

504 (075 8)

Р. 83

Руденко С. С.
Костишин С. С.
Морозова Т. В.

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

ПРАКТИЧНИЙ КУРС

ЧАСТИНА 1
УРБОЕКОСИСТЕМИ

Чернівці
Книги – XXI
2008

2/86

Сумський державний
університет
БІБЛІОТЕКА

— (4)

ББК 28.081я73
Р-83
УДК 574(075.8)

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(№ 1.4/18-Г-529 від 11 квітня 2007 року)*

Рецензенти: **Грубінко В. В.**, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка;
Лушак В. І., доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біохімії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника;
Мещишен І. Ф., доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри медичної хімії Буковинського державного медичного університету;
Кирилюк М. І., доктор географічних наук, професор кафедри гідроекології, водопостачання та водовідведення Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Р-83 Руденко С. С., Костишин С. С., Морозова Т. В.

Загальна екологія. Практичний курс: Навчальний посібник у 2 ч. Частина 1. **Урбоєкосистеми.** – Чернівці: Книги – XXI, 2008. – 342 с.

ISBN 978-966-2147-38-4

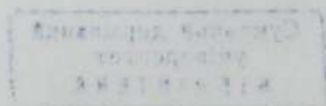
У книзі викладені головні методологічні принципи та підходи до практичного вивчення урбоєкосистем. Запропоновано методики, які дозволять студентам-екологам набути практичних навичок оцінки екологічного стану урбоєкосистем. Стислі теоретичні положення та інтерпретація ключових термінів полегшать самостійне опанування натурних та лабораторних досліджень.

ББК 28.081я73

ISBN 978-966-2147-38-4

© Книги – XXI, 2008

© Руденко С. С., Костишин С. С.,
Морозова Т. В., 2008





ВІД АВТОРІВ

Дана книга – перша зі складових запланованого видання „Основи загальної екології: практичний курс”. Вона знайомить читача із сучасними методами дослідження урбоєкосистем. Запропоновано 85 методик, специфічні для оцінки екосистем цього типу. При обмеженні кількості методик даною цифрою ми керувались думкою М. Бігона про те, що „зрозуміти екологічні проблеми потрібно так, щоб, визнаючи неповторність і складність усіх частин природи, водночас не потонути в цій складності, а відшукати закономірності й навчитися робити передбачення”. Виходячи з цього, в посібнику матеріал сконцентровано в такий спосіб, щоб з мінімальними затратами часу, людей та реактивів, спираючись на вітчизняну матеріально-технічну базу, провести комплексне і водночас вичерпне дослідження будь-якої урбоєкосистеми.

Книга складається з розділів „Дослідження кліматопу”, „Дослідження едафотопу”, „Аналіз водних об’єктів”, „Оцінка стану біоти”. Та перш ніж перейти до практичного опанування методиками, радимо обов’язково прочитати розділ I. Тут Ви знайдете відповіді на складні питання, з якими здебільшого стикаються екологи при дослідженні урбоєкосистем. У цьому розділі сформульовані методологічні підходи та принципи, якими необхідно керуватися для уникнення неточностей та помилок при проведенні урбоєкосистемних досліджень.

Основна особливість посібника – поєднання натурних досліджень із лабораторними. На нашу думку, лабораторні дослідження сприяють уточненню закономірностей, які ледь помітно окреслюються в натурних.

Для зручності, *методики, які передбачають натурні спостереження та експерименти*, позначені значком , *методики лабораторного характеру* – .

Роботи, які не потребують складних приладів чи реактивів, позначені додатковим символом * у правому верхньому кутку біля назви.

На початку багатьох робіт подані терміни та поняття, які допоможуть зрозуміти зміст практичної частини.

Кожен розділ завершується питаннями для самоконтролю, що дасть можливість перевірити рівень засвоєння матеріалу й акцентувати увагу на ключових моментах.

У списку використаних джерел автори подають ряд опублікованих в доступних для вітчизняного читача виданнях власних праць, які присвячені розробці і практичному застосуванню окремих методик.

РОЗДІЛ 1

ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

Методологія – це сукупність методів, підходів і принципів дослідження, які застосовуються в науці відповідно до специфіки об'єкта її пізнання. Вивчення будь-якого типу екологічних систем також тісно пов'язане з урахуванням їх специфіки. Тому насамперед потрібно з'ясувати:

Що таке урбоекосистема?

У літературі можна знайти чимало визначень об'єкта, якому присвячений цей посібник, у тому числі:

Урбасистема – нестійка природно-антропогенна система, складена з архітектурно-будівельних об'єктів і різко порушених природних систем, які сформувалися на урбанізованих територіях (Дедю, 1989);

Урбоекосистема – це сукупність живих компонентів міст, середовища їх існування та процесів, що відбуваються внаслідок їхньої взаємодії та взаємодії з іншими компонентами міської геосоціосистеми (Голубець, 2000);

Урбасистема – нестійка природно-антропогенна система, яка складається на урбанізованих територіях з архітектурно-будівельних об'єктів із різко змінених природних екосистем (Мусієнко, 2002).

Крім того, в деяких визначеннях наголошується, що урбоекосистема – це екосистема міста. За визначенням Юджина Одума „місто – це неповна або гетеротрофна система, яка одержує енергію, їжу, волокнисті матеріали, воду та інші речовини з великих площ, які знаходяться поза його межами”. Той самий автор розглядає сучасне місто як паразит свого сільського оточення. На відміну від міста, село використовує в основному органічні джерела енергії (рослини та тварини), а також місцеві джерела води і характеризується значно меншою концентрацією неорганічних відходів і, здебільшого, відсутністю забруднення повітря. Місто ж відзначається більш інтенсивним „метаболізмом” на одиницю площі і, відповідно, більшим споживанням енергії та речовини, а також потужнішим потоком відходів. У місті переважна більшість населення зайнята у промисловості, а в селі – в сільському господарстві. В цілому

можна зробити висновок про те, що в сільській місцевості природне середовище переважає над урбанізованим, тоді як у місті – навпаки. Саме з цих позицій належить будувати систему специфічних методів для дослідження урбоекосистем.

Яка головна мета дослідження урбоекосистем?

Незважаючи на різноманітність підходів до визначення поняття **урбоекосистема**, можна відзначити, що в більшості з них підкреслюється природно-антропогенна суть цієї системи, тобто визначальний вплив на її стійкість антропогенного фактору. Тому головною метою дослідження урбоекосистеми є з'ясування рівня антропогенної трансформації її структурних компонентів: кліматопу, едафотопу, водних об'єктів та біоти.

Чи існують специфічні методи дослідження урбоекосистем порівняно з іншими екосистемами?

При дослідженні урбоекосистем, крім методів, які використовуються для всіх екосистем, використовуються *методи*, які стосуються тільки певного типу екосистем. Саме їм відводяться наступні розділи запропонованого навчального посібника.

Методологія дослідження охоплює не лише методи, але й *принципи* та *підходи* до вивчення об'єкта пізнання. Останні сформульовані нами у відповідях на низку запитань, які неодмінно виникають при дослідженні урбоекосистем.

У яких напрямках проводиться дослідження урбоекосистем ?

Дослідження урбоекосистем здебільшого проводиться у двох напрямках: або визначають стан певних структурних зон урбоекосистем без прив'язки до конкретних антропогенних об'єктів, або вивчають вплив конкретних антропогенних об'єктів на відповідну урбоекосистему. В обох випадках постає питання про зонування території урбоекосистеми при відборі матеріалу для досліджень.

На які частини (зони) можна поділити урбоекосистему для її ефективного вивчення без прив'язки до конкретних антропогенних об'єктів?

У випадку, коли вивчається *загальний екологічний стан міста*,

дослідник може використати один із типів зонування урбоєкосистем, які на сьогодні вже запропоновані різними авторами. Існуючі підходи до зонування ґрунтуються на різних критеріях. Одні автори надають перевагу ступеню гомогенності різних частин урбоєкосистем, інші – функціональній ролі окремих частин, треті – їх еколого-фітоценотичним відмінностям, четверті – характеру та давності забудов різних частин міста тощо. Нижче наводяться класифікації зон урбоєкосистем, виявлені нами у працях вітчизняних авторів.

Ландшафтно-функціональне зонування урбоєкосистем (Кучерявий, 1991)

Селітебні (в межах житлової забудови).

Індустріальні (представлені різними підприємствами).

Комунікаційні (автодороги, залізниці, лінії електропередач, трубопроводи).

Декастовані (кар'єри, відвали, терикони, звалища).

Агрокультурні (польові, лучні, садові).

Лісогосподарські (закритого та відкритого простору).

Рекреаційні (лісопаркові, лучно-паркові, гідропаркові).

Зонування урбоєкосистем за рівнем антропогенної трансформації біогеоценозів (Сметана, 2003)

Природні біогеоценози

Степові або лісові біогеоценози.

Антропоценози

Деградовані степові (лісові) біогеоценози

Штучні лісові біогеоценози

Агробіогеоценози.

Техноценози

Біогеоценози кар'єрів

Біогеоценози відвалів

Біогеоценози шламосховищ

Біогеоценози промділянок.

**Зонування урбоєкосистем за рівнем гемеробії
(окультуреності) біогеоценозів (Кучерявий, 2001)**

Агемеробні – природні комплекси, не охоплені господарською діяльністю (первісні ліси, болота, луки, степи). В умовах урбанізованих територій практично не зустрічаються. До цього типу біогеоценозів можна віднести біогеоценози заповідників, в яких не ведеться господарська діяльність.

Олігогемеробні (моноокультурені) – це ліси, луки, болота, охоплені господарською діяльністю, яка суттєво не змінює структурно-функціональної організації екосистеми. До таких біогеоценозів належать корінні та похідні рослинні угруповання, розвиток яких лише певною мірою спрямовує людина (сприяння природному відновленню без підсіву і підсадки, санітарні рубки, рубки догляду, які не змінюють співвідношення особин у деревостані та підлісковому ярусі).

Мезогемеробні (середньоокультурені) – екосистеми з інтенсивним веденням господарства (лісопарки, парки, луки із сінокосом тощо).

Еугемеробні – це культурні угруповання, керовані людиною. Така структурно-функціональна організація характерна для екосистем типу лісової плантації, саду або пшеничного поля, газону чи квітника, винограднику.

Полігемеробні – посідають особливе місце в біогеоценотичному шарі комплексної зеленої зони міста. Це рослинні угруповання девастрованих ландшафтів: кар'єрів, відвалів, гравійних та інших насипів залізниць, промислових і складських майданчиків, свіжих звалищ. Як правило, їх утворюють рудеральні рослини. Це екосистеми, які з'явилися так само, як перші екосистеми Землі, – гетеротрофним шляхом, тобто залежним від органічної речовини.

Метагемеробні – типово гетеротрофні біогеоценози – можуть розвиватися залежно від наявності мертвої органічної речовини, якої на даний момент немає, але є нижчі організми, готові її створювати, наприклад з асфальту або ж із полімерів, які сьогодні є повсюди.

Теорія **гемеробії** екосистем дає змогу в просторово-часовому ракурсі розпізнати комплексний градієнт середовища (в умовах міста – комплексний урбогенний градієнт середовища (КУГС)) і розмістити угруповання відповідно до їхніх історико-генетичних ніш.

**Зонування ґрбоекосистем за характером забудов
(Кучерявий., 2001)**

Зона забудови і промислових виробництв, де відбувається постійне порушення ґрунтового покриття.

Зона старого міста із сильно витоптуваними місцезростаннями у дворах, на дорогах і газонах.

Зона малоповерхової забудови зі значною кількістю рудеральних місцезростань: вигонів, узбіч доріг, пустирів, закинутих садів.

Промислова зона з елементами малоповерхової забудови, яка охоплює різноманітні типи рудеральних місцезростань.

Зонування ґрбоекосистем за характером забудов і типом насаджень (Станкевич, 2001)

Центр – біотоп, який характеризується старовинними забудовами, значною щільністю населення, бідною рослинністю, невеликою кількістю газонів і придорожніх насаджень, невеликими за площею скверами. Особливо висока щільність населення спостерігається в робочий час (адміністративний район).

Стара забудова – частина міста, зведена в більш пізній час порівняно з центром міста, добре озеленена. Деревні та кушові насадження формують тут сквери, алеї, придорожні посадки вздовж широких газонів, густі рослинні насадження, наявні також у дворах.

Новобудова – порівняно нова частина міста, забудована сучасними висотними, багатоповерховими панельними або цегляними будовами з дахами без димарів. Рослинне насадження молоде, розвинене поки що слабо.

Індивідуальна забудова – біотоп, який презентують одно-двоповерхові приватні будинки з присадибними добудовами (гаражами, сараями тощо).

Прирічковий біотоп – біотоп типу старих та індивідуальних забудов на обох берегах річки або малих річок, які проходять через місто, щільність населення невисока.

Парк – великий за розмірами біотоп із природних та (або) посаджених зелених насаджень з алеями, квітниками, а також з обладнанням для відпочинку і розваг.

Лісопарк – упорядкований лісовий масив у зоні міст, промислових центрів, робітничих селищ та інших населених пунктів, який використовується з рекреаційною метою.

**Зонування паркових урбоєкосистем
(Кучерявий, 2001)**

У парковій рослинності виділяються *саморегульовані* (в залежності від розташування, представлені всіма типами рослинності – від болотної до лісової) та *керовані* (газони, квітники, огорожі, боскети, об'єкти топіарного мистецтва, декоративні біогрупи, стави і струмки з їхньою рослинністю) рослинні угруповання. Виділено 9 груп культурфітоценозів:

Сільвоценози – рослині угруповання, що формуються за аналогією з природним лісом із характерною ярусністю, співвідношенням дерев – едификаторів, субедификаторів і асектаторів.

Фрутоценози – чагарникові зарості, які формуються відповідно до цільового призначення: огорожі, автономні декоративні групи або узлісся. В парках часто можна зустріти чагарникові зарості з калини, горобини, бересклету бородавчастого, садового жасмину, ліщини, маслинки вузьколистої, обліпихи.

Пратоценози – штучні лучні угруповання або газони різних типів. Виділяються звичайні, партерні і спортивні. При підсіві в лучний або звичайний газон квітникових культур створюються квітучі газони.

