УДК 614.3:661.002

ДО ПРОБЛЕМИ ГІГІЄНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Александрова Л. Г.

ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

У статті висвітлено актуальні питання щодо гігієнічного контролю за забрудненням виробничого середовища потенційно небезпечними хімічними речовинами, сучасні вимоги до методик вимірювання їхньої масової концентрації в повітрі робочої зони, а також можливості використання показників біомоніторингу для визначення якості виробничого середовища.

Ключові слова: гігієнічний контроль, виробниче середовище, забруднення повітря робочої зони, хімічні речовини, нормативні документи, біологічний моніторинг

Глобальний план дій з охорони здоров'я працюючих на 2008—2017 роки було прийнято на 60-й сесії Всесвітньої Асамблеї Охорони здоров'я «Здоровье работающих: глобальный план действий» [1]. У цьому документі відмічалося, що працівники складають половину світового населення й вносять основний внесок в економічний і соціальний розвиток. Їхнє здоров'я визначається не тільки ризиками, присутніми на робочому місці, але й соціальними факторами й індивідуальним станом, а також доступом до медико-санітарних послуг. Умови праці на робочому місці не повинні призводити до погіршення здоров'я й благополуччя. Пріоритет повинен належати первинній профілактиці професійних ризиків для здоров'я, включаючи контроль за шкідливими факторами, зокрема, хімічними, пов'язаними з умовами праці.

Проблеми гігієнічного контролю за якістю виробничого середовища пов'язані, насамперед, з оцінкою забруднення потенційно небезпечними хімічними речовинами повітря робочої зони, яка практично неможлива без використання для цього надійних, сучасних фізико-хімічних методів дослідження.

Мета дослідження якості виробничого середовища відповідно до існуючих нормативних документів [2, 3] — визначення якісного та кількісного рівня забруднення повітря робочої зони; гігієнічна оцінки технологічного процесу, устаткування, ефективності роботи вентиляційного обладнання та інших засобів колективного захисту; установлення необхідності використання засобів індивідуального захисту органів дихання; оцінка ефективності впроваджених оздоровчих заходів; виявлення впливу шкідливих речовин на стан здоров'я працюючих; атестація робочих місць.

Якщо для вирішення зазначених вище завдань досліджується максимально разова масова концентрація певної речовини, то визначення середньозмінної масової концентрації використовується для розрахунку поглинутої інгаляційної дози і оцінки індивідуальної експозиції потенційно токсичними речовинами, що стає особливо важливим для виявлення ефективності застосованих засобів індивідуального захисту органів дихання, виявлення впливу на стан здоров'я працюючих, або перегляду і уточнення величини гігієнічного нормативу.

Вибірковий (періодичний та оперативний) контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони здійснюється закладами державної санепідслужби МОЗ України, а також санітарними лабораторіями промислових підприємств, установ, організацій згідно із чинним законодавством [2, 4, 5].

Повітря робочої зони досліджується при типових виробничих умовах: на місцях постійного або тимчасового перебування працюючих з урахуванням особливостей технологічного процесу (безперервний, періодичний); розташування і роботи встакування, схеми повітрообміну в приміщенні; архітектурно-будівельних рішень (поверховість будинку, наявність міжповерхових прорізів, зв'язок із суміжними приміщеннями тощо); кількості, розташування та виду робочих місць (постійних чи тимчасових); температурного режиму, у залежності від номенклатури та складу шкідливих речовин, що надходять у виробниче середовище, їхнього агрегатного стану (аерозоль, пара, газ) і леткості; фізико-хімічних властивостей, можливості їхнього перетворення під впливом факторів виробничого середовища, зокрема, окиснення, деструкції, гідролізу тощо; класу небезпеки речовини.

Якщо в повітрі робочої зони постійно міститься декілька хімічних речовин, тоді контроль повітряного середовища, за погодженням із територіальним закладом державної санітарно-епідеміологічної служби, може проводитись за найбільш небезпечними і характерними хімічними речовинами для певних умов праці і певних професій. У випадку наявності в повітрі невизначеної суміші хімічних речовин необхідно отримати інформацію щодо її складу із залученням відповідних фахівців у галузі гігієни праці й аналітичної хімії та визначити, які саме складові суміші необхідно контролювати і з якою періодичністю. При можливому надходженні в повітря робочої зони шкідливих речовин із гостроспрямованим механізмом дії відбір проб повинен здійснюватись із застосуванням систем автоматичного контролю за масовою концентрацією речовини. Гігієнічні вимоги до технічних параметрів приладів автоматичного (безперервного) контролю погоджуються в установленому порядку.

Вимоги до контролю за дотриманням максимально разових і середньо-змінних ГДК викладено в СН 4617-88 «ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны», ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», а також у методичній і довідковій літературі з гігієни праці [4, 5].

Будь-які порушення технологічного процесу, несправний стан чи неправильна експлуатація обладнання та передбачених засобів запобігання забрудненню повітря робочої зони шкідливими речовинами (вентиляція, захист будівельних конструкцій тощо) перед відбором проби повітря мають бути завчасно усунені.

Розглянемо декілька типових прикладів із забруднення повітря робочої зони складними сумішами хімічних речовин.

