

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені О.О.БОГОМОЛЬЦЯ

«Затверджено»

на методичній нараді
кафедри гігієни та екології

Завідувач кафедри

член-кор. НАМН України,
професор

_____ В.Г.

Бардов

« _____ » _____ 2017

року

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ

<i>Навчальна дисципліна</i>	Гігієна та екологія
<i>Модуль №1</i>	«Загальні питання гігієни та екології»
<i>Змістовий модуль 2</i>	Гігієнічне значення навколишнього середовища та методи його дослідження. Гігієна населених місць та житла. Гігієна повітряного середовища.
<i>Тема заняття</i>	Методика санітарно-хімічного дослідження повітряного середовища приміщень та його гігієнічна оцінка. Методика визначення концентрації CO ₂ та окиснюваності повітря як показників антропогенного забруднення повітря та вентиляції приміщень.
<i>Курс</i>	3
<i>Факультет</i>	Медичний № 1, № 2

Укладач: доцент О.П. Вавріневич

1. Актуальність теми:

На сьогоднішній день встановлено, що стан здоров'я населення є одним із головних критеріїв якості навколишнього середовища. Для нормальної життєдіяльності людини необхідно, щоб навколишнє повітряне середовище містило достатню кількість кисню та була вільна від механічних, хімічних та бактеріальних забруднювачів. Доведено тісний зв'язок між рівнем здоров'я населення та інтенсивністю забруднення повітряного середовища. Особливого значення набуває контроль якості повітряного середовища в закритих приміщеннях.

Вищевикладене визначає необхідність знання лікарями лікувального профілю методів контролю чистоти та гігієнічної оцінки повітря закритих приміщень та атмосферного повітря.

2. Конкретні цілі:

- Трактувати основні знання про хімічний склад та джерела забруднення атмосферного повітря та повітря закритих приміщень.
- Пояснювати та використовувати основні методи відбору проб повітря для санітарно-хімічного аналізу, методика експрес-аналізу повітря за допомогою газоаналізатору УГ-2.
- Пояснювати методику розрахунку об'єму повітря, необхідного для хімічного аналізу та приведення його до нормальних умов;
- Запропонувати оволодіти методикою гігієнічної оцінки чистоти повітря приміщень.

3. Базовий рівень підготовки.

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
Анатомія людини	Застосовувати інформацію про будову тіла людини, системи, що його складають, органи і тканини.
Медична та біологічна фізика	Володіти фізичними основами та біофізичними механізмами дії складових атмосферного повітря та повітря закритих приміщень на організм людини.
Нормальна фізіологія	Описувати фізіологічне значення складових компонентів повітря та їх вплив на здоров'я людини.
Медична хімія	Застосовувати хімічні методи кількісного і якісного аналізу. Зобразити схематично процеси перетворення хімічних речовин в процесі життєдіяльності організму.

4. Завдання для самостійної праці під час підготовки до заняття

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

Термін 1	Визначення 2
Атмосферне повітря	фізична суміш газів, які у зв'язку зі зміною густини атмосфери на різних висотах змінюють лише свій парціальний тиск.
Хімічний склад атмосферного повітря	N – 78,09% O ₂ – 20,7-20,9% CO ₂ – 0,03-0,04% Інертні гази – 0,9%
Хімічний склад видихуваного повітря	N – 78,09% O ₂ – 20,7-20,9% CO ₂ – 0,03-0,04% Інертні гази – 0,9%
Гігієнічне значення повітря	1. джерело кисню, необхідного для окисних процесів і збереження життя людини; 2. резервуар накопичення патогенних мікроорганізмів і чинник передачі інфекцій дихальних шляхів; 3. резервуар накопичення шкідливих хімічних речовин техногенного походження, який прямо чи опосередковано несприятливо впливає на здоров'я людини і санітарно-побутові умови життя населення; 4. важливий кліматоформуючий чинник; 5. чинник, який обумовлює якість повітря закритих приміщень; 6. один із провідних чинників терморегуляторних процесів; 7. природне середовище, у якому здійснюються процеси самоочищення від завислих твердих речовин, парів і газів, патогенних мікроорганізмів, шкідливих хімічних речовин; 8. одне із джерел забруднення ґрунту хімічними та радіоактивними речовинами.
Забруднення атмосферного повітря	Зміна складу і властивостей атмосферного повітря в наслідок надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних чинників і хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людей та стан навколишнього середовища.
Природні джерела забруднення атмосферного повітря	- біогенні (гази та тверді частинки, що потрапляють в атмосферу внаслідок розпаду органічних речовин, а також прижиттєві