Стриптоценози – зелені смуги різної величини і конструкції. Розповсюджені асоціації: клен гостролистий + ясен зелений + тополя Симона + дерен звичайний + розрив-трава дрібноквіткова; акація біла + клен гостролистий + карагана + різнотрав'я та ін.

Флоріценози – квітники однорічних і багаторічних рослин. Їх можна було б виділити зі спільної групи агроценозів і назвати *флорікультурценозами*. Вирізняють однорічні (деколи дві-три посадки або посів), дворічні та багаторічні угруповання.

Помологоценози – плодові сади, які мають декоративний характер, особливо в період цвітіння і плодоношення.

Акваценози – водні рослинні угруповання декоративних ставів і струмків.

Агроценози – угруповання сільськогосподарських рослин.

Вітаценози – виноградники, поширені в зелених зонах міст.

Зонування урбоєкосистем за характером забудов, типом насаджень і характером деастрованості (Липтєв, 1998)

Лісові та лісопаркові масиви приміської зони.

Міські парки, сади, сквери.

Житлові масиви старої забудови.

Житлові масиви сучасної забудови.

На територіях промислових підприємств і санітарно-захисних зон навколо них.

Автотранспортні системи.

На намівних пісках.

На кар'єрних виробках.

Яружно-балкові системи і природні відшарування.

Зонування урбоєкосистем за градієнтом урбопресу (Шрубович, 2001)

Еталонні (фонові) екосистеми.

Паркові урбоєкосистеми.

Урбоєкосистеми бульварів (старих і новостворених).

Острівні урбоєкосистеми: „вікна асфальту з поодинокими деревами”, квіткові клумби.

Зони самовідновлення техногенних біотопів: зарослі стінки кар'єрів, промислові сміттєзвалища, будівельні майданчики.

Функціональне зонування урбоєкосистеми (Кучерявий, 2001)

Планувальна структура міста – взаємне розташування основних функціональних зон і системи зв'язків між ними. По суті, це основа міста, яка визначає транспортну силу, зовнішній вигляд міста і відображається в його генеральному плані.

Сільбищна зона – територія, призначена для житла. В її межах розташовуються мікрорайони і житлові квартали, культурно-побутові підприємства, окремі нешкідливі виробництва, майданчики, об'єкти озеленення, склади, транспортні об'єкти, резервні території.

Промислова зона – це промислові підприємства, культурно-побутові установи, які їх обслуговують, площі, зелені насадження.

Санітарно-захисна зона – земельні ділянки з зеленими насадженнями завширшки 50-100 м, які захищають сільбищні території від шкідливого впливу промисловості й транспорту.

Транспортна зона – об'єкти зовнішнього транспорту (водного, повітряного, залізничного).

Складська зона – територія різного роду складів.

*Зонування урбоєкосистеми за градієнтною ординацією
біогеоценотичного покриву (Кучерявий, 2001)*

Пересуваючись від приміських лісів до центру міста, можна виділити **чотири еколого-фітоценотичні пояси (ЕФП)**:

I ЕФП – приміські ліси, луки, болота, водойми (їм відповідають біогеоценози першого і другого класів гемеробії – агемеробні, олігогемеробні);

II ЕФП – міські парки і лісопарки, лугопарки, гідропарки, великі зелені масиви різного призначення (біогеоценози третього класу гемеробії – мезогемеробні);

III ЕФП – сади і сквери (четвертого класу гемеробії – еугемеробні);

IV ЕФП – вуличні посадки, насадження промислових підприємств (біоценози п'ятого і шостого класів гемеробії – полі- та метагемеробні).

Процес гемеробії змінює спонтанний природний рослинний покрив, перетворюючи спочатку в окультурений (мезогемеробний), а потім – у культурний (еугемеробний); постійно супроводжується формуванням рудеральних рослинних угруповань.

*Зонування урбоєкосистеми за здатністю
до саморегульованості (Кучерявий, 2001)*

Окультурені біогеоценози в межах міста і його приміської території виявляють зональний характер (від I до IV ЕФП) – процес, керований (регульований) людиною.

Рудеральні біогеоценози мають азональний характер, тобто є процесом саморегульованим і немовби полярним гемеробії – дегемеробним.

Бульвар – обсаджена деревами широка міська алея посередині вулиці.

Сквер – невеликий громадський сад у місті, селі, селищі.

Парк – великий сад або гай для прогулянок з алеями, квітниками, здебільшого з обладнанням для відпочинку і розваг.

**Який алгоритм досліджень необхідно застосовувати при
вивченні визначених зон урбоєкосистем?**

Для вивчення урбоєкосистеми зручно користуватися таким алгоритмом досліджень:

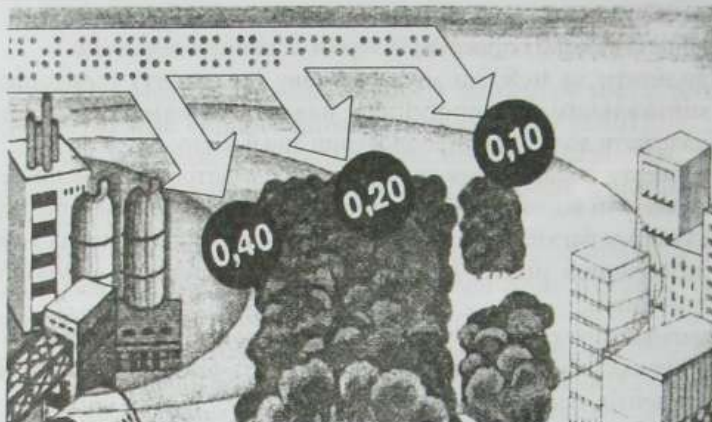
- 1) необхідно поділити місто за зонами, обравши один із вищезазначених підходів;
- 2) виділити за межами міста фонову (еталонну) територію з мінімальним антропогенним навантаженням, яка повинна належати до тієї ж природної зони, що й місто;
- 3) провести дослідження кліматопу та едафотопу виділених зон; визначити відхилення показників від фонових значень і від ГДК;
- 4) дослідити багатство та біорізноманіття біоти у відповідних зонах, визначивши рівень їх трансформації порівняно з фоновим значенням;
- 5) проаналізувати стан функціональних процесів у досліджуваних частинах урбоєкосистеми: продуктивність фітоценозів, колообіги елементів, органічної речовини, енергії;
- 6) порівняти результати, одержані для виділених зон, і зробити висновки про рівень їх антропогенної трансформації;
- 7) узагальнивши дані по окремих зонах, зробити загальний висновок про екологічний стан цієї урбоєкосистеми;
- 8) запропонувати рекомендації з поліпшення екологічного стану урбоєкосистеми, якщо він не відповідає критеріям екологічної якості.

**На які частини можна поділити територію
навколо підприємств міста для ефективного вивчення їх
впливу на довкілля?**

У випадку, коли вивчається *вплив конкретного підприємства* на урбоєкосистему, обов'язкова оцінка екологічних параметрів у 4-х зонах: робоча зона підприємства, територія підприємства (промислова зона), санітарно-захисна зона (зона розсіювання), селітебна (житлова) зона (рис. 1).

Робочою зоною підприємства вважаються приміщення цехів, де безпосередньо виробляється продукція.

Зона розсіювання – це санітарно-захисна зона (СЗЗ), яка обов'язково повинна оточувати територію підприємства, відділяючи її від житлового масиву. Ширина цієї зони визначається характером викидів, які здійснює підприємство, і строго регламентована ДЕРЖСТАНДАРТОМ. Чим вищий клас небезпеки забруднювачів, тим ширша повинна бути ця зона.



Промислова зона

Санітарно-захисна зона

житлова зона

Рис. 1. Схема зонування території навколо досліджуваних підприємств
(за А.С.Степановських, 2003)

За яким принципом слід розмішувати пости спостережень навколо підприємств?

Для цього розробляється ситуаційна карта-схема координатної сітки спостережень за забрудненням атмосферного повітря та ґрунтового покриття, розташованих у зоні впливу підприємства. Ситуаційна карта-схема повинна характеризувати ситуацію зони впливу підприємства в радіусі до 50 висот найвищої труби, але не менше 2 км.

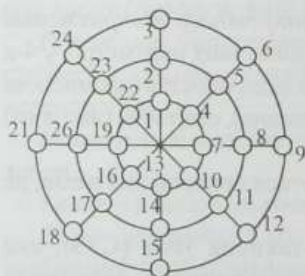


Рис. 2. Розміщення маршрутних постів спостереження: 1) $0,5 R$; 2) R ; 3) $1,5 R$; $R = 20H$, H – висота джерела викиду

Крок координатної сітки визначається згідно з п. 2.19 ОНД-86 залежно від класу небезпечності викидів підприємства, а саме: 1-й і 2-й класи – 250 м, 3-й клас – 100 м, 4-й клас – 50 м, 5-й клас – 25 м. Якщо клас небезпечності невідомий, то крок визначають у залежності від висоти джерела викиду при маршрутних постах спостережень (рис. 2) або за строго

детермінованими радіусами при підфакельних постах спостережень (рис. 3).

Маршрутні – призначені для регулярного відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості навколо підприємства за допомогою спеціально обладнаної автолабораторії, яка пересувається за певним маршрутом та визначеним годинниковим графіком.

Підфакельні – для відбору проб під димовим факелом із метою виявлення зони впливу даного джерела. При цьому в зоні максимального забруднення відбирають не менше 60 проб, в інших зонах – 25. Проби відбираються на висоті 1,5 м.

Відбір проб на підфакельних постах спостереження проводять за напрямом вітру в точках перетину переважаючого напрямку з колами радіусами 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 20 км, межа санітарної зони та межа санітарної зони + 200 м, а також на відстані формування максимальних концентрацій забруднюючих речовин. На кожному колі по обидва боки від осі факелу, на відстані $\frac{1}{25} R$ кола встановлюють ще два пости спостереження.

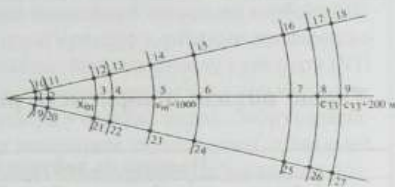


Рис. 3. Розміщення підфакельних постів спостереження

На дослідження яких сполук потрібно звернути увагу в ореолі підприємств різних галузей промисловості?

Відповіді на це запитання подані в табл. 1.

На дослідження яких сполук потрібно звернути увагу в ореолі окремих підприємств? Які потенційні обсяги викидів цих сполук та їх порогові значення?

Відповідь на це запитання узагальнена в табл. 2.

Які методичні особливості можна виділити при вивченні впливу автомобільного транспорту?

Підхід до вивчення впливу автомобільного транспорту на ґрунтокосистему специфічний. У даному випадку рекомендується застосовувати метод трансект. При цьому використовується дещо

Таблиця 1

Типові викиди підприємств різних галузей промисловості

Паливна та добувна промисловість	
Нафтова	Оксид карбону (IV), оксид сульфур (IV) – при згоранні нафтопродуктів
Газова	Оксид карбону (IV), оксид сульфур (IV) оксиди нітрогену, сажа – при спалюванні вугілля
Вугільна	Виникнення кар'єрно-відвальних комплексів, пороодо- та шламосховищ. Зміна ландшафту величезних територій. Шумове та вібраційне забруднення
Добувна	Викиди хлористих сполук, сульфатної кислоти, розчинних солей феруму, мангану, купруму, цинку, ніколу та інших. Забруднення атмосфери за рахунок пилу та газів, які утворюються при вибухах, особливо значні викиди метану.
Електроенергетика	
Теплові електростанції	Оксиди карбону, сульфур та нітрогену, оксид сульфур IV, гідроген сульфур, бенз(а)пірен, флуористі сполуки, сажа, пил, попіл, який містить вільний оксид силіцію та сполуки практично всіх металів, в тому числі арсену, ванадію, ртуті та плумбу.
Атомні електростанції	Урановмісні речовини (оксид урану (IV)), сплави урану з металами, продукти радіоактивного розпаду (стронцію-89 та 90, цезію-134, йоду-129, кобальту-60, мангану-54 і 56, тритію).
Гідроелектростанції	Зменшення вмісту біогенних речовин (фосфору, феруму) за рахунок седиментації, зниження вмісту розчинного кисню, збільшення рН, мутності та концентрації завислих речовин
Металургійна промисловість (металургійний комплекс)	
Чорна металургія	Викиди доменного шлаку та газу. Доменний газ представлений метаном, азотом, оксидом карбону (IV), значною кількістю пилу. Викиди оксидів сульфур (IV), гідроген сульфур, амоніаку, бензапірену, бензену, фенолу, аерозолі мангану та оксиду хрому, сполук ванадію

Виробництво сталі	Забруднення атмосфери оксидами карбону (II) та (IV), оксидом сульфур, різними вуглеводнями та амоніаком. Викиди оксиду сульфур (VI) та великої кількості пилу, велика кількість фенольних сполук у стічних водах. Забруднення стічних вод амоніаком, сірководнем, ціанідами та бензенними вуглеводами. Забруднення до- вкілля феросплавними шлаками.
Кольорова металургія	Викиди в стічні води та атмосферне повітря сполук кольорових металів.
Виробництво алюмінію	Викиди оксидів силіцію та алюмінію, гідрогену флуориду, флуоровмісних солей (флуориди силіцію та алюмінію), пилу, смол.
Машинобудівна промисловість	
Викиди оксиду карбону, формальдегіду, фенолу, гідрогену ціаніду, аерозолей сполук хрому, ніколу, органічних розчинників (бензену, фурфуролу); теплове забруднення.	
Хімічна промисловість	
Підприємства хімічної промисловості	Викиди хлороорганічних сполук (ХОС) та хлору, амоніаку та чадного газу, фосфороорганічних сполук (ФОС), меркурійорганічних сполук (РОС), нітрофенольних сполук, плюмбуму та його сполук, тетраетилплюмбуму.
Нафтохімічна промисловість	Гідроген сульфур, алкани (в тому числі ароматичні, включаючи бенз(а)пірен), оксид сульфур (VI), сульфатна кислота, оксид карбону, амоніак, фенол, бензен, синтетичні жирні кислоти, олефіни, ізопропіл-бензен, пропанон-2, парафіни, спирти.
Підприємства з виготовлення гуми	Газова сажа, органічні розчинники, хлорвініл, нафталамін.
Целюлозно-паперова промисловість	
Викиди поганопашнучих сполук відновленого сульфур (таких, як гідроген сульфур, метилмеркаптан, диметилсульфід, диметилдисульфід), оксидів сульфур й нітрогену.	
Промисловість будівельних матеріалів	
Підприємства будівельних матеріалів	Викиди великої кількості полідисперсного пилу, а також оксиду карбону, бенз(а)пірену, оксиду сульфур (IV), фенолу, амоніаку, формальдегіду, важких металів (плюмбуму, меркурію, цинку, мангану, хрому, ніколу та кадмію), радону, азбестових волокон.