Мастильно-охолоджуючі рідини. Відомо, що мастильно-охолоджуючі рідини (МОР) і технологічні мастила (ТМ) є багатокомпонентними композиціями, до яких у головну – базову складову (парафінові і нафтенові масла; суміш мінеральних масел і емульгаторів; суміш поліглікoлей і поверхнево-активних речовин (ПАР) з водою; суміш поліглікoлей, ПАР і мінеральних масел; суміш електролітів, ПАР з водою тощо) додаються різноманітні присадки, кожна з яких має одну або декілька функцій. Найбільш часто застосовуються такі, що мають миючі, диспергуючі, протизношувальні, в'яжучі, депресорні, антиокиснювальні, антикорозійні, протипінні та інші функції. Як присадки використовують такі хімічні речовини: азотовмісні сполуки, аміноспирти, ароматичні аміни, амонієві основи, карбонові та оксикарбонові кислоти, спирти, ефіри, алкілфеноли, пірони, поліметакрилати, полісилоксани, сірковмісні сполуки, терпеноїди, фосфор- та хлорорганічні сполуки, неорганічні солі (фосфат натрію, сульфат нікелю, хлорид кадмію тощо).

Роботами, проведеними в Інституті медицини праці НАМН України, було встановлено, що в залежності від особливостей технологічних операцій при обробці деталей лезвійним і абразивно-алмазним інструментом, умов аерації, складу МОР і ТМ вони (хімічні речовини) можуть впливати на організм працюючих безпосередньо при контакті або внаслідок надходження через дихальні шляхи пари, аерозолю дезінтеграції й конденсації, бактеріального аерозолю та пилу [6, 7].

У таблицях 1 і 2 наведено рівні забруднення повітря робочої зони хімічними речовинами, які мають гігієнічне значення, при проведенні різних технологічних операцій.

Дослідження, проведені сумісно с Інститутом нафтохімії, показали, що максимальна кількість масляного аерозолю й продуктів термоокиснювальної деструкції МОР надходить у повітря робочої зони при температурному режимі, який перевищує температуру 700 °С. Як зробили висновок дослідники, гігієнічне значення мають інгаляційний і крізьшкірний способи надходження продуктів термоокиснювальної деструкції МОР і ТМ до організму працюючих [6, 7].

Таблиця 1

Уміст продуктів термоокиснювальної деструкції в повітрі робочої зони при застосуванні МОР МР-3 на операціях глибокого свердління

Виробнича операція	Діапазон масових концентрацій, мг/м^3		
	Формальдегід	Сірки діоксид	Мінеральне масло
Подача у верстат	0,05-0,15	0,00-5,00	5,0-15,0
Свердління деталей	0,13-2,70	0,00-13,30	5,2-19,8
Видалення стружки	0,15-2,35	0,00-3,33	6,26-18,30
Зняття деталей із верстата	0,09-1,80	0,00-2,50	2,4-19,8
ГДК$_{р.з.}$	0,5	10,0	5,0

Таблиця 2

Основні продукти термоокиснювальної деструкції МОР при обробці вуглецевої сталі лезвійним інструментом

Продукти термоокиснювальної деструкції СОЖ (ГДК$_{р.з.}$, мг/м^3)	Максимальна концентрація, мг/м^3			
	Марка сталі			
	ОСМ-3	МР-1	МР-2	Сульфофрезол
Водню хлорид (5,0)	–	6,3	6,0	<МКВ
Вуглеводні (300)	20	80	100	150
Масляний аерозоль (5,0)	18	14	12,0	23
Оксид вуглецю (20,0)	–	16	12	12
Сірки діоксид (10,0)	10	1,6	20	20
Формальдегід (0,5)	0,5	0,1	1,2	1,2

Примітка. МКВ – межа кількісного визначення.

Поліолефіни (поліетилен, поліпропілен). При перепробці полімерних матеріалів у повітря робочої зони надходить комплекс газо- і пароподібних хімічних речовин як вихідних, так і проміжних (а також і не основних) продуктів синтезу полімерів, а також мономери, домішки, органічні розчинники, стабілізатори, інгібітори, які використовуються в процесі синтезу, а також продукти термоокиснювальної деструкції [8].

Відомо, що поліолефіни є не стабільними матеріалами. Їм притаманне термоокиснювальне старіння, яке ініціюють підвищення температури переробки й експлуатації, дія світла та агресивних середовищ, вплив певних атмосферних умов і механічне навантаження. В умовах виробництва переробка поліолефінів зазвичай здійснюється в присутності повітря й за підвищеної температури, що сприяє термічній і окиснювальній деградації. Ступінь нагрівання поліолефінів при переробці залежить як від способу переробки, так і від молекулярної маси полімера.

У таблиці 3 наведено хімічні речовини, які надходять у повітря при термоокиснювальній деструкції полімерного матеріалу.

Третьякова О. В. [9] дослідила 13 хімічних речовин, що виділялися в повітря при горінні 8 полімерних матеріалів. У таблиці 4 показано як приклад деякі результати цього дослідження.

При термодеструкції фенолформальдегідних смол у повітря надходять метанол, бензол, толуол, м-ксилол, фенол, крезоли, 2,4- і 2,6- ксиленоли [10].

Емісію хімічних речовин, які надходять у повітря з різних будівельних матеріалів, досліджено Ю. Г. Брейдак [11]. Виділення досліджених хімічних речовин із деяких будівельних матеріалів наведено в таблиці 5.

При дослідженні лакофарбових матеріалів (ЛФМ), призначених для застосування в будівництві, В. А. Туркіною [12] був запропонований перелік хімічних сполук, які необхідно контролювати в повітрі виробничого приміщення після проведення малярних робіт, і деякі з них наведено в таблиці 6.