	<p>виділення рослин, тварин і мікроорганізмів);</p> <ul style="list-style-type: none"> - абіогенні (гази, порох які утворюються внаслідок викидів вулканів, з гейзерів і гарячих джерел, лісових і степових пожеж, космічний порох).
Антропогенні джерела забруднення атмосферного повітря	<ol style="list-style-type: none"> 1. транспорт (оксид вуглецю, вуглеводні, оксид азоту, діоксид сірки, поліхлоровані біфеніли); 2. чорна металургія (гази, залізорудний пил, сірки оксиди, фенол, оксид вуглецю, аміак, арсен, марганець, бензол і ін.); 3. кольорова металургія (викиди сірчаного газу, пороху, свинцю, олова сурми, оксиду міді і цинку); 4. хімічна промисловість (сірчаний газ, пари сірчаної кислоти); 5. будівельна промисловість (цементний пил) 6. теплоелектростанції (продукти згорання палива – вугілля, нафти, торфу, природного газу);
Джерела забруднення повітря житлових та виробничих приміщень	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зовнішні: <ul style="list-style-type: none"> - викиди промислових підприємств - викиди електростанцій - викиди автостанцій - ґрунтовий пил і ін. 2. Внутрішні: <ul style="list-style-type: none"> - видихуване повітря - патогенні мікроорганізми при кашлі - паління - розкладання органічних речовин - кімнатний пил - опалювальні прилади - препарати побутової хімії
Методи відбору проб повітря	<ul style="list-style-type: none"> - аспіраційні; - седиментаційні; - одномоментно в ємності.
Прилади для відбору проб повітря	<p>водяні аспіратори, електроаспіратори, газові піпетки, гумові камери, пляшки і ін.</p>
Поглинаючі пристрої, середовища, їх властивості, види, значення	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фільтри: <ul style="list-style-type: none"> - паперові; - тканинні ФПП; - аерозольні АФА; 2. Поглинаючі середовища: <ul style="list-style-type: none"> - рідкі (кислоти, луги, розчинники); - тверді (силікагель, активоване вугілля)

Експрес-методи визначення хімічних домішок у повітрі	Визначення хімічних забруднювачів за допомогою газоаналізатору УГ-2 і газоаналізатору ГМК-3
Санітарна охорона атмосферного повітря	Комплекс законодавчих, наукових, технологічних, технічних та планувальних заходів, що спрямовані на збереження, поліпшення, відновлення стану атмосферного повітря та запобігання шкідливому впливу атмосферних забруднень на здоров'я та санітарно-побутові умови проживання населення.

4.2. Теоретичні питання до заняття:

- Хімічний склад атмосферного та видихуваного повітря.
- Основні джерела, критерії та показники хімічного забруднення атмосферного повітря, повітря житлових, громадських, виробничих приміщень.
- Вплив забруднення повітря хімічними речовинами на здоров'я людини.
- Вплив різних концентрацій діоксиду вуглецю на організм.
- Показники та вимоги до відбору проб повітря для санітарно-хімічного дослідження.
- Розрахунок мінімального об'єму проби повітря, необхідного для аналізу. Одиниці виміру.
- Аспіраційний метод відбору проб повітря, прилади для аспірації повітря.
- Прилади для визначення об'єму протягнутого повітря. Значення та методика приведення об'єму повітря до нормальних умов.
- Поглинаючі пристрої, поглинаючі середовища, їх властивості, види, призначення.
- Відбір проб повітря в посудини обмеженої ємкості (газові піпетки та інше).
- Поняття про експрес-методи (колориметричні, лінійно-колориметричні), визначення хімічних домішок у повітрі. Універсальний газовий аналізатор УГ-2, конструкція та принцип дії.
- Експресні методи визначення концентрації діоксиду вуглецю у повітрі (метод Лунге-Цеккендорфа, Прохорова, інтерферометричний).
- Гігієнічне значення вентиляції приміщень. Види, класифікація вентиляції приміщень комунально-побутового та виробничого призначення.
- Показники ефективності вентиляції. Необхідний та фактичний об'єм і кратність вентиляції, методи їх визначення.
- Кондиціонування повітря. Принципи побудови кондиціонерів.

4.3. Практичні роботи (завдання), які виконуються на занятті:

- Вивчення поглинаючих приладів (замалювати).
- Монтування установки для відбору проб повітря на пил, сажу та газоподібні домішки. Схеми замалювати в протокольний зошит.
- Визначення хімічних забруднювачів повітря за допомогою універсального газоаналізатору УГ-2.
- Вирішення задач по розрахунку об'єму повітря, необхідного для хімічного аналізу та приведення його до нормальних умов.