Виробництво сталі	Забруднення атмосфери оксидами карбону (II) та (IV), оксидом сульфуру, різними вуглеводнями та амоніаком. Викиди оксиду сульфуру (VI) та великої кількості пилу, велика кількість фенольних сполук у стічних водах. Забруднення стічних вод амоніаком, сірководнем, ціанідами та бензєними вуглеводами. Забруднення до-вкїлля феросплавними шлаками.
Кольорова мета-лургія	Викиди в стічні води та атмосферне повітря сполук кольорових металів.
Виробництво алюмінію	Викиди оксидів сіліціуму та алюмінію, гідрогену флуориду, флуоромісних солей (флуориду сіліціуму та алюмінію), пилу, смол.
Машинобудівна промисловість	
Викиди оксиду карбону, формальдегіду, фенолу, гідрогену сікніду, аерозолей сполук хрому, ніколу, органічних розчинників (бензену, фурфуролу); теплове забруднення.	
Хімічна промисловість	
Підприємства хімічної промисловості	Викиди хлорорганічних сполук (ХОС) та хлору, амоніаку та чадного газу, фосфорорганічних сполук (ФОС), меркурій-органічних сполук (РОС), нітрофенольних сполук, плюмбуму та його сполук, тетраетилплюмбуму.
Нафтохімічна промисловість	Гідроген сульфур, алкани в тому числі ароматичні (включаючи бенз(а)пірен), оксид сульфуру (VI), сульфатна кислота, оксид карбону, амоніак, фенол, бензен, синтетичні жирні кислоти, олефіни, ізопро-піл-бензен, пропанон-2, парафіни, спирти.
Підприємства з виготовлення гуми	Газова сажа, органічні розчинники, хлорвініл, нафталамін.
Целюлозно-паперова промисловість	
Викиди поганопахнучих сполук відновленого сульфуру таких як гідроген сульфур, метилмеркаптан, диметилсульфід, диметилдису-льфід, оксидів сульфуру й нітрогену.	
Промисловість будівельних матеріалів	
Підприємства будівельних ма-теріалів	Викиди великої кількості полідисперсного пи-лу, а також викиди оксиду карбону, бенз(а)пірену, оксиду сульфуру (IV), фенолу, амоніаку, формальдегіду, важких металів (плюм-буму, меркурію, цинку, мангану, хрому, ніколу та кадмію), радону, азбестових волокон.

**Інформація про види та обсяги забруднюючих речовин,
що викидаються в атмосферне повітря окремими
підприємствами**

№ п/п	Забруднююча речовина		Потенційний обсяг викидів, тонн/рік	Порогові значення потенційних викидів, тонн/рік
	Код	Найменування		
Нафтобаза				
1	1100	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	6,531	1,5
2	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	6,531	0,0
Підприємство об'єднання мережі				
1	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксид)	0,004	0,005
2	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	0,106	3,0
3	4000	Оксид нітрогену (в перерахунку на діоксид нітрогену) [NO ₂]	80,781	1,0
4	7001	Оксид карбону	55,411	1,5
5	11000	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	0,12	1,5
6	2000	Метали та їх сполуки	0,004	0,0
7	3005	Інші тверді речовини	0,106	0,0
8	7000	Оксид карбону (в перерахунку на діоксид карбону (IV))	55,411	0,0
9	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	0,12	0,0
Машинобудівний завод				
1	1003	Ферум та його сполуки (в перерахунку на ферум)	3,718	0,1
2	1010	Хром та його сполуки (в перерахунку на триоксид хрому)	0,089	0,02

3	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксиду)	0,15	0,005
4	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	3,282	3,0
5	4000	Оксид нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	29,798	1,0
6	6001	Амоніак	0,002	1,5
7	7001	Оксид карбону	28,243	1,5
8	11000	Неметалові леткі органічні сполуки (НМЛОС)	17,631	1,5
9	11007	Пропанон-2	0,24	0,5
10	11009	Бутиловий ефір етанової кислоти (бутилацетат)	0,296	0,3
11	11020	Етилцелозоль	0,313	1,0
12	11024	Нітратна кислота	0,001	0,2
13	11028	Кислота етанова	0,019	0,8
14	11030	Ксилол	0,005	0,9
15	11041	Толуен	1,481	0,9
16	15003	Водню хлорид (хлоридна кислота в перерахунку на HCl)	0,007	0,1
17	16000	Флуор та його сполуки (в перерахунку на флуор)	0,046	0,05
18	16001	Гідрогену флуорид	0,1	0,05
19	1000	Важкі метали та їх сполуки	3,807	0,0
20	2000	Метали та їх сполуки	0,15	0,0
21	3005	Інші тверді речовини	3,282	0,0
22	7000	Оксид карбону (в перерахунку на діоксид карбону)	28,243	0,0
23	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	15,277	0,0
Цегельний завод				
1	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксиду)	0,002	0,005
2	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	34,898	3,0
3	4000	Оксиду нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	49,012	1,0
4	5001	Сульфур діоксид	45,905	1,5
5	7001	Оксид карбону	161,1	1,5

6	11000	Неметалові леткі органічні сполуки (НМЛОС)	0,114	1,5
7	2000	Метали та їх сполуки	0,002	0,0
8	3005	Інші тверді речовини	34,898	0,0
9	7000	Оксид карбону (в перерахунку на карбону (IV) оксид)	161,1	0,0
10	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	0,114	0,0
Меблевий комбінат				
1	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксиду)	0,001	0,005
2	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	4,982	3,0
3	3004	Сажа	0,051	0,3
4	4000	Оксиду нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	2,441	1,0
5	4001	Нітрогену оксид (NO ₂)	0,395	0,1
6	5001	Сульфур діоксид	0,043	1,5
7	7001	Оксид карбону	8,719	1,5
8	11000	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	35,418 9	1,5
9	11007	Пропанон-2	14,116	0,5
10	11009	Бутиловий ефір оцтової кислоти (бутилацетат)	3,166	0,3
11	11020	Етилцелозоль	0,34	1,0
12	11021	Етилацетат	4,27	1,0
13	11030	Ксилол	1,559	0,9
14	11037	Стирол	0,8679	0,05
15	11041	Толуен	10,869	0,9
16	11049	Формальдегід	0,231	0,1
Гумовзуттєва фабрика				
1	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	1,28	3,0
2	3004	Сажа	0,28	0,3
3	5001	Оксид сульфур (IV)	1,2	1,5
4	7001	Оксид карбону	0,9	1,5
5	11000	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	90,79	1,5

6	11021	Етилацетат	0,3	1,0
7	11037	Стирол	0,4	0,005
8	11048	Фенол	0,09	0,1
9	15002	Вініл хлористий	0,004	0,01
10	15003	Водню хлориду (хлоридна кислота в перерахунку на HCL)	0,08	0,1
11	3005	Інші тверді речовини	1,0	0,0
12	7000	Оксид карбону (в перерахунку на карбону (IV) оксид)	0,9	0,0
13	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	90,0	0,0
Хлібокомбінат				
1	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксиду)	0,0007	0,005
2	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	2,155	3,0
3	4000	Оксиду нітрогену (в перерахунку на діоксид нітрогену) (NO ₂)	2,496	1,0
4	7001	Оксид карбону	5,179	1,5
5	11000	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	6,41	1,5
6	11028	Кислота станова	1,706	0,8
7	11050	Фурфурол	0,68	0,2
8	2000	Метали та їх сполуки	0,0007	0,0
9	3005	Інші тверді речовини	2,155	0,0
10	7000	Оксид карбону (в перерахунку на карбону (IV) оксид)	5,179	0,0
11	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	4,024	0,0
Олійно-жировий комбінат				
1	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксиду)	0,007	0,005
2	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	51,097	3,0
3	4000	Оксиди нітрогену (в перерахунку на діоксид нітрогену) (NO ₂)	24,407	1,0
4	5001	Сульфур діоксид	9,663	1,5
5	7001	Оксид карбону	91,954	1,5
6	11000	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	403,17 9	1,5

7	11004	Акролеїн	0,014	0,004
8	18000	Фреони	0,15	0,1
9	2000	Метали та їх сполуки	0,007	0,0
10	3005	Інші тверді речовини	51,097	0,0
11	7000	Оксид карбону (в перерахунку на карбону (IV) оксид)	91,954	0,0
12	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	403,16 5	0,0
Цукровий завод				
1	1002	Ванадій та його сполуки (в перерахунку на п'ятиоксид ванадію)	0,244	0,02
2	2004	Манган та його сполуки (в перерахунку на мангану (IV) оксиду)	0,007	0,005
3	3000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	,487	3
4	3004	Сажа	3,487	0,3
5	4000	Оксиду нітрогену (в перерахунку на діоксид нітрогену) (NO ₂)	77,319	1
6	5001	Сульфур діоксид	96,917	1,5
7	7001	Оксид карбону	43,830	1,5
8	11000	Неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	2,558	1,5
9	16000	Флуор та його сполуки (в перерахунку на флуор)	0,000	0,05
10	1000	Важкі метали та їх сполуки	0,244	0
11	2000	Метали та їх сполуки	0,007	0
12	7000	Оксид карбону (в перерахунку на карбону (IV) оксид)	43,830	0
13	11054	Інші неметалеві леткі органічні сполуки (НМЛОС)	2,558	0

відмінна методика закладки **трансект** для позаміських доріг і доріг усередині міста:

1) для дороги, яка знаходиться в приміській зоні, можна використати трансекту довжиною 2-3 км, розмістивши її перпендикулярно до цієї дороги. Дану трансекту необхідно розбити на ряд ділянок: біля дороги; на віддалі 100 м; 300 м; 500 м 1000 м; 2000-3000 м від дороги. На кожній ділянці необхідно закласти пробні майданчики розміром 20 x 20 м.

2) для дороги, яка знаходиться в забудованій частині міста, можна використати трансекту довжиною 20-50 км і розмістити її в залежності від віддалі до центру міста: центральні вулиці, на деякій віддалі від центру, околиця, приміські території.

У високорозвинених країнах існують спеціальні системи стеження за концентраціями шкідливих газів в ореолі автодоріг, що фіксуються спеціальними високочутливими датчиками, а інформація поступає в централізовану комп'ютерну мережу, від якої ідуть сигнали на автобани про перерозподіл маршрутів.



Контрольні запитання до розділу

1. Чим відрізняється екосистема міста від екосистеми села?
2. Наведіть приклади девастрованих ландшафтів.
3. Чим різняться рудеральні біогеоценози від інших типів міських біогеоценозів?
4. До якого рівня гемеробії належать міські парки?
5. Наведіть приклади острівних урбоекосистем.
6. Назвіть вітчизняних авторів, які мають найбільш істотний внесок в розробку теорії зонування урбоекосистем. Порівняйте критерії, на яких ґрунтується зонування цих авторів.
7. Як будується координатна сітка для постів спостереження навколо підприємства при маршрутному способі екологічної оцінки?
8. Як будується координатна сітка для постів спостереження навколо підприємства при підфакельному способі екологічної оцінки?
9. На які техногенні чинники слід звернути увагу при оцінці впливу на довкілля підприємств легкої промисловості?
10. На які техногенні чинники слід звернути увагу при оцінці екологічної ситуації навколо гумовзуттєвого заводу?

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ КЛІМАТОПУ УРБООКОСИСТЕМ

Основні джерела атмосферних забруднень урбанізованих екосистем – промислові підприємства, теплові й атомні електростанції та автотранспорт. На кліматоп міста впливають *фізичні* та *хімічні* чинники антропогенного походження.

У цьому розділі Ви ознайомитесь із методами визначення ряду фізичних чинників. Передусім – це визначення швидкості та напрямку вітру, що дасть можливість передбачити розповсюдження різного типу забруднювачів.

Специфічним фізичним забруднювачем атмосферного повітря урбооекосистем є шум антропогенного походження. При дослідженні акустичного режиму урбооекосистем особливу увагу належить приділити вулицям, завантаженим автотранспортом.

Для міст, в яких або поблизу яких розміщені АЕС, а також для урбооекосистем, що постраждали від чорнобильської катастрофи, актуальним є моніторинг радіаційного фону, який здійснюється за допомогою портативного приладу вітчизняного виробництва.

Головними хімічними забруднювачами повітря міст є такі шкідливі гази, як оксид карбону, оксид нітрогену, оксид сульфуру (VI). При дослідженні кліматопу урбооекосистем слід звернути увагу не лише на газові емісії, але й на кислотні опади (дощі, сніги), які формуються при взаємодії газових викидів із водяними парами атмосфери.

Вагомий чинник у формуванні кліматопу урбооекосистем – пилове забруднення, яке викликає додатковий нагрів повітря і перегрів листкових пластинок деревних рослин. Вам запропоновані роботи, які дозволять оцінити рівень запилення повітря та провести якісні аналізи аерозолію.

Вивченню особливостей роботи ряду альтернативних приладів вітчизняного виробництва сприятимуть наведені фотографії або схематичне зображення зовнішнього вигляду із позначенням структурних компонентів.

Для різних фізичних та хімічних чинників вказані гранично-допустимі концентрації (ГДК), які відповідають розробленому на

сьогодні Держстандарту України. Це дасть Вам можливість визначити рівень аномальних концентрацій.

2.1. Аналіз фізичних чинників



Робота № 1

Визначення напрямку та швидкості вітру за допомогою флюгера, анеморумбометра та ручного анемометра

Основні прилади для вимірювання напрямку й швидкості вітру – флюгер, анеморумбометр і ручний анемометр.