Таблиця 3

Склад летких продуктів розкладу поліолефінів

Якісний склад поліолефінів	Хімічні речовини, які визначено при термоокиснювальній деструкції	Хімічні речовини. що підлягають гігієнічному контролю	ГДК$_{р.з.}$, мг/м^3
Кислоти, ефіри, альдегіди, кетони, спирти (метиловий, бутиловий, пропіловий), оксид і діоксид вуглецю, хлорорганічні сполуки, вуглеводні	Формальдегід, ацетальдегід	Формальдегід	0,5
		Ацетальдегід	5,0
	Органічні кислоти: оцтова, пропіонова	Оцтова кислота	5,0
		Пропіонова кислота	20,0
	Оксид етилену Оксид вуглецю	Етилен пропілен оксид етилену оксид вуглецю	50,0 50,0 1,0 20,0
	Вуглеводні	вуглеводні	300,0

Примітка. Органічні кислоти (оцтова, масляна, пропіонова), оксид і діоксид вуглецю утворюються внаслідок вторинних реакцій термоокиснювальної деструкції.

Таблиця 4

Хімічні речовини, які виділяються при горінні полімерних матеріалів

Полімери	Оксид вуглецю	Азоту діоксид	Аміак	Водню ціанід	Бензол	Форм-альдегід	Пропіо-новий альдегід	Толуол	Стирол
Поліуретан	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Поліефіри*	+	+	+	+	+	-	-	+	+
$ГДК_{р.з.}$	20	2	20	0,3	15/5**	0,5	5	150/50	30/10

*Примітка. * Знайдено ще HCL ($ГДК_{р.з.}$ = 5,0 мг/м^3). ** В знаменнику наведена середньозмінна $ГДК_{р.з.}$*

Таблиця 5

Хімічні речовини, що виділяються в повітря з матеріалів, які використовуються в будівництві

Хімічна речовина	$ГДК_{р.з.}$ мг/м^3	Будівельні матеріали			
		Поліурета-нове покриття	Полівініл-ацетатні клеї	Полівініл-хлоридні клеї	ДСП
Альдегід оцтовий	5	–	0,017 ± 0,003	–	–
Аміак	20	–	–	–	0,78 ± 0,05
Ацетон	200	–		0,39 ± 0,05	–
Дибутил-фталат	0,5	–	0,020 ± 0,004	0,22 ± 0,04	–
Дихлоретан	10	–	–	1,08 ± 0,09	–
Етилацетат	200/50*	0,13 ± 0,04	0,018 ± 0,004	–	–
Ксилол	50	0,45 ± 0,05	–	–	0,070 ± 0,001
Метанол	5		–	–	0,09 ± 0,03
Толуіленді-їзоціанат	0,05	0,04 ± 0,001	–	–	–
Толуол	50	0,07 ± 0,01	–	0,12 ± 0,01	–
Фенол	0,3	–	–	–	0,022 ± 0,004
Формальдегід	0,5	–	0,005 ± 0,001	–	0,095 ± 0,008

Примітка. У знаменнику наведена середньозмінна $ГДК_{р.з.}$

Таблиця 6

Хімічні речовини, що виділяються в повітря з ЛФМ із плівкоутворювачем на полімерній основі

Хімічна речовина	$ГДК_{р.з.}$, мг/м^3	ЛФМ із плівкоутворювачем на полімерній основі	
		Алкідна (органорозчинна)	Нітроцелюлозна органорозчинна
Ациклічні алкани C_6-C_{12}		+	+
Бутанол	10	+	+
Ксилоли	50	+	+
Формальдегід	0,5	+	+
Фталевий ангідрид	1,0	+	+
Уайт-спірит	300	+	+
Ацетон	200	–	+
Бутилацетат	200	–	+
Дибутилацетат		–	+
Етилацетат	200/50	–	+
Етилбензол	50	–	+
Етиленгліколь	5,0	+	–
Целозольви		+	–
Оксиди азоту	5,0	–	+

Синтез аніонних азобарвників супроводжується надходженням у повітря виробничих приміщень аніліну, ацетпарафенілендіаміну, діоксиду азоту, водню хлориду, аміаку, паранітроаніліну, парафенілендіаміну [13].

Наведені приклади свідчать про наявність складних сумішей у повітрі робочої зони, і тому серйозною проблемою стає вибір і використання адекватних методів визначення масової концентрації досліджуваних речовин. Але вибір адекватного методу аналізу для визначення однієї хімічної речовини, яку необхідно контролювати, залишається важливим.

Знання про фізико-хімічні властивості досліджуваних речовин, їхнє поводження в повітрі, особливо леткість, стають визначальними при виборі надійного способу відбору проби повітря. Вище вже було зазначено, що хімічні речовини можуть надходити в повітря у вигляді пари — це здебільше рідини з температурою кипіння до 230—250 °С (наприклад, ароматичні хлоровані і аліфатичні вуглеводні, нижчі ациклічні спирти, кислоти тощо), у вигляді газу (аміак, дивініл, озон тощо), а також деякі тверді речовини, яким притаманна висока леткість (йод, нафталін, фенол).

Іноді речовини можуть перебувати в повітрі одночасно у вигляді пари і аерозолів — це здебільше рідини з високою температурою кипіння — дибутилфталат, диметилтерефталат, капролактам та ін. Потрапляючи в повітря, їхні пари конденсуються з утворенням аерозолю конденсації. Але аерозолі конденсації утворюються також за деякими хімічними реакціями, які ведуть до появи нових рідких або твердих фаз. Наприклад, при взаємодії діоксиду сірки з *вологою повітря* утворюється туман сірчаної кислоти, тетрахлориду титану з *вологою* — дим діоксиду титану, аміаку з *хлороводнем* — дим хлориду амонію. При зварювальних роботах та інших високотемпературних процесах, які супроводжуються розплавленням і випаровуванням металів, відбувається утворення конденсаційних аерозолів. Наприклад, свинець, який надходить у повітряне середовище у вигляді пари під час нагріву свинцю і його сплавів до температури вище ніж 400 °С, у повітрі вже знаходиться у вигляді аерозолю конденсації.