Зміст теми:

ДЕТАЛІЗОВАНА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ТЕМИ “МЕТОДИКА САНІТАРНО-ХІМІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ ТА ЙОГО ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА”

1. Атмосферне повітря, гігієнічне значення	фізична суміш газів										
	1. фізіологічне	2. епідеміологічне	3. кліматоформуєче	4. самоочисне	5. резервуар накопичення хімічних речовин						
2. Хімічний склад	<i>Атмосферне повітря</i>			<i>Видихуване повітря</i>							
	N –78,09%, O ₂ – 20,7-20,9%, CO ₂ – 0,03-0,04%, інертні гази – 0,9 %			N –78,09%, O ₂ – 20,7-20,9%, CO ₂ – 0,03-0,04%, інертні гази – 0,9%							
3. Джерела забруднення атмосферного повітря	<i>Природні</i>				<i>Антропогенні</i>						
	біогенні		абіогенні		транспорт	промислові підприємства і ін.					
4. Джерела забруднення повітря закритих приміщень	<i>Внутрішні</i>						<i>Зовнішні</i>				
	Видихуване повітря	Патогенні мікроорганізми, що виділяються при кашлі	Паління	Розкладання органічних речовин	Кімнатний пил	Опалювальні прилади	Препарати побутової хімії	Викиди промислових підприємств	Викиди електростанцій	Викиди автостанцій	Грунтовий пил
5. Методи відбору проб повітря	<i>Аспіраційний</i>				<i>Седиментаційний</i>		<i>Одномоментно в ємності</i>				
6. Установки та обладнання для відбору проб повітря	Водні аспіратори	Електро-аспіратори	Ежекційні аспіратори АЕРА	Автомобілі аспіратори ЛК-1,2,3	Метод снігових проб	Метод еранованих банок	Газові піпетки	Пляшки	Гумові камери		
7. Установки та обладнання, які використовуються для вимірювання об'єму протягнутого повітря	Об'єм баку	“Мігунова”	ПРУ-4 (переносна ротаційна установка)	Пилососи							
		Ротаметри		Реометри	Газові годинники						
8. Методи виділення	<i>Фільтри</i>			<i>Поглинаючі пристрої</i>							
	Паперові	Тканинні ФПП	Аерозольні АФА	Рідкі (кислоти, луги, розчинники)			Тверді (силікагель, активоване вугілля)				
9. Обладнання для виділення	Патрони (пилові, сажеві)			Поглиначі (Зайцева, Полежаєва, Петрі, Ріхтера, з пористою пластинкою)			Алонжі				
10. Заходи з охорони атмосферного повітря	Технологічні		Планувальні		Санітарно-технічні		Законодавчі				

Гігієнічні показники санітарного стану та вентиляції приміщень

1. Хімічний склад атмосферного повітря: азоту – 78,1%; кисню – 21,0%; вуглекислого газу – 0,03-0,04%; інертних газів – 0,7-1,0%; вологи як правило від 40-60% до насичення; пил, мікроорганізми, природні та техногенні забруднення – у залежності від промислового розвитку регіону, типу поверхні (пустеля, заліснення та ін.)

2. Основні джерела забруднення повітря населених місць, виробничих приміщень – викиди промислових підприємств, автотранспорту; пило-, газоутворення промислових підприємств; метеорологічні фактори (вітри) та тип поверхонь регіонів (пилові бурі пустинних місць без зелені).

3. Джерела забруднення повітря житлових приміщень, приміщень комунально-побутового призначення, громадських - продукти життєдіяльності організму людей, які виділяються шкірою та диханням (продукти розкладення поту, шкіряного сала, змєртвілого епідєрмісу, інші продукти життєдіяльності, які виділяються у повітря приміщення пропорційно кількості людей, терміну їх перебування у приміщенні та кількості вуглекислого газу, який накопичується у повітрі пропорційно перерахованим забруднювачам, а тому використовується як показник ступеню забруднення цими речовинами приміщення (тобто, як показник – індикатор цих забруднєнь).

4. Враховуючи, що через шкіру, дихання виділяються, в основному, органічні продукти обміну речовин, для оцінки ступеню забруднення повітря приміщєнь людьми було запропоновано визначати інший показник цього забруднення – окиснюваність повітря, тобто вимірювати кількість атомарного кисню, необхідного для окислення органічних сполук в 1 м³ повітря за допомогою титрованого розчину біхромату калію K₂Cr₂O₇.