Флюгер (рис. 4) найбільш поширений прилад для вимірювання напрямку й швидкості вітру. Показником напрямку вітру у флюгера служить дволопатева флюгерка (1) з протигагою (2) і вісім штифтів (3). Довгі штифти відповідають Пн., Пд., Зх., Сх. напрямкам, короткі – ПнЗх, ПнСх, ПдЗх, ПдСх. Штифт, позначений буквами Пн., повинен бути установлений строго на Пн.

Під дією вітрів різних напрямків флюгерка обертається, напрямком вітру визначають за положенням протигаги флюгерки відносно штифтів. Показчик швидкості вітру складається з металевої дошки (5) розміром (15 × 30 см), яка вільно обертається на осі (6), і з восьми штифтів на дузі (8). Для зручності відліків парні штифти, починаючи з прямовисного, зробіть довгими, непарні – короткими.

Хід роботи

Визначте швидкість вітру за величиною кута відхилення дошки відносно вертикального стержня (9), користуючись таблицею 3.

Розрізняють флюгери з легкою (200 г) і з важкою (800 г) дошками, якими вимірюють швидкість вітру

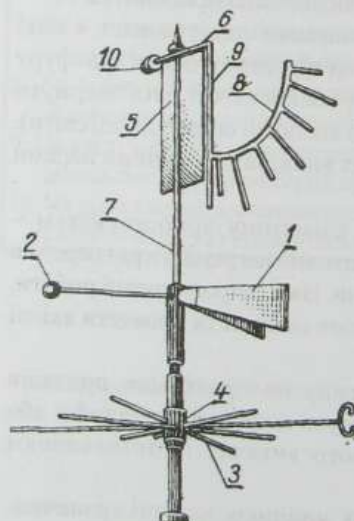


Рис. 4. Флюгер

відповідно до 20 і 40 м/с. При установці флюгера пам'ятайте, що площина дошки повинна бути строго перпендикулярна противазі флюгерки.

При визначенні *напрямку вітру* спостерігач стоїть під показником напрямку вітру і позначає середнє положення противаги флюгерки за 2 хв. Для визначення швидкості вітру необхідно добре бачити дошку і дугу зі штифтами. Швидкість вітру визначте за середнім положенням дошки за 2 хв., при сильному вітрові запишіть середнє і верхнє положення дошки, куди вона доходить протягом 2 хв.

Анеморумбометр – дистанційний прилад, який служить для вимірювання швидкості вітру, *усередненої* за 10-хвилинний інтервал, максимальної миттєвої швидкості вітру між періодами спостереження і напрямками вітру. Принцип дії анеморумбометра

Таблиця 3

Визначення швидкості вітру за положенням дошки флюгерки

Положення дошки	Швидкість вітру, м/с	
	легка дошка	важка дошка
Штифт 0	0	0
Між штифтами 0 і 1	1	2
Штифт 1	2	4
Між штифтами 1 і 2	3	6
Штифт 2	4	8
і т. д.		

базується на перетворенні напрямку і швидкості вітру в електричні величини. Датчик на анеморумбометрі складається з оптичного цигаркоподібного корпусу, який обертається навколо вертикального нерухомого стояка. На кінці корпусу знаходиться флюгерка, а на початку – гвинт із чотирма лопатями з горизонтальною площиною обертання. Вимірювальний пульт – настільний прилад із показниками миттєвої, середньої швидкості й напрямку вітру.

Ручний анемометр чашковий із рахунковим механізмом застосовується для визначення *середньої швидкості вітру* за деякий проміжок часу. Приймачем анемометра (рис. 5) служить вертушка (1), яка при обертанні приводить у рух рахунковий механізм у корпусі (4) приладу. Циферблат (5) рахункового механізму має три шкали, по яких відраховують тисячі, сотні,

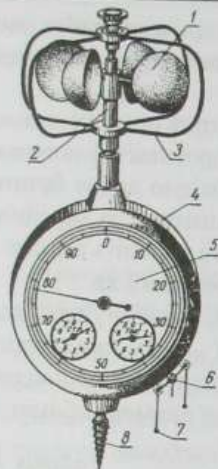


Рис. 5. Ручний
анемометр чашковий

десятки, одиниці обертів. Рахунковий механізм вмикається і вимикається аретиром (6), для вмикання і вимикання приладу при установці на жердину користуються шнуром. Шнур середньою частиною прив'язується до аретира, а кінці пропускаються через кільця (7).

Перед спостереженням при вимкненому лічильникові запишіть показання всіх трьох стрілок на циферблатах і встановіть анемометр на заданій висоті. Через 1-2 хв., коли швидкість обертання чашок установиться, увімкніть лічильник. Через 100 секунд лічильник вимкніть і знову запишіть показання стрілки, секундомір увімкніть і вимкніть одночасно з аретиром анемометра. За кількістю обертів (поділок) за секунду вертушка визначає швидкість вітру. Для вираження швидкості вітру в м/с користуйтеся перевірочним свідоцтвом, яке надається до кожного приладу (табл. 4).

Таблиця 4
Розрахунок швидкості вітру за кількістю поділок
циферблату рахункового механізму чашкового анемометра

Кількість поділок за секунду	Швидкість вітру, м/с
1	1,4
2	2,4
3	3,5
4	4,5
і т. д.	

Важливе значення для вивчення особливостей загальної циркуляції повітряних мас має оцінка повторюваності вітрів. Для цього використовують так звану розу вітрів рис. 6. Вона являє собою зображені графічно дані про повторюваність вітрів у конкретній місцевості за певний час. У разі її застосування напрям вітру, який панує або впливає на конкретний об'єкт, слід визначати тим румбом горизонту, звідки дме вітер.

Робота № 2

Визначення напрямку та швидкості вітру за допомогою саморобних флюгерів і анеометрів*

Напрямок та швидкість вітру можна визначити і за допомогою саморобних приладів.

Саморобний флюгер (рис. 7) можна виготовити так: до соломинки для пиття приклейте липкою стрічкою два картонних трикутники (хвостова частина має бути більшою за вістря). Прикріпіть соломинку шпилькою до гумки на кінці олівця. Вставте олівець в отвір на дні пластикової пляшки. Стрілка показуватиме напрям, в якому дме вітер.

Саморобний анеометр виготовляється так само, як флюгер, але з чотирма лопатями та додатковою вертушкою (рис. 7). Підрахуйте, скільки разів він обернеться протягом певного часу – наприклад, за 20 секунд. Швидкість вітру визначте, як описано в роботі № 1.

Досить легкою у виконанні є також інша модель саморобного анеометра (рис. 8).

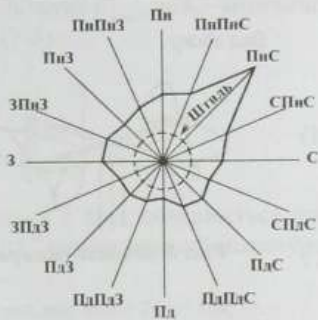


Рис. 6. Роза вітрів

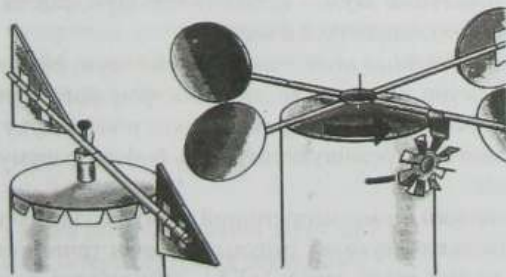
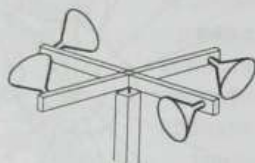


Рис. 7. Саморобні флюгер (ліворуч) та анеометр (праворуч)

Вид збоку



Вид зверху

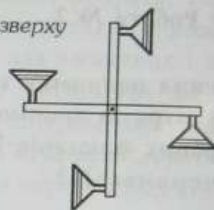


Рис. 8. Модель саморобного анеометра з лійками



Робота № 3

Вимірювання рівня шумового забруднення урбоєкосистем

Терміни і визначення

Термінологія прийнята відповідно до ГОСТ 12.1.003-83.

- **Шум** – одна із форм хвильового (фізичного) забруднення довкілля, адаптація організмів до якого практично неможлива.
- **Постійний шум** – шум, рівень звуку якого змінюється в часі не більше ніж на 5 дБА при вимірюванні за тимчасовою характеристикою “повільно” шумоміра за ГОСТ 17187-81.
- **Непостійний шум** – шум, рівень звуку якого змінюється в часі більше ніж на 5 дБА при вимірах за тимчасовою характеристикою “повільно” шумоміра за ГОСТ 17187-81.
- **Коливальний шум** – непостійний шум, рівень звуку якого безупинно змінюється в часі.
- **Переривчастий шум** – непостійний шум, рівень звуку якого періодично різко падає до рівня фонового шуму, причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень звуку залишається постійним і перевищуючим рівень фонового шуму, складає 1 с і більше.
- **Імпульсний шум** – непостійний шум, що складається з одного чи декількох звукових імпульсів, кожен тривалістю менш 1 с; при цьому рівні звуку (дБА), обмірювані при включенні тимчасових характеристик “повільно” і “імпульс” шумоміра за ДСТ 17187-81, відрізняються не менш ніж на 7 дБА.

➤ **Еквівалентний** (за енергією) рівень звуку $L_{\text{Аекв}}$, дБА – величина, яка визначається за формулами (1-3).

$$L_{\text{Аекв}} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right], \quad (1)$$

де $P_A(t)$ – звуковий тиск, що змінюється в часі, вимірюється при включенні частотної характеристики “А” вимірювальної апаратури, Па;

P_0 – граничне значення звукового тиску, яке дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$ Па;

T_m – тривалість виміру шуму, хв.

$$L_{\text{Аекв}} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_i} \right], \quad (2)$$

де L_{Ai} – вимірювані рівні звуку, дБА;

N – загальна кількість вимірів рівнів звуку

$$L_{\text{Аекв}} = 10 \lg \left[\frac{1}{100} \sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{0,1L_i} \right], \quad (3)$$

де L_i – середній рівень звуку в i -му інтервалі рівнів звуку, дБА;

f_i – частка кількості вимірів в i -му інтервалі рівнів звуку від загальної кількості вимірів, %;

n – кількість інтервалів рівнів звуку.

Ширина інтервалу рівнів звуку повинна бути менше чи дорівнювати 5 дБА. Середній рівень звуку L_i в i -му інтервалі рівнів звуку визначається за формулою

$$L_i = \frac{L_n - L_v}{2},$$

де L_n – нижня межа інтервалу рівнів звуку, дБА;

L_v – верхня межа інтервалу рівнів звуку, дБА.

➤ **Еквівалентний** (за енергією) рівень звуку $L_{\text{Аекв}}$ за час оцінки шуму T – величина, яка визначається за формулою

$$L_{\text{екв}T_{mj}} = 10 \lg \left[\frac{1}{\sum_{j=1}^k T_{mj}} \sum_{j=1}^k T_{mj} \cdot 10^{0,1 L_{\text{амп}T_{mj}}} \right],$$

де $L_{\text{екв}T_{mj}}$ – еквівалентний (за енергією) рівень звуку кожного виміру шуму за час оцінки шуму T , дБА;

T_{mj} – тривалість кожного виміру шуму, хв.; k – кількість вимірів шуму за час оцінки шуму T .

Постійний шум варто оцінювати рівнем звуку (дБА). Допускається доповнювати оцінку постійного шуму рівнями звукового тиску (дБ) в октавних смугах зі середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц (октавними рівнями звукового тиску).

Непостійний (коливальний у часі, переривчастий та імпульсний) шум необхідно оцінювати еквівалентним рівнем звуку $L_{\text{екв}}$ (дБА).

Непостійний шум на селітебній території, а також шум у приміщеннях житлових і громадських будинків від джерел шуму, що знаходяться в будинках (наприклад, інженерного, санітарно-технічного устаткування і т.д.), варто додатково оцінювати максимальним рівнем звуку $L_{\text{амп}}$ (дБА).

Умови виміру шуму

Час оцінки шуму (T) на селітебній території потрібно вимірювати вдень – протягом 8 год., уночі – безупинно протягом 0,5 год. (у найбільш гучні періоди).

Тривалість виміру шуму T_m треба встановлювати в залежності від характеру шуму.

Тривалість виміру **постійного шуму** має складати не менш 3 хв. У кожній точці необхідно провести не менше 3 вимірів рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску).

Вимір **непостійного шуму** доречніше проводити в періоди часу оцінки шуму T , що охоплюють усі типові зміни шумового режиму в місці оцінки. Тривалість кожного виміру непостійного шуму T_m у кожній точці повинна складати не менше 30 хв.

Вимір *переривчастого шуму*, рівні звуку якого залишаються постійними в інтервалах тривалістю 30 хв. і більше, необхідно проводити протягом повного циклу характерної дії переривчастого шуму в денний чи нічний час.

Відлік рівнів *переривчастого шуму*, рівні звуку якого залишаються постійними в інтервалах тривалістю менше 0,5 хв., а також коливного в часі й імпульсного шуму потрібно проводити з інтервалами від 5 до 6 с. У кожній точці за період виміру шуму T_m повинно бути зроблено 360 вимірювань рівнів звуку.

Відлік рівнів переривчастого шуму, рівні звуку якого залишаються постійними в інтервалах тривалістю 0,5 хв. і більше, варто робити в кожному з цих інтервалів, а також у паузах між ними.

Тривалість інтервалів, протягом яких рівні звуку переривчастого шуму залишаються постійними, і пауз між ними доцільно хронометрувати з точністю до 0,1 хв.

Вимір шуму на селітебній території варто проводити на майданчиках відпочинку мікрорайонів і груп житлових будинків, дитячих дошкільних установ і ділянках шкіл, територіях лікарень і санаторіїв – не менш ніж у трьох точках, розташованих на найближчій до джерела шуму межі майданчиків (поза звуковою тінню) на висоті 1,2 – 1,5 м від рівня їх поверхні; на території, що безпосередньо прилягає до житлових будинків, лікарень, санаторіїв, дитячих дошкільних установ і шкіл – не менше ніж у трьох точках, розташованих на відстані 2 м від огорожених конструкцій будинків, на висоті 1,2 – 1,5 м від рівня поверхні території і, при необхідності, на рівні середини вікон. Вікна будинків у цьому випадку повинні бути зачинені.