У повітрі робочої зони можуть знаходитися не тільки аерозолі конденсації, але й аерозолі дезінтеграції з більш грубою поверхнею — наприклад, при механічному подрібненні твердих речовин і розпиленні рідин. При значній леткості дисперсної фази можлива одночасна присутність аерозолю і пари — наприклад, при фарбуванні деталей і виробів за допомогою пульверизатора.

Таким чином, правильне визначення агрегатного стану хімічної речовини у виробничому середовищі, що підлягає контролю, її леткості, яку можна розрахувати за величиною тиску насиченої пари, або скористатися довідковими даними, або орієнтовно визначити методом хімічного аналізу, є запорукою правильного вибору сорбційного матеріалу для відбору проби повітря [14,15].

Якщо класифікувати шкідливі речовини за їхнім агрегатним станом у повітрі, то необхідно враховувати, окрім леткості (L, мг/м^3), їхні гігієнічні нормативи (ГДК$_{р.з.}$) — наприклад, ртуть має температуру кипіння 357 °С, яку порівняно з бутилацетатом із температурою кипіння 126 °С, можна вважати малолеткою рідиною: леткість першої речовини 15 мг/м^3, а другої — 20 000 мг/м^3 при 20 °С. Але у порівнянні з ГДК$_{р.з.}$ (0,01 і 200 мг/м^3) максимальний уміст у повітрі малолеткої ртуті при 20 °С може перевищувати ГДК$_{р.з.}$ в 1500 разів, а вміст пари бутилового спирту — тільки в 250. Тому агрегатний стан оцінюють за відношенням величини леткості речовини при 20 °С (мг/м^3) до її ГДК$_{р.з.}$ [14, 15]. Якщо відносна леткість речовини при 20 °С нижче ГДК$_{р.з.}$ у 10 і більше разів, тоді наявністю парів можна знехтувати, тобто в цьому випадку визначають лише аерозолі (наприклад, сірчана кислота, динонілфталат). При перевищенні ГДК в 50 і більше разів визначають лише пари (наприклад, етилмеркурхлорид, нафталін тощо). До суміші парів і аерозолей відносять речовини, леткість яких при 20 °С складає від 10 до 50 ГДК$_{р.з.}$, тобто 50 > L / ГДК > 10 [14, 15].

Звичайно, проби повітря відбирають аспіраційним способом шляхом протягування досліджуваного повітря через сорбенти, фільтруючі матеріали або поглинальні рідини. Аспіраційний спосіб відбору використовують в основному при гігієнічній оцінці тривалих стадій технологічного процесу. Але є і такий спосіб відбору, як пасивна дозиметрія, що працює за принципом дифузії, який добре вивчений. Установлену залежність між кількістю речовини, що поглинута дозиметром, і її концентрацією в повітрі покладено в основу декількох методик [14, 16—19]. Але, на жаль, цей спосіб за рядом технічних і організаційних причин не знайшов розповсюдження в Україні. Концентрацію шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень у багатьох

випадках (особливо в надзвичайних ситуаціях, у випадках непередбачених викидів хімічної речовини у виробниче середовище тощо) можна швидко визначити за допомогою індикаторних трубок. Згідно з ГОСТ 12.1.014-84 (ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками) відносна похибка вимірювання концентрації такими трубками не повинна перевищувати ± 35 % в інтервалі від 0,5 до 2,0 ГДК і ± 25 % при концентраціях, вищих за 2 ГДК. Є також інші застереження щодо вологості і температури повітря. Допускається підвищення похибки до ± 60 % в інтервалі концентрацій від 0,5 до 1,0 ГДК [4, 14]. Індикаторні трубки так само, як апаратура й прилади, що використовуються для відбору проби повітря і вимірювання концентрації повинні бути метрологічно повірені згідно з існуючими вимогами до вимірювальної апаратури.

Проблема автоматизації контролю повітря робочої зони надзвичайно складна внаслідок існування величезної кількості хімічних речовин і їх комбінацій. Для контролю за вмістом окремих речовин, які належать до 1-го і 2-го класу небезпеки, використовують автоматичні газоаналізатори. Необхідно відмітити, що в останні 15–20 років на ринку апаратури і приладів з'явилися нові аналітичні прилади, зокрема, газові, газорідинні, рідинні хроматографи, хромато-мас-спектрометри, які за допомогою різних капілярних колонок (довжиною від 30 до 50 м), комбінацією детекторів (полум'яно-іонізаційних, термоіонних, детекторів по захвату електронів тощо) і комп'ютерних програм дозволяють ідентифікувати і кількісно визначити десятки хімічних речовин, які можуть перебувати в одній пробі. Атомно-абсорбційні спектрометри з успіхом використовуються для визначення сполук важких металів у виробничому середовищі. Використовується чимало фотометричних методик визначення хімічних речовин у тих випадках, коли заздалегідь відомо, що інші хімічні речовини в повітрі не заважають визначенню досліджуваної сполуки. Але необхідно зазначити, що в аналітичній базі методик більша частина визначення потенційно небезпечних хімічних речовин основана на використанні газохроматографічного методу (ГХ). Для визначення органічних сполук – розчинників, спиртів, ароматичних і неароматичних вуглеводнів тощо, які можуть бути в повітрі в суміші, застосовують газорідинну хроматографію (ГРХ). Наприклад, за методичними вказівками (МВ) № 2902-83 можна визначити методом ГРХ 6 речовин в одній пробі повітря: метиловий, етиловий, ізопропіловий, н-пропіловий, втор-бутиловий, ізобутиловий спирти [20]. Або за МВ № 4166-86 визначають методом ГРХ ацетон, бензол, дихлоретан і трихлороетилен, а за МВ № 4168-86 – ацетон і бензол, але вже в сукупності з толуолом, параксилолом і циклогексаном [21].