Повітря вважається чистим, якщо цей показник не перевищує 4-6 мг/м³ кисню, витраченого на окислення органічних забруднювачів в одиниці об'єму повітря. В приміщеннях з дуже несприятливим санітарним станом окиснюваність повітря може досягати 20 і більше мг/м³.

5. Концентрація вуглекислого газу в приміщеннях збільшується пропорційно кількості людей та терміну їх перебування в приміщенні, але як правило, не досягає шкідливих для організмів рівнів, проте, як сказано вище, відображає ступінь забруднення повітря іншими продуктами життєдіяльності організму. І лише в замкнутих, недостатньо вентиляваних приміщеннях (сховищах, підводних човнах, підземних виробках, виробничих приміщеннях, каналізаційних системах і т.п.) за рахунок бродіння, горіння, гниття кількість вуглекислого газу може досягати концентрацій, небезпечних для здоров'я і навіть життя людини.

0,1-0,5 % CO₂ - поріг дії у найбільш чутливих людей; спричиняє тимчасові зміни з боку біопотєнциалів мозку (ЕЕГ); 0,5-1,0 % CO₂ - спричиняє перші ознаки ацидозу, що швидко зникають, лєдь помітне посилення хвилинного об'єму дихання (за рахунок збільшення частоти та глибини дихання), незначне

посилення периферійного кровообігу в кінцівках, тимчасові зміни з боку ЕЕГ (γ -ритм).

Дослідженнями М.П.Бресткіна та ряду авторів встановлено, що підвищення концентрації CO_2 до 2-2,5% не викликає помітних відхилень в самопочутті людини, її працездатності. Концентрації до 4% викликають підвищення інтенсивності дихання, серцевої діяльності, зниження працездатності. Концентрації до 5% супроводжуються задишкою, підсиленням серцевої діяльності, зниженням працездатності. 6% CO_2 сприяє зниженню розумової діяльності, виникненню головного болю, запаморочення, 7% може викликати нездатність контролювати свої дії, втрату свідомості і навіть смерть. 10% викликає швидку, а 15-20% миттєву смерть із-за паралічу дихання.

Для визначення концентрації CO_2 у повітрі розроблено кілька методів, серед яких метод Суботіна-Нагорського з гідроокисом барію, методи Реберга-Винокурова, Калмикова, інтерферометричний. Проте в санітарній практиці найбільш широко використовується портативний експресний метод Лунге-Цеккендорфа у модифікації Д.В.Прохорова (додаток 2).

Вентиляція приміщень

Вентиляція - видалення повітря з приміщення і заміна його свіжим, в необхідних випадках, обробленим повітрям.

Вентиляція створює умови повітряного середовища, сприятливі для здоров'я і самопочуття людини, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження устаткування і будівельних конструкцій будівлі, зберігання матеріалів, продуктів, книг, картин і т.д.

Аерація – організована керована природна вентиляція.

Класифікація вентиляції

За способом переміщення повітря:

1. *природна* (повітрообмін відбувається внаслідок різниці температур – тепловий натиск і під дією вітру – вітровий натиск).
2. *механічна* (повітрообмін здійснюється за допомогою вентиляційних систем: припливних і витяжних).

За способом організації:

1. - місцева;
- загальнообмінна;
2. - припливна;
- витяжна;
3. - канална;
- безканална

Визначення діоксиду вуглецю у повітрі експрес-методом Лунге-Цеккендорфа у модифікації Д.В. Прохорова

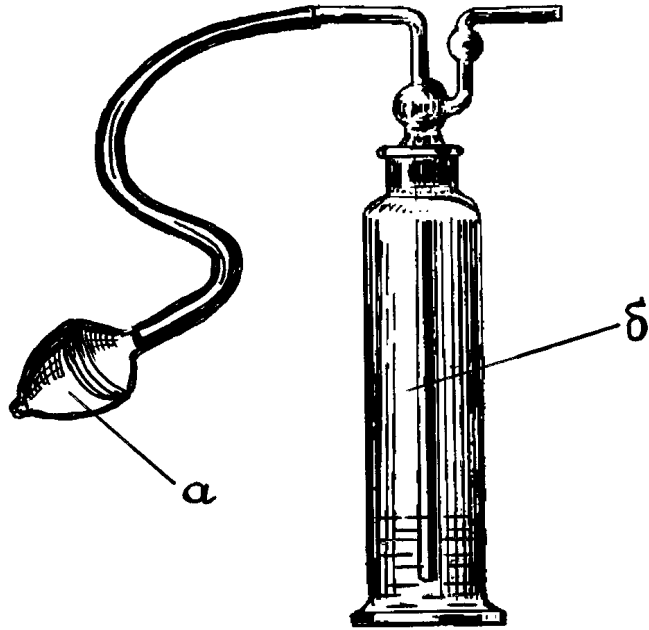
Принцип методу базується на продуванні досліджуваного повітря через титрований розчин вуглекислого натрію (або аміаку) в присутності фенолфталеїну. При цьому відбувається реакція $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{NaHCO}_3$. Рожевий у лужному середовищі, фенолфталеїн знебарвлюється після зв'язування CO_2 (кисле середовище).