У випадку, коли джерела шуму знаходяться в приміщенні (наприклад, промислового цеху), квартирки, фрамуги й інші вентиляційні прорізи цього приміщення при вимірі шуму на селітебній території мають бути відчинені, якщо це передбачається умовами експлуатації. При проведенні виміру шуму апаратура не повинна піддаватися впливу вібрації, магнітних і електричних полів, радіоактивного випромінювання й інших несприятливих факторів, які впливають на результати виміру.

Вимір шуму на селітебній території не слід проводити під час випадання атмосферних опадів і при швидкості вітру більше 5 м/с. При

швидкості вітру понад 1 до 5 м/с застосовуйте екран для захисту вимірювального мікрофона від вітру.

Прилади для виміру шуму

Вимірювання *рівнів звуку* слід проводити шумомірами, комбінованими вимірювальними системами або автоматичними пристроями, які відповідають класам точності 0; 1 або 2 згідно з ГОСТ 17187-81; вимірювання *октавних рівнів звукового тиску* – шумомірами 0; 1 або 2 класів точності (ГОСТ 17187-81), з октавними смуговими фільтрами (ГОСТ 17168-82) або комбінованими вимірювальними системами відповідного класу точності.

У таблиці 5 наводяться сучасні моделі шумомірів та їх технічні характеристики.





Апаратура, призначена для виміру шуму, повинна мати діюче посвідчення про державну чи відомчу перевірку. Калібровку апаратури необхідно проводити до і після проведення виміру шуму відповідно до заводських інструкцій з експлуатації приладів. Надійніші такі способи калібрування, при яких проводиться перевірка всієї вимірювальної системи з вимірювальним мікрофоном.

Хід роботи

Направте вимірювальний мікрофон у бік основного джерела шуму і виставте його не менш ніж на 0,5 м від оператора, який проводить вимір. Перемикач частотної характеристики вимірювальної апаратури при проведенні виміру рівнів звуку встановіть у положення “А”, а при проведенні виміру октавних рівнів звукового тиску – відповідно до інструкцій до цих приладів. Перемикач тимчасової характеристики вимірювальної апаратури встановіть у положенні “повільно” при вимірі постійного і переривчастого шуму, в положення “швидко” при вимірі коливного і імпульсного шуму й у положення “імпульс” при вимірі імпульсного шуму. Значення рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску) постійного і переривчастого шуму фіксуйте за середніми показниками при колюванні стрілки приладу. Значення рівнів звуку коливного в часі й імпульсного шумів знімайте за показниками стрілки приладу в момент відліку. Значення рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску) зчитуйте зі шкали приладу з точністю до 1 дБА (дБ).

Таблиця 5

Прилади для вимірювання шумових рівнів (шумоміри)

Модель приладу	Октава 101A	DSP 80	SVAN 943	Медіатор-2238
				
	Рис. 9.	Рис. 10.	Рис. 11.	Рис. 12
Технічні характеристики				
Режим вимірів	Звук	Звук	Звук, аналізатор, дозиметр шум.	Звук
Діапазон вимірів	22-145 дБа	40-140 дБа	29 дБа – 133 дБа доз. 50 дБа – 140 дБа	26 дБ – 40 дБ
Частотний діапазон	1 Гц – 20 кГц	-	20 Гц – 11 КГц	8 Гц – 16 кГц
Клас точності	1	1	2	1
Живлення	Акумулятор (7 год.) блок живлення	аккумулятор (6 год.)	аккумулятор, блок живлення	аккумулятор, блок живлення
Пам'ять	255 записів	-	3 МБ (флеш тип)	2 МБ
Габарити, мм	-	205x75x25	135x80x38	-
Вага, г	700	252	500	-

Опрацювання результатів виміру

Результат виміру шуму відповідає 1-му класу точності у випадку, якщо вимір проводився за допомогою шумомірів 0 чи 1-го класів точності зі смуговими фільтрами 1 і 2-го класів точності і не застосовувався візуальний відлік при вимірі непостійного шуму.

Результат виміру шуму відповідає 2-му класу точності у випадку, якщо вимірювання проводилося за допомогою шумомірів 2-го класу точності зі смуговими фільтрами 3-го класу точності й застосовувався візуальний відлік при вимірі непостійного шуму.

Середнє значення рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску) *постійного шуму* в кожній точці визначте відповідно до протоколу:

1. Місце проведення вимірів _____
2. Дата та час проведення вимірів _____
3. Апаратура _____
4. Характеристики території _____
5. Основні джерела шуму та характер шуму, який створюється ними на території _____
6. Схема розміщення джерел шуму та точок вимірів _____
7. Виміряні та середні значення рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску) постійних шумів занести до *форми 1*; переривчастих шумів, рівні звуку яких залишаються постійними в інтервалах тривалістю 0,5 хв і більше – до *форми 2*; коливних у часі імпульсних і переривчастих шумів, рівні звуку яких залишаються постійними в інтервалах тривалістю менше ніж 0,5 хв – до *форми 3*.

Форма 1

Місце проведення вимірів _____
 Дата та час проведення вимірів _____

Номери точок вимірів	Номери замірів	Рівні звуку, L_A , дБА	Середні значення рівнів звуку L_{Aeq} , дБА	Рівні звукового тиску L , дБ, в октавних смугах частот зі середньгеометричними частотами, Гц												Середні значення рівнів звукового тиску L_A , дБ, в октавних смугах частот зі середньгеометричними частотами, Гц																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				63				125				250				500				1000				2000				4000				8000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63	125	250	500	63

Форма 2

Місце проведення вимірів _____
 Дата та час проведення вимірів _____
 Номер точки вимірів _____

Номер точок вимірів	Рівні звуку L_{Aeq} , дБА	Тривалість інтервалів дії переривчастого шуму, а також пауз $t_{\text{хв}}$	Поправки ΔL_{Aeq} , дБА	Скоректовані рівні звуку $(L_{Aeq} + \Delta L_{Aeq})$, дБА	Еквівалентні рівні звуку L_{Aeq} , дБА	Максимальні рівні звуку L_{Amax} , дБА
1	2	3	4	5	6	7

Форма 3

Місце проведення вимірів _____

Дата та час проведення вимірів _____

Номер точки вимірів _____

	Рівні звуку L_{A_1} дБА											
1												
2												
-												
-												
20												

8. Розраховані або еквівалентні рівні звуку (для непостійних шумів) –
форма 4

Форма 4

Інтервали рівнів звуку, дБА	Відмітки вимірів рівнів звуку в інтервалах	Кількість вимірів рівнів звуку в інтервалах	Часткові індекси
Від 13 до 17			
" 18 " 22			
" 23 " 27			
" 28 " 32			
" 33 " 37			
" 38 " 42			
" 43 " 47			
" 48 " 52			
" 53 " 57			
" 58 " 62			
" 63 " 67			
" 68 " 72			
" 73 " 77			
" 78 " 82			
" 83 " 87			
" 88 " 92			
" 93 " 97			
" 98 " 102			
" 103 " 107			
" 108 " 112			

Сумарний індекс _____

Еквівалентний рівень звуку, дБА _____

9. Назва організації, яка проводила вимірювання _____
10. Посади та прізвища осіб, які проводили виміри _____

Еквівалентні рівні звуку переривчастого шуму, рівні звуку якого (обмірювані шумоміром) залишаються постійними в інтервалах тривалістю *менше ніж 0,5 хв.*, а також змінного в часі й імпульсного шуму в кожній точці визначають відповідно до наведеного нижче алгоритму.

Рівні звуку, що вимірюються (форма 3) поділіть за інтервалами відповідно до графі 1 форми 4. Підрахуйте кількість вимірів рівнів звуку в кожному інтервалі.

Результати зазначених операцій занесіть (оцінками і цифрами) у графі 2 і 3 форми 4.

Визначте часткові індекси за таблицею 6 у залежності від інтервалу і кількості вимірів у цьому інтервалі рівнів звуку, і їхні значення занесіть у графу 4 форми 4.

Обчисліть сумарний індекс, складаючи отримані часткові індекси.

Визначте величину L_A (дБА) за таблицею 7 у залежності від значення отриманого сумарного індексу.

Еквівалентний рівень звуку L_{Aeq} (дБА) обчисліть за формулою

$$L_{Aeq} = \Delta L_A + 10.$$

Еквівалентні рівні звуку переривчастого шуму, рівні звуку якого (обмірювані шумоміром) залишаються постійними в інтервалах *тривалістю 0,5 хв. і більше*, у кожній точці проведіть у такій послідовності:

Визначте ΔL_{A_i} (дБА) для значень вимірювальних рівнів звуку L_{A_i} , дБА, (графі 2 форми 2) для переривчастого шуму, рівні звуку якого залишаються постійними в інтервалах від 0,5 до 29,5 хв. за таблицею 8.

Для переривчастого шуму, рівні звуку якого залишаються постійними в інтервалах, *що дорівнюють 30 хв. і більше*, величину ΔL_{A_i} (дБА) розрахуйте за формулою, в залежності від тривалості цих інтервалів, а також пауз між ними t_i (хв.) (див. графу 3 форми 2).

Часткові індекси для різних інтервалів рівнів звуку

Кількість відліків рівнів звуку в інтервалі	Інтервали рівнів звуку, дБА									
	13-17	18-22	23-27	28-32	33-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62
	Часткові індекси									
1	0	0	0	0	1	3	9	28	89	280
2	0	0	0	1	2	6	18	56	177	560
3	0	0	0	1	3	8	26	83	262	830
4	0	0	0	1	4	11	35	111	351	1110
5	0	0	0	1	4	14	44	139	440	1390
6	0	0	1	2	5	17	53	167	528	1670
7	0	0	1	2	6	19	61	194	613	1940
8	0	0	1	2	7	22	70	222	702	2220
9	0	0	1	3	8	25	79	250	791	2500
10	0	0	1	3	9	28	88	278	879	2780
11-12	0	0	1	3	11	33	105	333	1050	3330
13-14	0	0	1	4	12	39	123	389	1230	3890
15-16	0	0	1	4	14	44	140	444	1400	4440
17-18	0	1	2	5	16	50	158	500	1580	5000
19-20	0	1	2	6	18	56	176	556	1760	5560
21-23	0	1	2	6	20	64	202	639	2020	6390
24-26	0	1	2	7	23	72	228	722	2280	7220
27-30	0	1	3	8	26	83	263	833	2630	8330
31-34	0	1	3	9	30	94	298	944	2980	9440
35-39	0	1	3	11	34	108	342	1080	3420	10800
40-44	0	1	4	12	39	122	386	1220	3860	12200
45-49	0	1	4	14	43	136	430	1360	4300	13600
50-56	1	2	5	16	49	156	492	1560	4920	15600
57-63	1	2	6	18	55	175	553	1750	5530	17500
64-70	1	2	6	19	62	194	615	1940	6150	19400
71-80	1	2	7	22	70	222	703	2220	7030	22200
81-90	1	3	8	25	79	250	791	2500	7910	25000
91-100	1	3	9	28	88	278	878	2780	8780	27800
101-115	1	3	10	32	101	319	1010	3190	10100	31900
116-130	1	4	11	36	114	361	1140	3610	11400	36100
131-150	1	4	13	42	132	417	1320	4170	13200	41700
151-170	2	5	15	47	149	472	1490	4720	14900	47200
171-190	2	5	17	53	167	528	1670	5280	16700	52800
191-220	2	6	19	61	193	611	1930	6110	19300	61100
221-250	2	7	22	69	220	694	2200	6940	22000	69400
251-280	3	8	25	78	246	778	2460	7780	24600	77800
281-320	3	9	28	89	281	889	2810	8890	28100	88900
321-360	3	10	32	100	316	1000	3160	10000	31600	100000

Кількість відліків рівнів звуку в інтервалі	Інтервали рівнів звуку, дБА					
	63-67	68-72	73-77	78-82	83-87	88-92
	Часткові індекси					
1	885	2800	8850	28000	88500	280000
2	1770	5600	17700	56000	177000	560000
3	2620	8300	26200	83000	262000	830000
4	3510	11100	35100	111000	351000	1110000
5	4400	13900	44000	139000	440000	1390000
6	5280	16700	52800	167000	528000	1670000
7	6130	19400	61300	194000	613000	1940000
8	7020	22200	70200	222000	702000	2220000
9	7910	25000	79100	250000	791000	2500000
10	8790	27800	87900	278000	879000	2780000
11-12	10500	33300	105000	333000	1050000	3330000
13-14	12300	38900	123000	389000	1230000	3890000
15-16	14000	44400	140000	444000	1400000	4440000
17-18	15800	50000	158000	500000	1580000	5000000
19-20	17600	55600	176000	556000	1760000	5560000
21-23	20200	63900	202000	639000	2020000	6390000
24-26	22800	72200	228000	722000	2280000	7220000
27-30	26300	83300	263000	833000	2630000	8330000
31-34	29800	94400	298000	944000	2980000	9440000
35-39	34200	108000	342000	1080000	3420000	10800000
40-44	38600	122000	386000	1220000	3860000	12200000
45-49	43000	136000	430000	1360000	4300000	13600000
50-56	49200	156000	492000	1560000	4920000	15600000
57-63	55300	175000	553000	1750000	5530000	17500000
64-70	61500	194000	615000	1940000	6150000	19400000
71-80	70300	222000	703000	2220000	7030000	22200000
81-90	79100	250000	791000	2500000	7910000	25000000
91-100	87800	278000	878000	2780000	8780000	27800000
101-115	101000	319000	1010000	3190000	10100000	31900000
116-130	114000	361000	1140000	3610000	11400000	36100000
131-150	132000	417000	1320000	4170000	13200000	41700000
151-170	149000	472000	1490000	4720000	14900000	47200000
171-190	167000	528000	1670000	5280000	16700000	52800000
191-220	193000	611000	1930000	6110000	19300000	61100000
221-250	220000	694000	2200000	6940000	22000000	69400000
251-280	246000	778000	2460000	7780000	24600000	77800000
281-320	281000	889000	2810000	8890000	28100000	88900000
321-360	316000	1000000	3160000	10000000	31600000	100000000