Свого часу була розроблена методика з застосуванням ГРХ для визначення хімічних речовин, які виділяються з МОР Карбамол С1 і Карбамол Е1 в повітря робочої зони: метанол, ацетон, етанол, н-бутанол, втор-бутанол, гексан [22]. Або такий приклад використання ГРХ для визначення хімічних речовин, які виділяються в повітря з фарб та емалей: ацетон, бензол, бутанол, бутилацетат, ксилол, толуол, циклогексанон, етилацетат визначають за [23]. Для визначення хімічних речовин, що надходять у виробниче середовище у вигляді газу і пари таких, як метан, етан, пропан, н-бутан, ізобутан, етилен, пропілен, альфа- і бета-бутилен, дивініл, застосовується газоадсорбційна хроматографія (ГАХ) і відбір проби повітря здійснюється без концентрування, у скляні шприци. Відібрана проба повітря зберігається не більше 4–5 годин [24]. Комбінація методів ГРХ і ГАХ, зокрема таких детекторів, як катарометр, полум'яно-іонізаційний і аргоново-іонізаційний, комбінація у відборі проби повітря з концентруванням і без нього, підготовка адсорбенту для відбору проби повітря дозволяють визначити водень, оксид і діоксид вуглецю, метан, етан, ацетилен, етилен, пропілен, ізо-пентан, бензол, толуол, стирол, етилбензол, гексан, циклогексан в одній пробі повітря [25]. Прикладів застосування ГХ можна навести чимало.

Слід зазначити, що при дослідженні пилового забруднення повітря робочої зони аерозолями хімічних речовин, які проявляють фіброгенну дію, користуються МВ № 4436-87 («Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия»). Тобто використовується гравіметричний метод аналізу. Згідно з постановою головного державного санітарного лікаря України від 30.05.2001 р. № 24 дозволяється використання методичних вказівок № 4436-87 *для визначення аерозолів хімічних речовин, що не проявляють фіброгенної дії, ГДК яких у повітрі робочої зони дорівнює або перевищує 1 мг/м³ і для яких немає специфічних або вибіркових методів аналізу*.

Уніфіковані вимоги до методу контролю потенційно небезпечних хімічних речовин викладено в

ГОСТ 12.1.005-88: методика повинна забезпечувати вимірювання концентрації хімічної речовини на рівні ≤ 0,5 $ГДК_{р.з.}$ при загальній похибці методики визначення ± 25 %. Чимало методик, розроблених ще за часів СРСР, особливо фотометричних [26], які пройшли випробування часом і до тепер використовуються для визначення масової концентрації в повітрі робочої зони, не мають таких важливих метрологічних показників, як сумарна похибка аналізу, визначення якої викладено у ГОСТ 12.1.016-79 зі зміною № 1 (ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам выполнения измерений). Сучасні вимоги до методик вимірювання концентрацій хімічних речовин зазначено в таких нормативних документах:

- Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», що визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань в Україні;
- ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения»;
- Державний стандарт України «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» (ISO / IES 17025:1999, IDT);
- Рекомендації з оцінювання придатності методів випробувань і калібрувань/ Асоціація «Українські акредитовані органи з оцінки відповідності» (УкрАО), 2007;
- СТУ-Р УкрАО 913.15: 2007. Рекомендації з метрологічного забезпечення випробувальних і калібрувальних лабораторій;
- ДСТУ-Р РМГ 61:2006 «Показники точності, правильності, прецизійності методик кількісного хімічного аналізу. Методики оцінення» (РМГ 61-2003, IDT) – Метрологія: Настанова.

Головне, що випливає із зазначених вище нормативних документів – це обов'язковий *внутрішньолабораторний контроль якості вимірювань*, який проводиться при освоєнні в лабораторії нової методики визначення, у тексті якої зазначені метрологічні параметри та показники оперативного контролю; при валідації (оцінці) методики, яку використовують в умовах конкретної лабораторії з застосуванням наявної аналітичної апаратури, матеріалів, мірного посуду тощо; при проведенні рутинних досліджень вмісту хімічної речовини з метою контролю дотримання метрологічних параметрів і показників оперативного контролю відповідно до вимог методики виконання вимірювання.

Внутрішньолабораторний контроль якості вимірювань проводиться за методом аналізу паралельних проб, які відбирають одночасно, в однакових умовах температури й тиску повітря, суворо дотримуючись вимог існуючих нормативних документів і конкретної МВ. Для здійснення такого контролю необхідно попередньо провести валідацію методики, тобто зробити оцінку метрологічних показників, зазначених у методиці – сумарну (відносну) похибку вимірювання (δ, %), точність, яку характеризують нормативи оперативного контролю – збіжність (d, %) між результатами вимірювань двох паралельних проб, похибку вимірювання (K, %) тощо.

Для *міжлабораторного контролю* використовують норматив відтворюваності (D, %), коли проби повітря відбирають на робочому місці працівники однієї лабораторії, а аналіз проби роблять в 2-х різних лабораторіях. З переліку нормативних документів, поданих вище, видно, що для проведення валідації методики й здійснення внутрішньолабораторного й міжлабораторного контролю якості вимірювань необхідна участь не тільки безпосередніх виконавців аналізу, але й метрологів.