Розведенням 5,3 г хімічно чистого Na_2CO_3 в 100 мл дистильованої води готують вихідний розчин, до якого додають 0,1% розчин фенолфталеїну. Перед аналізом готують робочий розчин розведенням вихідного розчину 2 мл до 10 мл дистильованою водою.

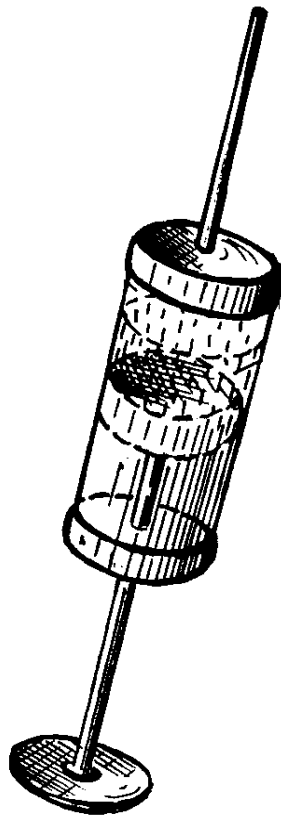
Розчин переносять в склянку, типу дрексельної за Лунге-Цеккендорфом (мал. 1) або в шприц Жане за Прохоровим (мал. 2). У першому випадку до довгої трубки склянки Дрекселя з витонченим носиком приєднують гумову грушу з клапаном чи невеликим отвором. Повільно стискаючи і швидко відпускаючи грушу, продувають через розчин досліджуване повітря. Після кожного продування склянку струшують для повного поглинання CO_2 з порції повітря. У другому випадку (за Прохоровим) у шприц, наповнений 10 мл робочого розчину соди з фенолфталеїном, тримаючи його канюлею догори, набирають повний об'єм повітря і також струшують. Рахують кількість об'ємів повітря, витрачених на знебарвлення розчину. Аналіз повітря проводять в приміщенні та за межами приміщення (атмосферне повітря).

Результат розраховують за зворотною пропорцією на підставі співставлення кількості витрачених об'ємів груш чи шприців та концентрації CO_2 в атмосферному повітрі (0,04%) та у конкретному досліджуваному приміщенні, де концентрація CO_2 невідома. Наприклад, у приміщенні витрачено 10 об'ємів груш, чи шприців, на вулиці – 50 об'ємів. Звідси, концентрація CO_2 у приміщенні = $(0,04 \times 50) : 10 = 0,2\%$

Гранично допустима концентрація (ГДК) CO_2 в житлових приміщеннях різного призначення встановлена в межах 0,07-0,1%, у виробничих приміщеннях, де CO_2 накопичується від технологічного процесу, до 1-1,5%.



Мал.1. Прилад для визначення концентрації CO_2 за Лунге-Цеккендорфом (а – гумова груша для продування повітря з клапаном; б – склянка Дрекслея з розчином соди з фенол-фталеїном)



Мал. 2. Шприц Жане для визначення концентрації CO_2 за Д.В.Прохоровим

Методика визначення та гігієнічної оцінки показників повітрообміну та вентиляції приміщень

Повітря населених людьми приміщень вважається чистим, якщо концентрація CO₂ не перевищує гранично допустимих концентрацій – 0,07% (0,7‰) по Петенкоферу або 0,1% (1,0‰) по Флюге.