Кількість відліків рів- нів звуку в інтервалі	Інтервали рівнів звуку, дБА			
	93 – 97	98 – 102	103 – 107	108 – 112
	Часткові індекси			
1	885000	2800000	8850000	28000000
2	1770000	5600000	17700000	56000000
3	2620000	8300000	26200000	83000000
4	3510000	11100000	35100000	111000000
5	4400000	13900000	44000000	139000000
6	5280000	16700000	52800000	167000000
7	6130000	19400000	61300000	194000000
8	7020000	22200000	70200000	222000000
9	7910000	25000000	79100000	250000000
10	8790000	27800000	87900000	278000000
11-12	10500000	33300000	105000000	333000000
13-14	12300000	38900000	123000000	389000000
15-16	14000000	44400000	140000000	444000000
17-18	15800000	50000000	158000000	500000000
19-20	17600000	55600000	176000000	556000000
21-23	20200000	63900000	202000000	639000000
24-26	22800000	72200000	228000000	722000000
27-30	26300000	83300000	263000000	833000000
31-34	29800000	94400000	298000000	944000000
35-39	34200000	108000000	342000000	1080000000
40-44	38600000	122000000	386000000	1220000000
45-49	43000000	136000000	430000000	1360000000
50-56	49200000	156000000	492000000	1560000000
57-63	55300000	175000000	553000000	1750000000
64-70	61500000	194000000	615000000	1940000000
71-80	70300000	222000000	703000000	2220000000
81-90	79100000	250000000	791000000	2500000000
91-100	87800000	278000000	878000000	2780000000
101-115	101000000	319000000	1010000000	3190000000
116-130	114000000	361000000	1140000000	3610000000
131-150	132000000	417000000	1320000000	4170000000
151-170	149000000	472000000	1490000000	4720000000
171-190	167000000	528000000	1670000000	5280000000
191-220	193000000	611000000	1930000000	6110000000
221-250	220000000	694000000	2200000000	6940000000
251-280	246000000	778000000	2460000000	7780000000
281-320	281000000	889000000	2810000000	8890000000
321-360	316000000	1000000000	3160000000	10000000000

Значення ΔL_A у залежності від значення сумарного індексу

Сумарний індекс	ΔL_A , дБА	Сумарний індекс	ΔL_A , дБА
32	15	1995000	63
40	16	2512000	64
50	17	3162000	65
63	18	3981000	66
79	19	5012000	67
100	20	6310000	68
126	21	7943000	69
159	22	10000000	70
200	23	12590000	71
251	24	15850000	72
316	25	19950000	73
398	26	25120000	74
501	27	31620000	75
631	28	39810000	76
794	29	50120000	77
1000	30	63100000	78
1259	31	79430000	79
1585	32	100000000	80
1995	33	125900000	81
2512	34	158500000	82
3162	35	199500000	83
3981	36	251200000	84
5012	37	316200000	85
6310	38	398100000	86
7943	39	501200000	87
10000	40	631000000	88
12590	41	794300000	89
15850	42	1000000000	90
19950	43	1259000000	91
25120	44	1585000000	92
31620	45	1995000000	93
39810	46	2512000000	94
50120	47	3162000000	95
63100	48	3981000000	96
79430	49	5012000000	97
100000	50	6310000000	98
125900	51	7943000000	99
158500	52	10000000000	100
199500	53	12590000000	101
251200	54	15850000000	102
316200	55	19950000000	103
398100	56	25120000000	104
501200	57	31620000000	105
631000	58	39810000000	106
794300	59	50120000000	107
1000000	60	63100000000	108
1259000	61	79430000000	109
1585000	62	100000000000	110

Таблиця 8

Тривалість інтервалів дії переривного шуму, а також пауз між ними t_i , хв.	0,5	0,8	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30
Поправка ΔL_{Ai} дБА	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0

$$\Delta L_{Ai} = 10 \lg \frac{t_i}{T}, \text{ де}$$

T – тривалість повного циклу характерної дії переривчастого шуму, хв;

t_i – тривалість інтервалів, протягом яких рівні звуку залишаються постійними, або пауз між ними.

Обчисліть скоректовані рівні звуку ($L_{Ai} + \Delta L_{Ai}$), дБА, складаючи вимірювані рівні звуку з отриманими поправками, і занесіть їх у графу 5 форми 2.

Визначте сумарний рівень звуку (дБА), за формулою

$$10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{0,1(L_{Ai} + \Delta L_{Ai})},$$

складаючи за допомогою таблиці 10 отримані скоректовані рівні звуку.

Одержаний сумарний рівень звуку буде еквівалентним рівнем звуку L_{Aeq} , дБА.

Таблиця 8

дБА, дБ													
Різниця 2-х рівнів, що додаються	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка до більш високого рівня	3.0	2.5	2.0	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2	0

У випадку, коли в кожній точці за час оцінки непостійного шуму T проведено кілька його вимірів, еквівалентний рівень звуку в кожній точці за час оцінки шуму T розраховуйте відповідно до формули визначення $L_{Aeq,Tmj}$ (с. 32).

За максимальний рівень звуку L_{Amax} (дБА) при проведенні виміру шуму шумомірами прийміть найбільше значення рівня звуку за період виміру шуму T_m .

Максимальним рівнем звуку L_{Amax} (дБА) при проведенні виміру шуму вважайте рівень звуку L_{A1} (дБА), який перевищує протягом 1% часу вимір шуму T_m .

Результати виміру шуму подайте у формі наведеного вище протоколу.

Вимірюваний рівень звуку (октавний рівень звукового тиску) L_k , дБА (дБ), обчисліть за формулою:

$$L_k = L_{вим} + K_1 + K_2$$

де $L_{вим}$ – вимірюваний рівень звуку L_A (октавний рівень звукового тиску L) чи максимальний рівень звуку L_{Amax} , чи еквівалентний рівень звуку L_{Aeq} , дБА (дБ);

K_1 – поправка впливу перешкод на шум, дБА (дБ);

K_2 – поправка на ступінь звукопоглинання приміщення, дБА (дБ).

Поправку K_1 , дБА (дБ) впливу перешкод при визначенні шуму встановіть за таблицею 9.

Таблиця 9

Визначення поправки K_1 при різних рівнях звуку

Різниця рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску) вимірюваних шумів і перешкод, ΔL	Поправка K_1
3	- 3
від 4 до 5	- 2
від 6 до 9	- 1
Св. 10	0

Примітка: якщо $\Delta L < 3$ дБА (дБ), то вимірювання шуму проводити не варто.

Поправку K_2 на ступінь звукопоглинання приміщення дБА (дБ), використайте при вимірюванні в необладнаних приміщеннях і визначте за формулою:

$$K_2 = 10 \lg \frac{\bar{A}}{A_0},$$

\bar{A} – еквівалентна площа звукопоглинання приміщення, м^2 , необладнаного відповідно до його призначення, яка визначається розрахунковим шляхом або шляхом вимірювань для частоти 500 Гц; A_0 – стандартне значення еквівалентної площі звукопоглинання, яке дорівнює 10 м^2 для приміщень об'ємом до 60 м^3 та 25 м^2 для приміщень об'ємом до 150 м^3 . Для приміщень із більшим об'ємом A_0 визначається розрахунковим шляхом. При неможливості визначення поправки K_2 за формулою, допускається вважати $K_2 = -2$ дБА (дБ).

Оцінка результатів виміру

Порівняйте результати виміру шуму в тій точці приміщення або території, де одержано найбільші значення вимірюваних рівнів звуку (октавних рівнів звукового тиску) L_K із нормативними значеннями, встановленими за ДЕСТ 12.1.036-81. Оцінку результатів виміру шуму проведіть у відповідності з таблицею 10.

Санітарні норми шуму для територій різного господарського призначення наведені в таблиці 11.

При оцінці рівнів шуму зверніть особливу увагу на їх вплив на людину (табл. 12). Доза 150 дБ для людини летальна.

Таблиця 10
Оцінка відхилення найбільших значень рівнів звуку від норми

Клас точності вимірювання	Різниця між допустимим і вимірюваним рівнями звуку $L_{\text{доп}} - L_K$, дБА (дБ)	Оцінка вимірюваної величини L_K
1	0	Відповідає нормі
	< 0	Не відповідає нормі
2	+5	Відповідає нормі
	-5	Не відповідає нормі
	< +5	Результат не може бути оцінений
	> -5	

Таблиця 11

**Санітарні норми шуму для територій
різних типів господарського призначення**

Території	Еквівалентний рівень шуму, дБ		Максимальний рівень шуму, дБ	
	із 7-ї до 23-ї години	із 23-ї до 7-ї години	із 7-ї до 23-ї години	із 23-ї до 7-ї години
Селітебні зони населених місць	55	45	70	60
Зони житлової забудови, що реконструюється	60	50	70	60
Території житлової забудови поблизу аеропортів	65	55	75	55
Зони масового відпочинку і туризму	50	35-40	85	75
Санітарно-курортні зони	40-45	30-35	60	50
Території заповідників і заказників	до 25	До 20	50	45

Таблиця 12

**Шкала впливу шуму джерел на організм людини
в залежності від типу джерел та інтенсивності, дБ**

Недопустимі рівні шуму	150	Летально для людини
	130	Поява больового відчуття, сильний негативний вплив на здоров'я
	120	Гучна музика (рок-ансамблі), рев реактивних літаків, постріли гармат, робота відбійних молотків на близьких відстанях (25 – 30 м)
	110	Значно шкодить слухові й здоров'ю при тривалому впливі
	100	Шум поїздів метро, дробильних машин і потужних пресів на виробництвах, автомобільні сирени, вуличний шум при інтенсивному русі транспорту
Допустимі рівні шуму	90	Товарний поїзд, вантажний автотранспорт (на відстані 30 – 50 м), будильники, пиłosоси, компресори, ревіння трибун на стадіонах
	80	
	70	Автомобільний рух на трасах, друкарські бюро, шум на вокзалах, в універмагах
	60	
	50	Малоінтенсивний вуличний рух, розмова кількох осіб
	40	
	20	Шелестіння листя дерев
	10	Дихання людини

Робота № 4

Вимірювання радіаційного фону

У природі є багато джерел природного іонізуючого випромінювання. Перш за все – це ізотопи багатьох елементів, що входять до складу гірських порід та мінералів. Головними є K^{40} та C^{14} . Несприятливість біологічній дії радіоактивних речовин пов'язана не тільки з їх разовою дією, а із здатністю акумулюватися в організмі. Sr^{90} накопичується у кістках, I^{131} – у щитовидній залозі, Cs^{137} включається в активний метаболізм, витісняючи нітроген.

Космічне випромінювання також є джерелом радіаційного фону. Космічні промені дають трохи менше половини зовнішнього опромінювання, яке отримує населення від природних джерел радіації. Космічні промені можуть досягати поверхні Землі або взаємодіяти з атмосферою, породжуючи вторинне випромінювання та спричиняючи утворенню різноманітних радіонуклідів.

Загальний фон радіоактивного випромінювання на території України складає 0,005-0,06 мР/год.

Радіація – іонізуюче випромінювання, що виникає у процесі самочинного розпаду ядра атома нестабільного нукліда хімічного елемента.

Випромінювання поділяється на *корпускулярне* (розпад супроводжується виділенням частинок: альфа-, бета-, нейтронів, протонів, мезонів тощо) та *фотонне* (електромагнітне), за якого виділяється квант енергії, рентгенівське або γ -випромінювання.

Якісною характеристикою випромінювання є вид та енергія випромінювання, проникна здатність, період піврозпаду, *кількісною* – активність (радіоактивність).

Потужність експозиційної дози γ -випромінювання D описують за формулою:

$$D = K_j \cdot \frac{A}{r^2},$$

A – активність радіонукліда; r – відстань від радіонукліда до детектора; K_j – стала, що визначає тип радіонукліда (для радію-226 вона дорівнює $8,4 \cdot 10^6$ мкР·см²/год·мКи).

Послаблення потоку γ -випромінювання в речовині описують залежністю: $I = I_0 e^{-md}$, де I та I_0 – інтенсивність γ -випромінювання на вході та виході шару поглинаючої речовини завтовшки d ; m – коефіцієнт поглинання.

Оскільки швидкість реєстрації n -імпульсів пропорційна інтенсивності γ -випромінювання, на практиці використовують залежність кількості імпульсів, що реєструється лічильником за одиницю часу, від товщини поглинаючої речовини. Тоді коефіцієнт поглинання обчислюють за формулою:

$$m = \frac{\left(\ln \frac{n_0}{n} \right)}{d}.$$

Еквівалентна доза $H_{\text{екв}}$ – величина поглинутої $D_{\text{погл}}$, помножена на коефіцієнт якості конкретного виду випромінювання Q :

$$H_{\text{екв}} = D_{\text{погл}} \cdot Q.$$

Системною одиницею поглинутої дози є зіверт (Зв), несистемною – бер – поглинута доза будь-якого іонізуючого випромінювання, що має таку саму біологічну активність, як 1 рад рентгенівського чи γ -випромінювання ($1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$).

Матеріали й обладнання: радіометр „Стора-У”, радіометр-дозиметр „СТОРА-TV”, дозиметр-радіометр АНРІ-01-02 „Сосна”, дозиметр-радіометр ІРД-0251 або „Белла”, дозиметр-радіометр „ЕКО”.

Вимірювання радіаційного фону гамма-бета-випромінювань за допомогою радіометра-дозиметра РКС-01 «СТОРА-У»

Радіометр „Стора-У” призначений для індивідуального й колективного користування при вимірюванні інтегрального значення потужності експозиційної дози гамма- та бета- випромінювань. Даний тип радіометра можна застосувати для вимірювання радіаційного фону в місцях проживання і праці населення, а також контролю радіаційної чистоти житлових і виробничих приміщень, будівель і споруд.

Хід роботи

Для вимірювання діапазону потужності експозиційної дози (ПЕД) використовується 5 режимів роботи. Для вибору відповідного режиму

роботи перемикачі ІНТЕРВАЛ та ДІАПАЗОН підберіть згідно таблиці 13. Увімкніть радіометр, перемістивши повзунок перемикача ЖИВЛЕННЯ в положення УВМК. Для вимірювання ПЕД повзунками перемикачів ІНТЕРВАЛ і ДІАПАЗОН установіть інтервал вимірювання та діапазон у відповідності з вибраним режимом роботи. Натисніть кнопку СТАРТ. Проведіть по 5 вимірів в одній і тій же точці. Знайдіть середнє значення цих вимірів.