Треба відмітити, що в останні роки активізувалася робота, пов'язана з валідацією та переоформленням методичних документів з урахуванням сучасних вимог до методик виконання вимірювань масових концентрацій.

Як було зазначено вище, однією із задач гігієнічного моніторингу якості виробничого середовища є визначення необхідності використання засобів індивідуального захисту від дії шкідливих речовин, які можуть впливати на стан здоров'я. Перелік хімічних речовин, що широко застосовуються на виробництві [27, 28] і яким притаманна загально-токсична або алергенна, або резорбтивна дія, для яких установлений $ГДК_{шк.}$ (гранично допустимий рівень концентрації на поверхні шкіри) подано в таблиці 7.

У таблиці 8 наведено приклад дослідження забруднення шкіри працюючих при вивченні застосування мастильно-охолоджуючих рідин – МОР на виробництві [6].

Таким чином, визначення рівня забруднення незахищених шкіри рук і інших частин тіла працюючих при контакті з потенційно небезпечними хімічними речовинами на виробництві, і зв'язку з погіршенням самопочуття стає надзвичайно важливим при виборі індивідуальних засобів захисту працюючих, для покращання гігієнічних умов праці і відповідного медичного обстеження.

Таблиця 7

Визначення вмісту деяких хімічних речовин у змивах з незахищеної поверхні шкіри працюючих

Назва речовини	Номер методичних вказівок від 28.09.89	Фізико-хімічний метод – межа вимірювання*, мг/дм^2	ГДР$_{шк.}$, мг/дм^2
Акрилонітрил	5105-89	ФМ – 0,03	0,1
Анілін	5133-89	ФМ – 0,04	немає
Бензин	5106-89	ГРХ – 2,0	немає
Бензол	5143-89	ГРХ – 0,2	5,0
Гексахлоробензол	5110-89	ГРХ – 0,2	немає
Гептиловий спирт	5111-89	ТШХ –12,0	20,0
Дибутилфталат	5113-89	ГРХ – 0,04	немає
Диметилформамід	5114-89	ГРХ – 0,8	немає
3,4-Дихлороанілін	5133-89	ФМ – 0,04	немає
Дихлоробензол	5138-89	ГРХ – 1,0	немає
Діетилтолуамід	5116-89	ГРХ – 40,0	200,0
Ксилідин	5117-89	ТШХ – 2,4	8,0
Ксилол	5143-89	ГРХ – 1,0	175,0
Літію хлорид	5118-89	АЕМ – 0,8	5,0
Літій і його сполуки	5119-89	ААС – 2,0	5,0
Метанол	5120-89	ГРХ – 0,8	2,0
Метанол	5121-89	ФМ – 0,2	2,0
Мастильні в'яжучі рідини	5129-89	ГРХ – 3,0	немає
Метилізобутилкетон	5140-89	ГРХ – 40,0	немає
Міді сульфат	5130-89	АЕМ – 0,004	немає
Нікелю сульфат	5130-89	АЕМ – 0,004	немає
Олова сульфат	5130-89	АЕМ – 0,004	немає
Паладію хлорид	5130-89	АЕМ – 0,008	немає
Толуідин	5133-89	ФМ – 0,04	70,0
Толуол	5143-89	ГРХ – 0,2	5,0
Трихлоробензол	5138-89	ГРХ – 1,0	немає
Хлоробензол	5138-89	ГРХ – 1,0	80,0
Ртуть	5125-89	ФМ – 0,0012	немає
Свинець	5126-89	ФМ – 20,0	немає
Свинець	5128-89	ААС – 0,00065	немає
Формальдегід	5121-89	ФМ – 0,2	немає
Фенол	5136-89	ГРХ – 5,0	17,0
Натрію ціанід	5139-89	ФМ – 0,0004	немає

*Примітка. * З урахуванням площі поверхні шкіри, з якої взяли пробу змиву.*

Методи: ФМ – фотометричний, ГРХ – газорідинна хроматографія, ТШХ – тонкошарова хроматографія, ААС – атомно-абсорбційна спектрометрія, АЕМ –атомно-емісійний метод вимірювання.

Відомо, що біологічний моніторинг є невід'ємною частиною моніторингу здоров'я, тобто результати визначення вмісту токсичних речовин та продуктів їхнього перетворення (метаболітів) у біологічних середовищах людини — крові, сечі, тканинах тощо використовуються для оцінки експозиції й ризику для здоров'я шляхом порівняння з нормативами, допустимими рівнями або довідковими величинами.

Біомоніторинг дає можливість виявити накопичення і виведення небезпечної хімічної речовини з організму, а також оцінити профілактичні і лікувальні заходи. Накопичення хімічної речовини в організмі людини може відбуватися при довгостроковій професійній дії або тривалому перебуванні на забрудненій території. Таке накопичення відбувається тоді, коли ксенобіотик потрапляє в організм людини через дихальний шлях (із повітрям),

Таблиця 8

Забруднення шкіри працюючих із різними металами, інструментами і МОР

Метал	Інструмент	МОР	Забруднення шкіри, мг/дм^2	
			Початок роботи	Кінець роботи
			Плечі + груди + спина	Плечі + груди + спина
Вуглецева сталь	Лезвійний	Сульфофрезол	1,1	11,3
		НГЛ-205	0,38	5,7
Легована сталь	Лезвійний	Сульфофрезол	2,5	19,8
		НГЛ-205	1,5	11,1
Інструментальна сталь	Абразивно-алмазний	НГЛ-205	2,1	21,8
Інструментальна сталь (швидкісне шліфування)	Абразивно-алмазний	НГЛ- 205	2,4	18,2

