г (мг/кг) для орного шару ґрунту.

Система стандартизації й нормування в галузі охорони й раціонального використання ґрунтів на сьогодні є недостатньо розробленою. Встановлені в цій галузі стандарти були розроблені в нашій країні вперше тільки у 80-х роках минулого століття. Багато важливих санітарно-нормативних документів, що стосуються стану ґрунтів, є відомчими. Тому потрібне подальше вдосконалення законодавства шляхом розробки та затвердження державних стандартів на різні показники та норми в галузі охорони ґрунтів.

Законодавчою основою стандартизації й нормування в галузі охорони й раціонального використання ґрунтів є Земельний кодекс України (№ 2768 - III від 25.10.01), Закон України «Про охорону земель» (№ 962-IV від 19.06.03), Закон України «Про державний контроль за використанням й охороною земель» (№ 963 від 19.06.03), та ін. [4, 8].

Відповідно до ст. 30 Закону України «Про охорону земель» [9] у галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів встановлюються такі нормативи:

- гранично допустимого забруднення ґрунтів;
- якісного стану ґрунтів;
- оптимального співвідношення земельних угідь;
- показників деградації земель та ґрунтів.

Нормативи якісного стану ґрунтів встановлюються з метою запобігання їх виснаженню і використовуються для здійснення контролю за якісним станом ґрунтів. Вони визначають рівень забруднення, оптимальний вміст поживних речовин, фізико-хімічні властивості тощо.

Нормативи в галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів встановлює Кабінет Міністрів України.

Принцип нормування вмісту шкідливих речовин у ґрунті базується на тому, що потрапляння їх в організм проходить, переважно, через контактуючі з ґрунтом середовища (рослини, повітря, вода). Нормативи ГДК_г розроблені для речовин, які можуть мігрувати в атмосферне повітря або ґрунтові води, знижувати врожайність або погіршувати якість сільськогосподарської продукції. Тому, для характеристики забруднюючих речовин вводяться відповідні міграційні показники, що визначені експериментально:

- МА – міграційний повітряний показник шкідливості, що характеризує здатність забруднюючої речовини переходити із орного шару ґрунту в атмосферу;

- МВ – міграційний водний показник шкідливості що характеризує перехід забруднюючої речовини із орного шару ґрунту в ґрунтові води або поверхневі водні об'єкти;

– ТЛ – транслокаційний міграційний показник шкідливості, що характеризує здатність забруднюючої речовини переходити з орного шару ґрунту через кореневу систему в зелену масу і плоди рослин.

Крім того, вводиться загальносанітарний показник шкідливості, що характеризує здатність забруднюючої речовини впливати на самоочисну здатність ґрунтів та ґрунтовий мікробіоценоз. В інституті екології людини (Росія) проводяться дослідження, що направлені на обґрунтування індивідуальних показників шкідливих речовин ГДКг для різних типів ґрунтів.

Для ґрунтів, як для повітря та водойм, у випадку, коли для речовини не встановлено ГДКг, внаслідок недостатності інформації про метаболізм і токсичність речовин, встановлюється тимчасово допустима концентрація (ТДКг) хімічної речовини в орному шарі ґрунту розрахунковим шляхом. Визначення ступеня забруднення ґрунтів при відсутності ГДК забруднювача проводиться також в порівнянні з фоновими чи кларковими значеннями [1, 4, 8].

Установлення ГДК забруднюючих речовин у ґрунті знаходиться в первісній стадії, тому нині встановлені ГДК лише для 30 шкідливих речовин, переважно отрутохімікатів.

У зв'язку з тим, що шкідливі речовини надходять в організм людини за харчовими ланцюгами, то встановлені допустимі залишкові кількості (ДЗК) пестицидів у ґрунті, харчових і кормових продуктах (табл. 1.1)

Таблиця 1.1

ГДК і ДЗК деяких речовин у ґрунті

Речовина	ГДК, мг/кг	ДЗК, мг/кг
Хлорофос	0,5	1,0
Карбофос	2,0	1,0
Прометрін	0,5	0,1
Поліхлоркамфер	0,5	0,1
Гексахлорциклогексан	1,0	1,0

Забруднення ґрунту в умовах міст пов'язане з утворенням промислових і побутових відходів. У зв'язку з цим, контроль забруднення ґрунту здійснюється переважно органами Держпродспоживслужби (раніше – санітарно-епідеміологічна служба). Ця служба проводить:

- попереджувальний нагляд за проектуванням і будівництвом споруджень за очищенням і знешкодженням промислових і побутових відходів;

- поточний нагляд за своєчасним збором і видаленням промислових і побутових відходів, а також вторинної сировини.