На цій підставі розраховується необхідний об'єм вентиляції – кількість свіжого повітря, яке повинно поступати в приміщення, щоб концентрація CO₂ не перевищила приведених нормативів. Його розраховують за формулою:

$$V_n = \frac{K \cdot n}{P - P_1}$$

де: V_n – об'єм вентиляції, м³/годину;

K – кількість CO₂, що виділяє одна людина за одну годину (у спокої 21,6 л/год; уві сні – 16 л/год; при виконанні роботи різної важкості – 30-40 л/год);

n – кількість людей у приміщенні;

P – гранично допустима концентрація CO₂ в проміллях (0,7 чи 1,0 ‰);

P_1 – концентрація CO₂ в атмосферному повітрі в проміллях (0,4 ‰).

При розрахунку кількості CO₂, яку виділяє одна людина за одну годину, виходять з концентрації її у видихаємому повітрі (4 ‰), кількості вдихів-видихів за хвилину і за годину (у спокої – 18 вдихів за хвилину \times 60 = 1080 та об'єму видихнутого повітря – 0,5 л за один видих, що загалом складає:

$$1080 \cdot 0,5 = 540 \text{ л/годину.}$$

За пропорцією: 4 л – 100 л, x – 540 л, кількість видихнутого CO₂ складе:

$$x = \frac{540 \cdot 4}{100} = 21,6 \text{ л/годину}$$

При фізичних навантаженнях пропорційно їх важкості та інтенсивності зростає кількість дихальних рухів, а тому зростає і кількість видихуваного CO₂ та необхідний об'єм вентиляції.

Необхідна кратність вентиляції – число, яке показує, скільки разів повітря приміщення повинно замінюватися свіжим повітрям, щоб концентрація CO₂ не перевищувала гранично допустимі рівні.

Необхідну кратність вентиляції (K_n) знаходять шляхом ділення розрахованого необхідного об'єму вентиляції (V_n) на кубатуру приміщення ($V_{\text{прим.}}$):

$$K_n = \frac{V_n}{V_{\text{прим.}}}$$

Фактичний об'єм вентиляції знаходять шляхом визначення площі вентиляційного отвору ($S_{\text{в.о.}}$) і швидкості руху повітря в ньому (v) (фрамуга,

квартирка) за 1 годину ($t=3600$ сек.). При цьому враховують, що через пори стін, щілини в вікнах та дверях у приміщення проникає об'єм повітря, близький до кубатури приміщення і його потрібно додати до об'єму, що проникає через вентиляційний отвір.

$$V_{\phi} = (S_{в.о.} \times v \times t) + V_{\text{прим.}}$$

Фактичну кратність вентиляції (K_{ϕ}) розраховують діленням фактичного об'єму вентиляції (V_{ϕ}) на кубатуру приміщення ($V_{\text{прим.}}$):

$$K_{\phi} = \frac{V_{\phi}}{V_{\text{прим.}}}$$

Співставляючи необхідні та фактичні об'єм і кратність вентиляції, оцінюють ефективність обміну повітря у приміщенні.

Додаток 4

Нормативи кратності обміну повітря в приміщеннях різного призначення

Приміщення	Кратність обміну повітря, год	
	витяжка	приток
БНіП 2.08.02-89 – лікарняні приміщення		
Палата дорослих	80 м ³ на 1 ліжко	
Передпологова, перев'язувальна	1,5 рази/год	2 рази/год
Пологова, операційна, передопераційна	8 разів/год	
Післяпологова палата	80 м ³ на 1 ліжко	
Палата для дітей	80 м ³ на 1 ліжко	
Бокс, напівбокс	2,5 рази/год в коридор	2,5 рази/год
Кабінет лікаря	1 раз/год	1 раз/год
БНіП 2.08.01-89 – житлові приміщення		
Житлова кімната		3 м ³ /год на 1 м ² площі
Кухня газифікована		90 м ³ /год
Туалет, ванна кімната		25 м ³ /год
ДБН В. 2.2-3-97 – Будинки і споруди навчальних закладів		
Клас, кабінет	16 м ³ на 1 людину	1 раз/год
Майстерня	20 м ³ на 1 людину	1 раз/год
Спортзала	80 м ³ на 1 людину	1 раз/год
Учительська		1,5 раз/год

Необхідний об'єм і кратність вентиляції покладені також в основу наукового обґрунтування норм житлової площі. Враховуючи, що при закритих вікнах і дверях, як сказано вище, через пори стін, щілини у вікнах та дверях у приміщення проникає об'єм повітря, близький до кубатури приміщення (тобто, його кратність дорівнює ~ 1 раз/годину), а висота приміщення в середньому дорівнює 3 м, норма площі на 1 людину складає:

- по Флюгге (ГДК $\text{CO}_2=1\%$)

$$S = \frac{K \cdot n}{(P - P_1) \cdot h} = \frac{21,6 \cdot 1}{(1 - 0,4) \cdot 3} = 12 \text{ м}^2/\text{людину};$$

- по Петенкоферу (ГДК $\text{CO}_2=0,7\%$)

$$S = \frac{21,6 \cdot 1}{(0,7 - 0,4) \cdot 3} = 24 \text{ м}^2/\text{людину}.$$

Матеріали для самоконтролю:

А. Завдання для самоконтролю:

1. Зразок задачі по розрахунку об'єму повітря, необхідний для хімічного аналізу та приведення його до нормальних умов.