Таблиця 9

Допустимі величини вмісту деяких хімічних речовин у біосередовищах і біохімічні показники, які їм відповідають

Хімічна речовина	Біоомаркер експозиції		Критерій оцінки експозиції		
	Хімічна речовина	Біологічне середовище	БІЕ	БТВ	ОМДК
Азоту оксид	Азоту оксид	Сеча			60 мкг/г креатиніну
Алюміній	Алюміній	Сеча		200 мкг/л	150 мкг/г креатинін
Анілін	Анілін	Сеча		1 мг/л	
	п-амінофенол	Сеча	50 мг/г креатинін		30 мг/г креатиніну
Ацетон	Ацетон	Сеча	50 мг/л		30 мг/г креатиніну
		Кров			5 мг/100 мл
Бензол	Бензол	Кров			< 5 мг/100 мл
	Бензол	Видих. повітря			0,022 ppm
	Муконова кислота	Сеча	500 мкг/г креатиніну		1,4 мг/г креатиніну
	Фенол	Сеча			45 мг/г креатиніну
Н-Гексан	н-гексан	Кров			15 мкг/100 мл
		Видих. повітря			50 ppm
	2-гексанол	Сеча			0,2 мг/г креатиніну
Гексахлор-бензол	Гексахлор-бензол	Кров		0,15 мкг/100мл (плазма)	30 мкг/100 мл
N, N-диметил-формамід	N-метил-формамід	Сеча	15 мг/л		30 мг/г креатиніну
		Кров			0,1 мг/100 мл
	Диметил-формамід	Кров			0,15 мг/100 мл
		Видих. повітря			2,5 ppm
Дихлоро-метан	Дихлоро-метан	Кров	0,5 мг/л	0,1мг/100 мл	0,05 г/100 мл
		Сеча	0,2 мг/л		
		Видих. повітря			15 ppm
Кадмій, сполуки	Кадмій	Сеча	5 мкг/г креатиніну	15 мкг/л	5 мкг/г креатиніну
		Кров	0,5 мкг/100 мл	1,5 мкг/100 мл	0,5 мкг/100 мл
Метанол	Метанол	Сеча	15 мг/л	30 мг/л/тижд.	25 мг/г креатиніну
Метил-ртуть	Ртуть	Кров		10 мкг/100мл	10 мкг/100 мл
Ртуть	Ртуть неорганічна	Кров	50 мкг/л/тижд	5 мкг/100мл	2 мкг/100 мл
Свинець	Свинець	Кров	30 мкг/100мл	70 мкг/100мл	40 мкг/100 мл
		Сеча			50 мкг/г креатиніну
Стирол	Стирол	Кров	0,55 мг/л		100 мкг/100 мл
Толуол	Толуол	Кров		170 мкг/100 мл	
		Видих.повітря			20 ppm
$CC1_4$	$CC1_4$	Кров		7 мкг/100 мл	
		Видих. повітря		1,6 мл/м^3	
Фенол	Фенол	Сеча	250 мг/г креатиніну	300 мг/л	250 мг/г креатиніну

шлунково-кишковий тракт (із продуктами харчування і водою), крізь шкіру при безпосередньому контакті з небезпечними речовинами. В організмі хімічна речовина піддається певним перетворенням, переноситься кров'ю в різні органи і тканини, жир, кістки, і виводиться з організму із сечею, калом, або/і з видихаємим повітрям.

Ідентифікація досліджуваної сполуки і її кількісне визначення в біосередовищі людини проводиться при гострих і хронічних інтоксикаціях на виробництві, як додатковий спосіб для уточнення діагнозу захворювання; до проведення відповідного лікування й після нього, при установленні професійного захворювання хімічної етіології. Проведення біомоніторингу стійких забруднювачів виробничого/навколишнього середовища базується на відповідних рекомендаціях міжнародних організацій.

У таблиці 9 наведено біологічні маркери експозиції і критерії її оцінки: **BIE** — біологічні індекси експозиції, рекомендовані як референтні Американською конференцією Урядових промислових гігієністів (ACGIH) для оцінки потенційної небезпеки хімічних речовин для здоров'я у виробничих умовах, коли працюючі піддаються інгаляційному впливу шкідливих речовин на рівні відповідних ГДК; **БТВ** — біологічно толерантні величини, рекомендовані Німецьким науково-дослідним товариством (DFG) як максимально допустимі рівні вмісту хімічних речовин та їхніх метаболітів у біосередовищах або максимально допустимих відхилень від норми біологічних параметрів, обумовлених дією шкідливих речовин на організм людини, яка не спричиняє захворювань і порушень стану здоров'я працюючих при тривалій експозиції, що повторюється; **ОМДК** — орієнтовні максимально допустимі концентрації, які використовують з метою виявлення ризику для здоров'я працюючих від експозиції екзогенними хімічними речовинами [29].

Таким чином, проблеми гігієнічного контролю за забрудненням виробничого середовища потенційно небезпечними хімічними речовинами, що тісно пов'язані не тільки зі збереженням здоров'я працюючої людини, але й зі збереженням трудового потенціалу взагалі, повинні вирішуватися шляхом ефективної організації гігієнічного контролю, спираючись на вимоги відповідних законодавчих та нормативних документів і використанням для контролю таких методик, які базуються на сучасних фізико-хімічних методах аналізу й відповідають вимогам нових нормативно-методичних документів, прийнятих в Україні, спрямованих на єдиний підхід до дієвого контролю за якістю виконання вимірювань.

Література

1. Український журнал з проблем медицини праці.– 2007.– № 3.– С. 3–8.

2. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

3. Закон України «Про охорону праці», стаття 13.

4. Гігієна праці (Методи досліджень та санітарно-епідеміологічний нагляд): за ред. А. М. Шевченка, О. П. Яворовського / Л. Г. Александрова, М. І. Веремей, Л.Т. Гвозденко [та ін.].– Вінниця: Нова книга, 2005.– 528 с.

5. Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Методические указания.– М. : Минздрав СССР, 1985.– 17 с.

6. Гигиена и токсикология смазочно-охлаждающих жидкостей / Кундиев Ю. И., Трахтенберг И. М., Поруцкий Г. В. [и др.].– Киев: Здоров'я, 1982.– 120 с.

7. Гигиеническая оценка условий труда в процессе применения СОЖ МР-3 и МР-54 / Рожковская Г. П., Поруцкий Г. В., Хохолькова Г. А. [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия, 1980, № 20.– С.54–60.

8. Контроль воздуха на предприятиях по переработке пластмасс (полиолефинов, полистиролов и фенопластов). Методические указания № 3141–84 от 01.11.1984.– М.: МЗ СССР, 1985.– 151 с.

9. Третьякова О. В. Токсиколого-гігієнічна оцінка продуктів горіння полімерних матеріалів (механізм дії, експериментальне обгрунтування засобів профілактики отруєнь): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / Третьякова О. В.– Київ, 2010.– 20 с.

10. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 22.– М.: МЗ СССР, 1988.– С. 336–344.

11. Брейдак Ю. Г. Гігієнічна регламентація полімервмісних матеріалів для виробництва корпусних меблів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук / Брейдак Ю. Г.– Київ, 2010.– 18 с.

12. Туркіна В. А. Гігієнічна регламентація лакофарбових матеріалів, призначених для застосування в будівництві (умови праці, критерії безпеки, класифікація, контроль): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / Туркіна В. А.– Київ, 2003.– 17 с.

13. Гігієнічна оцінка технологічного процесу синтезу аніонних азобарвників / В. В. Дерпак, І. С. Загайкевич, З. Б. Суслик [та ін.] / Гігієна населених місць. Вип.41.– Київ: ІГМЕ ім. О. Марзеєва, 2003.– С. 170–173.

14. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Справочное издание / С. И. Муравьева, М. И. Буковский, Е. К. Прохорова [и др.].– М.: Химия, 1991.– 368 с.

15. Санитарно-химический контроль воздуха промышленных предприятий / С. И. Муравьева, М. Д. Бабина [и др.].– М.: Химия, 1991.– 345 с.

16. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 25.– М. : МЗ СССР, 1989.– С. 163–167.

17. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 26.– М.: ТОО «Рарогъ», 1992.– С. 142–145.

18. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 27. Ч. 2.– М.: ТОО «Рарогъ», 1992.– С. 392–396.

19. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 27. Ч. 1.– М.: МП «Рарогъ», 1992.– С. 37 –41.

20. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе. Выпуск 19.– М.: МЗ СССР, 1984.– С. 102–105.

21. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 9 (перераб. ТУ).– М.: МЗ СССР, 1986.– С. 23–27, 34–39.

22. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 21.– М. : МЗ СССР, 1986.– С. 181–187.

23. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны (перераб. и доп.). Выпуск № 12.– М.: ТОО «Рарогъ», 1994.– С. 129–133.

24. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны (перераб. и доп.). Выпуск № 12.– М.: ТОО «Рарогъ», 1994.– С. 163–168.

25. Методические указания на методы определения вредных веществ в воздухе. Выпуск ХУ.– М. : МЗ СССР, 1979.– С. 32–41.

26. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе.– М.: ЦРИА «Морфлот», 1981.– 64 с.

27. Методические указания по контролю содержания вредных веществ на кожных покровах и спецодежде. Вып.1.– Нижний Новгород, 1991.– 155 с.

28. Методические указания по контролю содержания вредных веществ на кожных покровах и спецодежде.– М.: МП «Рарогъ», 1992.– 104 с.

29. Трахтенберг И. М. Основные показатели физиологической нормы у человека. Руководство для токсикологов: ред. И. М. Трахтенберг / И. М. Трахтенберг, В. А. Тычинин.– К.: ИД «Авиценна», 2001.– 372 с.

Александрова Л. Г.

К ПРОБЛЕМЕ ГИГИЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», г. Киев

В статье освещены актуальные вопросы, связанные с гигиеническим контролем загрязнения производственной среды потенциально опасными химическими веществами, требования к методикам измерения массовой концентрации в воздухе рабочей зоны, а также возможности использования показателей биомониторинга для определения качества производственной среды.

Ключевые слова: гигиенический контроль, производственная среда, загрязнение воздуха рабочей зоны, химические вещества, нормативные документы, биологический мониторинг

Aleksandrova L. G.

TO THE PROBLEM OF HYGIENIC CONTROL OF THE WORK ENVIRONMENT POLLUTED BY CHEMICALS

SI «Institute for Occupational Health of NAMS of Ukraine», Kyiv

The lecture highlights actual problems of the hygienic control of the work environment, polluted by potentially harmful chemical substances, recent requirements to methods of determination of their mass concentrations in the working zone air as well as possibilities of using biomonitoring indices in detection the quality of the work environment.

Key words: hygienic control, work environment, pollution of the working zone air, chemicals, regulation documents, biological monitoring

Надійшла: 30.12.2010 р.

Контактна особа: Александрова Л. Г., лабораторія аналітичної хімії та моніторингу токсичних речовин, ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», вул. Саксаганського, 75, м. Київ, 01033. Тел.: (44) 289-41-88.