Крім зазначених функцій, під контролем санітарної служби знаходиться не тільки збір, але і транспортування відходів, узгодження місць їхнього поховання, переробки.

Гранично допустима концентрація хімічного *елементу* в ґрунті – така концентрація, яка при багаторічному впливі на ґрунт не викликає патологічних змін у ґрунтовій біоті і у властивостях абіотичної частини, особливо у ґрунтовому поглинальному комплексі.

Встановлення ГДК для ґрунту є не простим завданням, оскільки ґрунт є складним утворенням, зв'язаним з життєдіяльністю рослин і тварин. Шкідливий вплив чинять на різних типах ґрунтів різні дози одно і того ж інгредієнта. Це залежить від характеристик ґрунту, таких як вміст гумусу та інтенсивність його мінералізації; рН ґрунтового розчину; здатність до катіонного обміну з ґрунтовим поглинальним комплексом; від виду рослин; від того, наскільки сторонні речовини впливають на стан ґрунту – на зміну хімічного складу ґрунту та його фізичного стану (проникнення води та повітря), на зміну санітарного стану. Тому ГДК визначають для даного типу ґрунту за загальним вмістом та за вмістом рухливих форм інгредієнтів [2, 7].

Показником забруднення є деградація ґрунту, зміна гумусового складу, бо саме гумус відповідає за родючість і є фактором самоочищення ґрунту.

Особливо небезпечними у ґрунті є сполуки As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F; помірно небезпечні сполуки B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; мало небезпечні сполуки Ba, V, W, Mn, Sr; ацетофенон. Небезпечними є радіоактивні ^{90}Sr і ^{137}Cs .

Щоб встановити ГДК речовин у ґрунті, проводять низки досліджень і визначають, наскільки вони токсичні для тварин, протягом якого часу речовини залишаються незмінними у ґрунті та в рослинах (персистентність), як впливають на харчову цінність вирощеної продукції.

Ключовим питанням нормування антропогенного навантаження на ґрунти є оцінка їх забрудненості. За величиною зон та рівнем забруднення виділяють *фонове, локальне, регіональне і глобальне* забруднення ґрунтів.

Фоновим вважається такий вміст забруднюючих речовин, який відповідає або є близьким до природного хімічного складу ґрунту.

Локальним вважається забруднення ґрунту поблизу одного або сукупності декількох джерел забруднення.

Регіональним є таке забруднення ґрунту, яке виникає внаслідок переносу забруднюючих речовин на відстань не більше 40 км від техногенних і не більше 10 км від сільськогосподарських джерел забруднень.

Глобальним називають таке забруднення ґрунту, яке виникає внаслідок дальнього переносу забруднюючих речовин на відстань понад 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

За ступенем небезпеки хімічні речовини, що потрапляють в ґрунти, поділяють на три класи (табл. 1.2):

- 1 клас – високонебезпечні речовини;
- 2 клас – помірнонебезпечні речовини;
- 3 клас – малонебезпечні речовини.

Таблиця 1.2

Визначення токсичності речовин у ґрунті

Показник/Клас	I	II	III
Токсичність (ЛД), мг/кг	<200	200-1000	>1000
Персистентність у ґрунті, місяців	>12	6-12	<6
ГДК у ґрунті, мг/кг	<0,2	0,2-0,5	>5
Персистентність в рослині, місяців	3	1-3	<1
Вплив на харчову цінність сільськогосподарської продукції	сильний	помірний	-

Часто токсичність характеризують іншими показниками.