Розрахувати, який об'єм повітря необхідно відібрати для визначення парів бромю, якщо чутливість методу 0,002 мг, гранично допустима разова концентрація парів бромю у виробничому цеху підприємства 0,5 мг/м³ або 0,0005 мг/л. Загальний об'єм поглинаючого розчину становить 4 мл, а для аналізу береться 2 мл. Коефіцієнт, виражаючий частину ГДК, підлягаючу визначенню, дорівнює 0,5.

Температура повітря в момент відбору проби 20°C, атмосферний тиск 750 мм рт.ст.

Розрахунок необхідного об'єму повітря виконується за формулою:

$$V_0 = \frac{a \cdot V}{K \cdot C_0 \cdot V_1},$$

де: a – чутливість методу використання (мінімальна кількість речовини в міліграмах, яка визначається);

V – загальний об'єм поглинаючого розчину в мл;

K – загальний коефіцієнт, що відображає частину гранично допустимої концентрації, яка підлягає визначенню (1, $\frac{1}{3}$ та інші);

C_0 – гранично допустима концентрація речовини в міліграмах на 1 м³;

V_1 – об'єм поглинаючого розчину, взятий для аналізу в мілілітрах.

Вирішення:
$$V_0 = \frac{a \cdot V}{K \cdot C_0 \cdot V_1} = \frac{0,002 \cdot 4}{0,5 \cdot 0,0005 \cdot 2} = \frac{0,008}{0,0005} = 16 \text{ л}.$$

Приведення взятих об'ємів повітря в літрах до нормальних умов виконується за формулою Гей-Люсака: $V_0 = V_t \cdot \frac{273}{(273+T)} \cdot \frac{B}{760}$,

де V_0 – об'єм повітря в літрах приведений до нормальних умов (0°C і 760 мм рт. ст.);

V_t – об'єм повітря в літрах, відібраний при даній температурі і барометричному тискові;

273 – коефіцієнт розширення газів;

T – температура повітря під час відбору проби ($^{\circ}\text{C}$);

B – атмосферний тиск під час відбору проби, мм рт.ст.

З метою полегшення розрахунків, значення складових формули

$\frac{273}{(273+T)} \cdot \frac{B}{760}$ знаходять в таблиці 1.

Вирішення:

$$V_0 = V_t \cdot \frac{273}{(273+T)} \cdot \frac{B}{760} = 16 \text{ л} \cdot \frac{273}{(273+20)} \cdot \frac{750}{760} = 16 \cdot 0,932 \cdot 0,987 = 14,72 \text{ л}$$

Таблиця 1

Коефіцієнти для приведення об'ємів повітря до нормальних умов.

Температура	$\frac{273}{(273 + T)}$	Барометричний тиск, мм рт. ст.	$\frac{B}{760}$	Температура	$\frac{273}{(273 + T)}$	Барометричний тиск, мм рт.ст.	$\frac{B}{760}$
- 4	1,015	741	0,975	16	0,945	761	1,00
- 3	1,011	742	0,976	17	0,941	762	1,00
- 2	1,007	743	0,978	18	0,938	763	1,00
-1	1,004	744	0,979	19	0,935	764	1,00
0	1,000	745	0,980	20	0,932	765	0,00
1	0,996	746	0,982	21	0,929	766	1,00
2	0,993	747	0,983	22	0,925	767	1,00
3	0,989	748	0,984	23	0,922	768	1,0
4	0,983	749	0,986	24	0,919	769	1,0
5	0,982	750	0,987	25	0,916	770	1,0
6	0,979	751	0,988	26	0,913	771	1,0
7	0,975	752	0,989	27	0,910	772	1,0
8	0,972	753	0,991	28	0,907	773	1,0
9	0,968	754	0,992	29	0,904	774	1,0
10	0,965	755	0,993	30	0,901	775	1,0
11	0,961	756	0,995	31	0,898	776	1,0
12	0,958	757	0,996	32	0,895	777	1,0
13	0,955	758	0,997	33	0,892	778	1,0
14	0,951	759	0,999	34	0,889	779	1,0
15	0,948	760	1,000	35	0,886	780	1,0

**Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі
робочої зони (витяг з системи стандартів безпеки праці “Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони”, Держстандарт 12.1.005-88)**

Назва речовини	Величина ГДК ₃ мг/м ³	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпек и	Особливості дії на організм
Ацетилен	5	пари	III	
Аміак	20	пари	IV	
Ацетон	200	пари	IV	
Бензин	100	пари	IV	
Бензол	15/5*	пари	II	Канцероген
Ксилол	50	пари	III	
Окис вуглецю (СО)	20	пари	IV	Гостроспрямована дія на кров
Оксиди азоту (в перерахунку на NO ₂)	5	пари	III	Гостроспрямована дія на кров
Сірчаний ангідрид	1	аерозоль	II	
Сірководень	10	пари	II	Гостроспрямована дія
Толуол	50	пари	III	Гостроспрямована дія, алерген
Вуглеводні нафти				
Хлор	1	пари	II	Гостроспрямована дія, алерген
Етиловий ефір	10	пари	III	

* в чисельнику – максимальна, в знаменнику - середньомісячна

Б. Задачі для самоконтролю:

1. Для визначення наявності епіхлоргідрину в повітрі робочої зони проба повітря відібрана в цеху, де працюють термопластавтомати. Через поглинаючі пристрої з поглинаючим середовищем протягнуто 50 л повітря при температурі +16° С та барометричним тиском 755 мм рт.ст. Приведіть об'єм відібраного повітря до нормальних умов.

2. Розрахувати, який мінімальний об'єм повітря необхідно протягнути при визначенні бензину, якщо чутливість методу 0,004 мг (4 мкг). Гранично допустима максимально разова концентрація бензину 100 мг/м³ або 0,1 мг/л. Загальний об'єм поглинаючого розчину складає 5 мг, а для аналізу береться 2,5 мл, коефіцієнт, який виражає частину ГДК, яку потрібно визначити, дорівнює 1/2.

3. Розрахуйте, скільки вуглекислого газу виділяє людина за одну годину у спокої, при виконанні фізичної роботи.

4. Розрахуйте необхідний об'єм вентиляції для хворого у палаті, для хірурга в операційний день (див. додатки).

5. Розрахуйте необхідну кратність вентиляції палати на 4 ліжка площею 30 м², висотою 3,2 м.

Література

Основна:

1. Основи екології : підручник для студ. Вищих навч. Закладів / [В.Г. Бардов, В.І. Федоренко, Е.М. Білецька та ін.]; за ред.. В.Г. Бардова, В.І. Федоренко. – Вінниця : Нова книга, 2013. – 424 с.

2. Гігієна та екологія . Підручник / За ред.. В.Г. Бардова. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 720 с.

3. Общая гигиена. Пропедевтика гигиены. / Е.И.Гончарук, Ю.И.Кундиев В.Г.Бардов и др. – К.: Вища школа, 2000. – С. 397-398; 428-458; 488-511.

4. Загальна гігієна. Пропедевтика гігієни. Є.Г.Гончарук, Ю.І.Кундієв., В.Г.Бардов та ін. /За ред. Є.Г.Гончарука. – К.: Вища школа, 1995. – С. 48-142, 31-316.

5. Даценко І.І., Габович Р.Д. Основи загальної і тропічної гігієни. – К.: Здоров'я, 1995. – С. 22-31, 274-286, 294-297, 301-304, 309-314.

6. Загальна гігієна. Посібник для практичних занять /І.І.Даценко, О.Б.Денисюк, С.Л.Долошицький /За ред. І.І.Даценко. – Львів: світ, 1992. – С. 4-12, 43-48.

7. Габович Р.Д., Познанський С.С., Шахбазян Г.Х. Гигиена. – К.: Вища школа, 1983. – С. 45-52. 123-129.

8. Лекция.

Додаткова:

1. Руководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене /Под ред. Е.И.Гончарука. – М.: Медицина, 1990. – С. 40-43, 279-314, 315-327, 332-341.

2. Минх А.А. Методы гигиенических исследований. М.: Медицина, 1971. – С. 64-73, 96-98.

3. Руководство к практическим занятиям по гигиене труда /Под ред. А.М.Шевченко. – К.: Вища школа, С. 155-164.

4. Даценко І.І., Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології.- К.: Здоров'я. – 1999. – С. 70-96, 289-301, 498-518.