Таблиця 13

№ режиму роботи	Вимірюваний рівень ПЕД, мР/год	Положення перемикача ІНТЕРВАЛ	Положення перемикача ДІАПАЗОН
1	0,010-0,500	100 с	1
2	0,500-5,000	10 с	1
3	5,000-9,999	1 с	1
4	9,999-99,99	1 с	10
5	>99,99	1 с	100

Вимірювання радіаційного фону гамма-бета-випромінювань за допомогою радіометра-дозиметра РКС-01 „СТОРА-TV”

Вимірювання можна проводити також за допомогою Радіометра-дозиметра „СТОРА-TV”, представленого на рисунку 9.

У вимкненому стані схема радіометра знаходиться у споживчому режимі роботи (одиниці мкА), в якому підтримується лише процес відліку реального часу процесором.



Рис. 9. Радіометр-дозиметр „СТОРА-TV”

При короткочасному натисканні кнопки „РЕЖИМ” процесор переходить в активний стан і видає сигнали управління для ФАН, який починає формувати напругу +400 В для роботи лічильників СБМ-20-1. Одночасно процесор вмикається в пріоритетний режим вимірювання ПЕД фотонного

іонізуючого випромінювання, про що він сигналізує блимачим світлодіодом навпроти відповідних мнемонічних позначень під ЦРІ. Оцінюючи інтенсивність імпульсного потоку з лічильників Гейгера-Мюллера, процесор автоматично задає інтервал та піддіапазон вимірювання. За допомогою СУД процесор з високою точністю нормує тривалість „мертвого часу” при кожному спрацьовуванні лічильників, що дозволяє враховувати його у алгоритмі обробки імпульсного потоку для лінеаризації лічильної характеристики для розширення динамічного діапазону лічильників СБМ-20-1. послідовним короткочасним натисканням кнопки „РЕЖИМ” забезпечується вибір відповідних режимів роботи радіометра. При цьому кожен раз процесор ініціює висвічування ознак відповідності інформації у вигляді позначень під ЦРІ, чи характерних ознак на самому ЦРІ. За допомогою натискання кнопки „ПОРІГ” у відповідному режимі вимірювання процесор переводиться у режим програмування значень порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації.

Вимикання радіометра здійснюється за допомогою натискання та утримування у натиснутому стані кнопки „РЕЖИМ” протягом 4 с.

***Визначення потужності еквівалентної дози
γ-випромінювання за допомогою дозиметра-радіометра
АНРІ-01-02 „Сосна”***

Хід роботи

Увімкніть прилад, для чого перемикач живлення переведіть в положення „Вкл”. На цифровому табло повинні індукуватися 0.000 або 0000. Включення приладу супроводжується коротким звуковим сигналом. При природному фоновому опроміненні прилад повинен подавати 1-6 звукових сигналів у хвилину. Із збільшенням дози γ-випромінювання пропорційно зростає частота звукових сигналів. Для вимірювання потужності експозиційної дози γ-випромінювання зробіть наступне: перевірте, чи закрита задня кришка приладу, при необхідності закрийте її; переведіть перемикач режиму роботи в положення „МД” (крайне ліве положення); включіть прилад перемикачем живлення і натисніть кнопку „пуск/стоп”. При цьому на цифровому табло повинні з’явитися крапки після кожного розряду і розпочатися відлік імпульсів 0.0.0.0.; через 20-25 с вимірювання

закінчиться, що супроводжується звуковим сигналом, а на цифровому табло зафіксується число з однією комою. Даний показник приладу буде відповідати потужності експозиційної дози γ -випромінювання, вимірюваної в мР/год. Для виконання повторного заміру достатньо, не виключаючи прилад, натиснути кнопку „пуск”. Після закінчення вимірювання вимкніть прилад. Для отримання більш точних даних проведіть вимірювання 3-5 разів, вирахуйте середнє арифметичне.

Для вимірювання β -випромінювання зробіть наступне: перевірте, чи закрита задня кришка приладу, при необхідності закрийте її; переведіть перемикач режиму роботи в положення „МД” (крайнє ліве положення); піднесіть прилад поверхнею задньої кришки до досліджуваної поверхні на відстань 0,5-1 см і натисніть кнопку „пуск”; виконайте замір і запишіть показник індикатора; відкрийте задню кришку приладу; виконайте замір при відкритій задній кришці, запишіть показник індикатора; закрийте задню кришку, вимкніть прилад; за формулою $g = Ks(Nr + v + Nr)$ розрахуйте величину щільності потоку β -випромінювання. Одиниці вимірювання – част./см²хв.

Визначення потужності еквівалентної дози γ -випромінювання за допомогою дозиметрів-радіометрів ІРД-0251, „ЕКО”

Встановіть перемикач режиму роботи в положення „мкЗв/год”, увімкніть прилад і дайте прогрітися 1 хв. Встановіть прилад у місці, де хочете визначити потужність еквівалентної дози γ -випромінювання. Через 25-30 с дані цифрового табло будуть відповідати цій величині, вираженій у мікрозівертах за год (мкЗв/год), або мікрорентгенах за годину (мкР/год). Проведіть три-п'ять послідовних вимірів і визначте середнє значення. результати занесіть до таблиці 14.

Таблиця 14

№ досліджу	Дані приладу	Потужність дози		Середнє значення	
		мкЗв/год	мкР/год	мкЗв/год	мкР/год

Зробіть висновок про рівень радіаційного фону, користуючись відомостями, наведеними у таблиці 15.

Таблиця 15

Доза	Ступені опромінення
4,5 Зв (450 бер)	тяжкий ступінь променевої хвороби (помирає 50% опромінених)
1,0 Зв (100 бер)	нижній рівень розвитку легкого ступеня променевої хвороби
0,75 Зв (75 бер)	короточасні незначні зміни крові
0,30 Зв (30 бер)	опромінення під час рентгеноскопії шлунка (місцеве)
0,25 Зв (25 бер)	допустиме аварійне опромінення персоналу АЕС (разове)
0,10 Зв (10 бер)	допустиме аварійне опромінення населення (разове);
0,05 Зв (5 бер)	допустиме опромінення персоналу АЕС за нормальних умов за рік
0,03 Зв (3 бер)	опромінення під час рентгенографії зубів
0,005 Зв (500 мбер) (0,06 мбер/ рік)	допустиме опромінення населення за нормальних умов за рік
0,001 Зв (100 мбер) (0,011 мбер/ рік)	фонове опромінення за рік
0,0001 Зв (1 мкбер)	перегляд передач по телебаченню (тривалість 2 год)



Оцінка вмісту радіонуклідів у ґрунтах та на біооб'єктах урбоєкосистем

Види та одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання

Радіоактивні матеріали небезпечні своїм іонізуючим випромінюванням. Іонізуюче випромінювання буває кількох видів: *альфа-випромінювання* є потоком ядер гелію, *бета-випромінювання* – це потік швидких електронів, *гамма-випромінювання* – короткохвильове випромінювання, близьке до рентгенівських променів. Унаслідок високої енергії радіоактивне випромінювання здатне відривати електрони з їх орбіталей та створювати позитивно і негативно заряджені іони.

Радіоактивне випромінювання виникає при спонтанному розпаді ядер деяких елементів (урану, радію, плутонію та ін.). Основний ефект такого випромінювання полягає в здатності викликати іонізацію атомів інших речовин, тобто відщеплювати від них один чи кілька електронів, розколюючи таким чином електрично нейтральну молекулу на заряджені частинки.

Існує чотири форми цих частинок:

Альфа-частинки складаються з двох протонів і двох нейтронів і являють собою ядро гелію. У повітрі вони переміщуються на кілька міліметрів, у тіло людини не проникають далі шкіри, але, при вдиханні з повітрям, можуть ушкодити тканини легень.

Бета-частинки – це електрони чи позитрони. У повітрі вони розповсюджуються на кілька метрів, у тканинах людини – на кілька міліметрів.

Гамма-промені являють собою електромагнітне випромінювання, яке має здатність до іонізації. Нижня частина енергетичного спектра цих променів називається рентгенівськими променями. Проникна здатність гамма-променів дуже велика.

Нейтрони – нейтральні частинки, здатні викликати іонізацію побічно.

Енергетичною одиницею виміру випромінювання є *кулон* (Кл), що відповідає випромінюванню, яке приводить до утворення в сухому атмосферному повітрі іонів із зарядом у 1 Кл. Для цієї ж

мети іноді використовують *рентген* (Р). При цьому 1 Р дорівнює $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Одиниця виміру *власне поглинутої дози* випромінювання служать *грей* (Гр) чи рад, який дорівнює 10^{-2} Гр. В екології особливо зручний рад. Один *рад* – це доза випромінювання, при якій 1 м живої тканини поглинає 100 ергів енергії.

Одиницею активності нуклідів є *бекерель* (Бк), що відповідає такій активності радіонукліда, при якій за 1 секунду відбувається один розпад.

Біологічна дія випромінювання залежить не тільки від дози, але й від його біологічної ефективності, тому в екології стосовно живих організмів використовують біологічний еквівалент рентгена – *бер*. У системі СІ бер замінений *зівертом* (Зв) так, що 1 Зв дорівнює 1 Дж/кг чи 102 бер.

Порівняльна характеристика одиниць випромінювання радіоактивності наведена в таблиці 16.

У таблицях 17 та 18 подано граничнодопустимі рівні вмісту та питомої активності радіонуклідів у харчових продуктах і воді.

Середня доза іонізуючого випромінювання в сучасних індустриальних країнах у середньому дорівнює 2,4 мЗв/рік. Загальний фон радіоактивного випромінювання на території України складає 70-200 мбер/рік. На поверхні Землі до 50 % загального природного фону радіоактивного випромінювання дає радон-222, що утворюється при розпаді урану-238.

Звичайна *концентрація радону в повітрі* коливається від 1 до 20 Бк/м³, але в міських помешканнях при використанні будівельних матеріалів, що містять радон, вона підвищується до 20-69 Бк/м³. Допустимий рівень радонового опромінення складає 200 Бк/м³.

У таблиці 19 наведені ліміти для різних доз опромінення.

Прилади для визначення вмісту радіонуклідів

Визначення вмісту радіонуклідів проводять спектрометричним методом за допомогою таких приладів, як СЕБ-01, РИ-БГ, СЕГ-05, та радіохімічним методом за допомогою УМФ 1500. Фотографії та характеристики приладів наведені нижче.

Спектрометр енергій бета-випромінювань сцинтиляційний СЕБ-01-150. Прилад, який дозволяє контролювати одночасно Sr^{90} ,

Одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання та дози опромінення

Одиниці	Опис	Еквівалент
Бер (біологічний еквівалент рентгена)	Одиниця вимірювання, що еквівалентна поглиненій дозі радіації, враховує відносну біологічну ефективність різних видів іонізуючого випромінювання або різні шляхи передачі цієї енергії тканинам людського організму. Доза в берах еквівалентна помноженій на коефіцієнт якості (Q). Для бета- і гамма-випромінювання коефіцієнт якості такий, що дорівнює одиниці, тобто дорівнює раду. Для альфа-випромінювання коефіцієнт якості береться таким, що дорівнює 20, тобто бери у 20 разів більші радів. Бер – це, по суті, міра завданого біологічного ушкодження. Для нейтронів Q звичайно береться таким, що дорівнює 10.	Бер = рад × Q
Зверт (Зв)	Одиниця вимірювання еквівалентна поглиненій дозі, що дорівнює 100 бер	1 Зв = 100 бер
Рад (поглинена доза радіації – від англ. radiation absorbed dose)	Одиниця вимірювання поглиненої дози радіації. Рад – це міра кількості енергії, поглинутої тканиною.	Зв = Гр. × Q 1 рад = 100 ерг/г
Грей (Гр)	Одиниця поглиненої дози радіації, яка дорівнює 100 рад. Грей – це міра енергії, поглинутої тканиною.	1 Гр = 100 рад
Кюрі (Ки)	Традиційна одиниця вимірювання радіоактивності, що дорівнює радіоактивності одного грама чистого радію-226	1 Кюрі = 37 млрд. розпадів за с. = 37 млрд. Бк
Бекерель (Бк)	Стандартна міжнародна одиниця радіоактивності, яка дорівнює одному розпаду за секунду.	1 Бк = 27 пікокурі
Розпади за секунду (dps)	Кількість субатомних частинок (наприклад, альфа-частинка) чи фотонів (гамма-промені), вивільнених з ядра атома за одну секунду. Одна одиниця dps = 60 dpm (розпадів за хвилину)	1 dps = 1 Бк

Таблиця 17

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування та питній воді (ДР-97), Бк/кг, Бк/л

Назва продукту	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Хліб, хлібопродукти	20	5
Картопля	60	20
Овочі (листові, коренеплоди, столова зелень)	40	20
Фрукти	70	10
М'ясо і м'ясні продукти	200	20
Риба і рибні продукти	150	35
Молоко і молочні продукти	100	20
Яйця (шт.)	6	2
Вода	2	2
Молоко згущене і концентроване	300	60
Молоко сухе	500	100
Свіжі дикорослі ягоди і гриби	500	50
Сушені дикорослі ягоди і гриби	2500	250
Лікарські рослини	600	200
Інші продукти	600	200
Спеціальні продукти для дитячого харчування	40	5

Таблиця 18

Граничнодопустимі рівні питомої активності радіонуклідів у харчових продуктах

Назва продукту	Питома активність	
	Цезію	Стронцію
Питна вода	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-10}$
Молоко, молочні продукти	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$
М'ясо, риба, птиця, яйця	$2 \cdot 10^{-8}$	-
Картопля та овочі	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Хліб, хлібопродукти, борошно, цукор	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Свіжі лісові ягоди, гриби	$4 \cdot 10^{-8}$	-
Продукти для дитячого харчування	$5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$
Лікарські рослини	$2 \cdot 10^{-7}$	-

Ліміти доз опромінення, мЗв/рік

Назва дози опромінення	Умовне позначення ліміту дози	Категорія осіб, які знають опромінення		
		А	Б	В
Ефективна доза	ЛДе	20**	2	1
Ефективна доза зовнішнього опромінення:				
для кришталика ока	ЛД _{lens}	150	15	15
для шкіри	ЛД _{skin}	500	50	50
для кісток і стіп	ЛД _{extrim}	500	50	-

Cs^{137} , K^{40} у досліджуваному зразкові без використання методів радіохімічного або фізичного концентрування.