Фоновий вміст інгредієнта в ґрунті характеризує стан ґрунту на даній території та в даних умовах. *Фоновією* вважається *концентрація інгредієнту в ґрунті на відстані 15–20 км від епіцентру техногенної дії проти напрямку вітру*. Другим вживаним показником є *пороговий вміст інгредієнтів у ґрунті*. Ці характеристики для найбільш токсичних важких металів наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Вміст особливо токсичних елементів у ґрунті, мг/кг

Фоновий вміст		Пороговий вміст рухомих форм				
Елемент	Вміст	Тип ґрунту/Елемент	Hg	Cd	Zn	Pb
Cd	0,01-0,5	Дерново-підзольний	2	2	85	15
Hg	0,02-0,5	неокультурений				
	(Європа, Канада)	Дерново-підзольний		25	80	650
Pb	2,5-10,0	окультурений				
Zn	21,3-40,2	Чорнозем типовий		5,5	115	

Величини гранично допустимих концентрацій найбільш токсичних важких металів у табл. 1.4.

Гранично допустимі концентрації елементів у ґрунті, мг/кг

Елемент	Вміст		Елемент	Вміст	
	Загальний	Рухомі форми		Загальний	Рухомі форми
As	2,0		Cr(Cr(VI))	100 (0,5)	
Hg	2,1		V	150	6
Cd	3,0	0,7	Zn	300	
Sb	4,5		Sr	1000	23
Se	10		Mn	1500	
Pb	30	2	NO ₃ ⁻		50
Co	50	5	F ⁻	10	130
Ni	85	4	P ₂ O ₅	200	
Cu	100	3	H ₂ S	0,4	

За вмістом токсичних неорганічних та органічних речовин визначають рівні забруднення ґрунту (табл. 1.5).

Всього визначено 5 таких рівнів. Перший рівень відповідає незабрудненому ґрунту, у якому вміст інгредієнта менший за величину ГДК. Рівні 2–5 характеризують різний ступінь забруднення ґрунту.

Таблиця 1.5

Показники рівня забруднення ґрунтів деякими хімічними речовинами

Неорганічні сполуки				
Елемент	Вміст, мг/кг			
	2 низький рівень	3 середній рівень	4 високий рівень	5 дуже високий рівень
Cd	від ГДК до 3	3 - 5	5 - 20	>2
Hg	від ГДК до 3	3 - 5	5 - 10	>10
As	від ГДК до 20	20 - 30	30 - 50	>50
Pb	від ГДК до 125	125 - 250	250 - 600	>600
Органічні сполуки				
Сполука	Вміст, мг/кг			
	2 низький рівень	3 середній рівень	4 високий рівень	5 дуже високий рівень
Бензапірен	від ГДК до 0,1	0,1 - 0,25	0,25 – 0,5	>0,5
Бензол	від ГДК до 1	1 - 3	3 - 10	>10
Хлоровані вуглеводні	від ГДК до 5	5 - 25	25 - 50	>50
Нафтопродукти	1000 - 2000	2000 - 3000	3000 - 5000	>5000

При перевищенні вмісту елементів у ґрунті вони починають накопичуватися у рослинах. Тому визначають вміст токсичних речовин як у ґрунті, так і у вирощеній на ньому продукції (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

**Нормативи забруднення рослинницької продукції
важкими металами, мг/кг**

Елемент	ГДК рухомих форм у ґрунті	ГДК у рослинах	
		овочі	зерно
Цинк	23	10	50
Кадмій	0,7	0,03	0,03
Плюмбум	2	0,5	0,3
Купрум	3	5	10
Хром	6	0,3	0,2
Меркурій	-	0,02	0,03
Кобальт	5	1	1
Манган	50	20	44
Ферум	-	50	50
Нікель	4	1,5	0,5

Оцінка ґрунтів за вмістом важких металів проводиться таким чином. Якщо вміст важкого металу у ґрунті є на рівні фонового, вміст рухомих форм на рівні ГДК, а в рослині менший за ГДК, то екологічний стан є *задовільним*. Якщо вміст у ґрунті і в рослині є на рівні ГДК, але в рухомих формах перевищений у 1,5–2 рази, то *стан передкризовий*. Якщо загальний вміст у ґрунті та рослині незначно перевищений, то стан ґрунту *кризовий*. При перевищенні показників ГДК у десятки і сотні разів стан ґрунту *катастрофічний* (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

**Забруднення ґрунтів деякими мікроелементами
(рухомі форми, ацетатно-амонійний буферний розчин, рН 4,8), мг/кг**

Градація вмісту мікроелементів	Mn	Cu	Zn
Незабруднені ґрунти			
Підвищений рівень	40-60	1-5	10-40
Забруднені ґрунти			
Слабо забруднені	65-90	5-25	40-65
Сильно забруднені	115	50	90

Для оцінки забруднення ґрунтів пестицидами використовують дані про їхню залишкову кількість у ґрунті і в рослині. Вважається, що на 1 га ґрунтів слід вносити не більше як 3 кг пестицидів. Передкризовим

вважається такий стан ґрунту, коли на 1 га припадає 4–5 кг пестицидів, кризовий і катастрофічний, коли їх вміст сягає 5–7 кг і більше відповідно, а вміст залишків пестицидів у рослині перевищує гранично допустиму концентрацію в 2–10 рази.

До *індивідуальних показників* забруднення ґрунтів слід віднести час подвоєння забруднювача в ґрунті та інтенсивність забруднення.

Час подвоєння ($t_{1/2}$) – час, протягом якого атмосферні опади подвоюють природний вміст металу в шарі цилінного ґрунту товщиною 1 см, а в шарі орного – товщиною 20 см (табл. 1.8). Цей критерій дозволяє реально оцінити техногенне забруднення ґрунту.

Таблиця 1.8

Час подвоєння вмісту деяких забруднювачів у ґрунті

Елемент	Pb	Cr	Mn	Cu	Ni	Zn
$t_{1/2}$, роки	0,88	27	25	0,36	3,3	2,2
Фоновий вміст, мг/кг	3,4	180	390	3,9	55	29

Отже, чим менший природний вміст елемента у ґрунті, тим за менший відрізок часу його вміст подвоюється. Потрапляння у ґрунт саме таких елементів (Cu, Pb) найінтенсивніше забруднює його.

Інтенсивність забруднення ґрунту – ступінь накопичення забруднення в порівнянні з фоном. Інтенсивність забруднення характеризують коефіцієнтом концентрації.

$$K_c = \frac{C_i}{C_\phi}, \quad (1.1)$$

де C_i – загальний вміст забруднюючої речовини;

C_ϕ – середній фоновий вміст забруднюючої речовини в досліджуваному об'єкті.

Нижнім порогом аномальності вважається величина $K_{Ci}=1,5$.

Сумарні показники забруднення використовують у випадку низки забруднювачів у асоціації, переважно для важких металів.

Сумарний показник забруднення для n врахованих аномальних факторів визначає поліелементне забруднення ґрунту і вираховується за формулою Ю.С. Саєта:

$$Z_c = \sum_i^n K_{Ci} - (n - 1), \quad (1.2)$$

де K_{Ci} – коефіцієнт концентрації i – го елемента в пробі;

n – число елементів суми.

За значенням сумарного показника забруднення Z_c розроблена шкала (Ю. Саєт і Б. Равич) [10], що відображає небезпеку забруднення ґрунтів для здоров'я людини. Згідно з цією шкалою:

- 1) припустимий ступінь забруднення ($Z_c < 16$);
- 2) помірний ступінь забруднення ($Z_c = 16-32$);
- 3) небезпечний ступінь забруднення ($Z_c = 32-128$);
- 4) надзвичайно небезпечний ступінь забруднення ($Z_c > 128$).

При мінімальному значенні Z_c (< 16) небезпеки не виникає, спостерігається низький рівень захворюваності дітей і мінімальна частота функціональних відхилень.

При середніх значеннях Z_c , (16-32) ситуація помірно небезпечна. Збільшується захворюваність дітей. Сумарна захворюваність досягає 15%.

При $Z_c = 32-64$ ситуація характеризується як небезпечна. Зростає захворюваність дітей на хронічні хвороби, порушується діяльність серцево-судинної системи. Сумарна захворюваність досягає 40%.

При значеннях Z_c від 32-64 до 128 екологічна ситуація характеризується як надзвичайно небезпечна. Збільшення загальної захворюваності, числа дітей, які часто хворіють, дітей із хронічними захворюваннями, порушеннями функціонального стану серцево-судинної системи

При значеннях Z_c (>128) настає екологічне лихо, захворюваність перевищує 70 %, спостерігається порушення репродуктивної функції жінок, зростає смертність.

Наприклад, визначили коефіцієнти для таких забруднювачів: $K_c(\text{Pb}) = 9,0$, $K_c(\text{Zn}) = 8,2$, $K_c(\text{Hg}) = 6,0$, $K_c(\text{Cu}) = 5,0$, $K_c(\text{Ni}) = 3,2$, $K_c(\text{Cr}) = 1,8$. Тоді сумарний показник має значення:

$$Z_c = \sum_i^n (9 + 8,2 + 6 + 5 + 3,2 + 1,8) - (6 - 1) = 28,2$$

За даними інтенсивності та сумарного показника забруднення складають моноелементні карти забруднення ґрунтів та поширення геохімічної асоціації.

Іноді користуються *сумарним показником ступеню забруднення* (СТЗ) для n елементів, що входять у асоціацію, для яких $K_{Ci} > 1$:

$$СТЗ = \sum_i^n K_{Ci}, \quad (1.3)$$

Якщо не для усіх забруднювачів коефіцієнт концентрації перевищує одиницю, то використовують *середній сумарний показник забруднення* (ССПЗ):

$$ССПЗ = \sum_{i=1}^n K_{Ci} / n_i + \sum_{j=1}^m K_{Cj} / m_j, \quad (1.4)$$

де n - кількість забруднювачів, для яких $K_{Ci} > 1$; m - кількість забруднювачів, для яких $K_{Ci} < 1$.

За ступенем забрудненості ґрунти поділяють на сильно забруднені, середньо забруднені і слабо забруднені.

У *сильно забруднених* ґрунтах вміст забруднюючих речовин у кілька разів перевищує ГДК_г. Для таких ґрунтів характерна низька біологічна продуктивність та істотні зміни їх фізико-хімічних, хімічних і біологічних характеристик. Це є причиною того, що при вирощуванні сільськогосподарської продукції на цих ґрунтах, в рослинах спостерігається перевищення норми вмісту токсичних речовин.

Для *середньо забруднених ґрунтів* характерне незначне перевищення ГДК_г забруднюючих речовин, що не призводить до помітних змін їх властивостей.

У *слабо забруднених* ґрунтах вміст шкідливих речовин не перевищує ГДК_г, але перевищує їх фонову концентрацію.

За ступенем стійкості до хімічних забруднень та характером зворотної реакції, ґрунти поділяються на:

- дуже стійкі,
- середньостійкі,
- малостійкі.

Ступінь стійкості ґрунтів до хімічних забруднень характеризується такими показниками, як гумусний склад ґрунту, кислотно-основні властивості, окиснювально-відновлювальні властивості, катіонно-обмінні властивості, біологічна активність, рівень ґрунтових вод, частка речовин, що знаходяться в розчиненому стані.

При оцінці стійкості ґрунтів до хімічних забруднень слід враховувати показники, що характеризують короткотермінові (2-5 років), довготермінові (5-10 років) зміни ґрунтів та показники ранньої діагностики розвитку змін в ґрунтах.

Короткотермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за динамікою вологості, величиною водневого показника рН, складом ґрунтових розчинів, диханням ґрунтів, вмістом поживних речовин.

Довготермінові зміни властивостей ґрунту діагностуються за складом та запасом гумусу, відношенням вуглецю гумінових кислот до карбону сульфокислот, втратами ґрунтів внаслідок ерозії, загальною лужністю, кислотністю, вмістом солей.

Функціонування промислових підприємств, транспорту та енергетичних установок викликає регіональне і навіть глобальне забруднення ґрунтів. Регіональне забруднення ґрунтів може викликатися кислотними дощами, що випадають поблизу великих промислових підприємств, котрі викидають в атмосферу шкідливі гази. Природні процеси (міграція, перетворення, розклад, вимивання, вивітрювання, сонячна радіація, клімат) сприяють самоочищенню ґрунтів. Захисна