Спектрометр енергії бета-випромінювання СЕБ-01-150 призначений для вимірювання активності бета-випромінюючих радіонуклідів у пробах об'єктів навколишнього середовища, продуктах харчування, воді, радіоактивних розчинах, у повітряних фільтрах, у зразкових джерелах бета-випромінювання.

Використання методів концентрування радіонуклідів істотно підвищує чутливість методу. Можливе роздільне визначення Sr^{90} та Y^{90} , що дозволяє проводити вимірювання рахункових зразків одразу після радіохімічного виділення Sr^{90} , не чекаючи стану рівноваги (2 тижні). Спектрометр призначений для використання в радіологічних

відділах ветлабораторій та СЕС, на АЕС, у медичних закладах, у геології та інших галузях.

Спектрометр енергії бета-випромінювання СЕБ-01-70 (рис. 11) призначений для визначення активності (питомої активності) Sr^{90} + Y^{90} (у рівновазі), Cs^{137} , K^{40} у зразках об'єктів навколишнього середовища. При



Рис. 10. Спектрометр енергії бета випромінювань сцинтиляційний СЕБ-01-150

роботі з СЕБ-01 використовується "Методика визначення активності бета-випромінюючих радіонуклідів в лічильних зразках продуктів харчування та інших пробач навколишнього середовища за допомогою сцинтиляційних бета-спектрометрів".

Р а д і о м е т р
„УМФ- 2000” призначений для вимірювання активності

альфа-випромінюючих ізотопів спектрометричним методом за допомогою альфа-бета-радіометра “УМФ-2000” і має широкі функціональні можливості. Методика використовується для лабораторних аналізів при проведенні вимірювань проб навколишнього середовища. Вона базується на використанні спектрометричних властивостей “УМФ –2000” і полягає у вимірюванні енергетичних спектрів альфа-випромінювання рахункового зразка після радіохімічного селективного виділення радіонуклідів за відповідними методиками з подальшою обробкою на комп’ютері за допомогою програмного забезпечення. В основі методу розрахунку активності альфа-випромінюючих радіонуклідів з використанням спектрограми альфа-випромінювання рахункового зразка лежить модельний метод. Ця методика застосовується для високотоксичних альфа-випромінюючих радіонуклідів природного і техногенного походження в об’єктах навколишнього середовища. Діапазон активностей, вимірюваних за допомогою цієї методики, складає від 10^{-3} Бк до 103 Бк на рахунковий зразок або від 10^{-3} до 104 Бк/л для проб води від 10^{-2} до $2 \cdot 10^{-1}$ до 105 Бк/кг для проб ґрунту і об’єктів навколишнього середовища з похибкою не більше 30%.

Модернізована установка малого фону УМФ-1500

Модернізація дозволяє: зменшити фон установки в 3-4 рази; підвищити її чутливість; вимірювати проби альфа-випромінюючих нуклідів; зменшити поріг по енергії реєстрованих бета-частинок до



Рис. 11. Спектрометр енергій бета випромінювань сцинтиляційний СЕБ-01-70



Рис. 12. Гамма-спектрометр малогабаритний СЕГ-001М АКП-С

20 кеВ; працювати при напрузі живильної мережі від 150 до 250 В.

Радіометр вибіркового бета-гамма РИ-БГ призначений для визначення активності бета- і гамма-активних радіонуклідів Ra-226, Cs-137, K-40, Th-232, Sr-90 при одночасному або окремому надходженні у пробах. Для роботи проби

концентрують методом спалювання до отримання золи.

Гамма-спектрометр польовий малогабаритний СЕГ-05 призначений для гамма-спектрометричного аналізу об'єктів довкілля (грунту, води, харчових продуктів, сільгосппродуктів і т.д.) на вміст гамма-активних радіонуклідів

Хід роботи

Звільніть проби рослинного походження від ґрунту. При значному забрудненні ґрунтом корені ретельно промийте.

При підготовці проб тваринного походження відокремте м'які біологічні тканини від кісток.

Усі тверді проби подрібніть і ретельно перемішайте!

Від цільного молока відділіть шляхом створожування сироватку, оскільки основна частина стронцію міститься саме в ній.

Візьміть таку кількість проби, щоб одержати приблизно 10-30 г золи. В залежності від матеріалу це 0,5-2 кг.

Підготовлені вищезазначеним способом біопроби зважте і запишіть значення їх сирової маси. Потім помістіть проби в сушильну шафу та висушіть при температурі 100-200 °С до постійної маси. Зареєстроване значення відповідатиме сухій масі проби.

Суху пробу спаліть до повного обвуглення, після чого озоліть у муфельній печі при 450 °С.

Для проведення виміру підготовлену пробу перенесіть у вимірювальну кювету, розрівняйте та ущільніть за допомогою преса, а потім зважте з точністю до 0,1 г (маса проби). Накрите пробу в кюветі тонкою прозорою плівкою та помістіть у дистансерний пристрій.

Порівняйте одержані результати із санітарними нормами, викладеними в документах „Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 в продуктах харчування та питній воді” (ДР-97), „Норми радіаційної безпеки в Україні” (НРБУ-97), які наведені в таблицях 16-19.

Для дослідження *щільності забруднення ґрунтів* радіонуклідами застосуйте такий алгоритм:

- 1) на досліджуваному полі виділіть ділянки розміром 100 x 100 м, з яких відберіть у 5 точках зразки методом “конверту” на глибині орного шару (0-20 см). Проби об’єднайте в один змішаний зразок;
- 2) проведіть виміри потужності експозиційної дози (ПЕД) за допомогою одного з радіометрів;
- 3) розрахунок щільності забруднення ґрунтів радіонуклідами проведіть за формулою:

$$P = \frac{A \cdot H \cdot d \cdot 10^6}{3,7 \cdot 10^{10}},$$

де P – щільність забруднення ґрунтів радіонуклідами, Кі/кв. км;

A – активність радіонукліду, Бк/кг;

d – об’ємна маса ґрунту, кг/м³;

H – глибина відбору зразка, м;

$3,7 \cdot 10^{10}$ – коефіцієнт переводу Бекерель у Кюрі;

10^6 – коефіцієнт переводу м² у км².

Робота № 6

Визначення вмісту радіонуклідів за допомогою гамма-радіометра РУГ-91 “АДАНІ”

Хід роботи

Підключіть радіометр (рис. 13) до електромережі, натисніть кнопку “Живлення” на передній панелі приладу. Звуковий сигнал і індикація “О” означає, що прилад готовий до роботи.

Вимірювання фону

Після включення приладу перед початком вимірювань необхідно виміряти фон. Величина фону залежить від погодних умов, розміщення приладу, вентиляції приміщення. Тому необхідно проводити визначення фону перед кожною серією вимірювань, особливо при зміні умов вимірювання (наприклад розміщення приладу).

Фон вимірюється по двох каналах одночасно (по калію-40 і цезію-137) його значення заносяться в пам'ять мікропроцесорів і потім автоматично віднімаються з результатів вимірювання.

Для врахування ефекту екранування випромінювання самою пробой (особливо при вимірюваннях на межі чутливості гамма-радіометру) фон вимірюйте з кюветою, заповненою чистою дистильованою



Рис 13. Гамма-радіометр РУГ-91 "АДАНІ"

водою. Якщо досліджуваний зразок має густину значно більшу одиниці (сухі легкі зразки типу сухих трав), вимірювання фону проводьте з порожньою кюветою.

Кювету наповніть водою (0,5 л). Встановіть кювету всередину свинцевого екрану. Закрийте кришку. Натисніть кнопку "ФОН", натисніть кнопку часу вимірювання (2 хв. або 20 хв.).

Виконання команди супроводжується при натисканні будь-якої кнопки підтверджується звуковим сигналом, при цьому над кнопкою загоряється світлодіод. Для більш точного вимірювання фону рекомендується використовувати 20-хвилинний режим вимірювання.

В процесі вимірювання прилад на натискання кнопок не реагує (виключення становлять лише кнопки "ЖИВЛЕННЯ" і "СКИДАННЯ").

При вимірювання фону свинцева кришка повинна бути закрита, оскільки це впливає на точність вимірювання. Яке із значень (по

калію чи по цезію) індукується на табло, визначте за світловою індикацією на кнопках "ЦЕЗІЙ-137" або "КАЛІЙ-40". Якщо після включення приладу у мережу світлодіод з кнопкою "СКИДАННЯ" не загорасться, а табло висвітлені нулі – проведіть вимірювання фону.

Рекомендується проводити вимірювання фону раз у 2-3 дні при умові, що не змінилася обстановка, не використовувались сильно забруднені зразки, а кювети добре промивалися після вимірювань.

Час від часу протирайте захисну вставку. У випадку забруднення вийміть її, промийте і встановіть на місце. Забруднення вставки може призвести до збільшення на 10% фонових значень порівняно з попередніми.

Об'єм проби повинен складати 0,5 л. При вимірюванні рідин намагайтеся уникати випадання осаду. При вимірювання твердих зразків бажано їх попередньо подрібнити, щоб по можливості заповнити необхідний об'єм.

Час вимірювання активності проби – 2 хв. або 20 хв. (20-ти хвилинний режим використовують для вимірювання малих активностей – 0,018...0,2 кБк/л). Встановіть кювету з досліджуваною пробою всередину свинцевого екрану. Закрийте кришку. Натисніть кнопку "ПРОБА" і одну із кнопок часу. Вимірювання проби йде одночасно по двох каналах: К-40 та Cs-137. Під час вимірювання на табло індукується зворотній відлік часу (у секундах). Закінчення вимірювання підтверджується звуковим сигналом та індикацією на табло результатів вимірювань. Активність радіонуклідів, що містяться у досліджуваній пробі визначається в одиницях об'ємної активності – кБк/л. (1 Бк – кількість розпадів в одиниці об'єму зразка в секунду).

При перевищенні рівня питомої активності досліджуваної проби, критичної величини 50 кБк на табло виводяться орієнтовні значення досліджуваної активності або сигнал перевантаження "9999". При появі індикації "9999" проведіть повторне визначення протягом 2 хв. Якщо на табло знову виведеться сигнал перевантаження, то активність проби значно перевищує 50 кБк/л.

Оцінка отриманого результату

Покази на табло будуть відповідати дійсності, якщо: об'єм проби – 0,5 л, питома вага досліджуваного зразка близька до одиниці. У

цьому випадку питома активність зразка в кБк/л відповідає питомій активності кБк/кг. Якщо кількості зразка недостатньо для вимірювань, результат необхідно помножити на поправковий коефіцієнт для даного об'єму (табл. 20)

Таблиця 20

Коефіцієнти перерахунку результату вимірювань

Об'єм проби	Поправковий коефіцієнт
200 мл	2,9
300 мл	1,6
400 мл	1,2
500 мл	1,0

Якщо питома вага зразка значно відрізняється від одиниці, у цьому випадку досліджуваний зразок необхідно зважити і перерахувати результат, індукований на табло (розділити результат на питому вагу зразка).

Наприклад: об'єм, займаний зразком – 500 мл, вага зразка – 400 г, питома вага зразка – 400 г / 500 мл = 0,8 кг/л, питома активність – 3,2 кБк/л.

$$\text{питома активність (кБк/кг)} = \frac{\text{об'ємна активність (кБк/л)}}{\text{питома активність}} = \frac{3,2 \text{ кБк/л}}{0,8 \text{ кг/л}} = 4 \text{ кБк/кг}.$$

Робота № 7

Визначення напруженості електростатичного поля

Виміряти величину напруженості електростатичного поля можна за допомогою приладу СТ-01, зображеного на рисунку 14. У цьому приладі передбачено два режими роботи:

- вимірювання проєкції вектора напруженості електростатичного поля на площину обертання лопаті модулятора;
- вимірювання модуля напруженості електростатичного поля, що включає вимірювання трьох ортогональних компонент вектора напруженості електростатичного поля, з подальшим відніманням його модуля.

Результати вимірювань напруженості електростатичних полів видаються на моніторі в одиницях кВ/м (кіловольт на метр).



Рис. 14. Прилад для вимірювання напруженості електростатичного поля СТ-01

Хід роботи

Режим 1 – режим безперервного вимірювання значення проекції вектора напруженості електростатичного поля на площину обертання лопаті модулятора доцільно використовувати для пошуку можливих джерел випромінювання. Натисніть кнопку 1, на табло з'явиться надпис:

Mode 1 00:00:00
 $E(m) = 0.000 \text{ кВ/м}$
 $E(t) = 0.000 \text{ кВ/м}$
 1 - Monitoring

Починаються вимірювання проекції вектора напруженості електростатичного поля на площину обертання лопаті модулятора. Повторно натисніть кнопку 1 вимірювання припиняться і на моніторі з'явиться надпис:

Mode 1 00:00:50
 $E(m) = 0.574 \text{ кВ/м}$
 $E(t) = 0.500 \text{ кВ/м}$
 1 - Monitoring

$E(m)$ – найбільше значення серед зареєстрованих;
 $E(t)$ – останнє поточне значення.

Режим 2 – включає вимірювання трьох ортогональних компонент вектора напруженості електростатичного поля.

Натисніть кнопку 2, на моніторі відобразиться процес вимірювання даних:

Mode 2 00:00:00
 $E(xy) = 0.000 \text{ кВ/м}$
 1 - | E |

Проведіть три вимірювання, помістивши площину обертання лопаті модулятора послідовно в трьох взаємно перпендикулярних

(ортогональних) площинах. Дані вимірювань запишіть послідовно після натискання кнопки 2. остаточний результат визначає за формулою:

$$E = \left(\frac{E_{xz}^2}{2} + \frac{E_{yz}^2}{2} + \frac{E_{xy}^2}{2} \right)^{1/2}$$

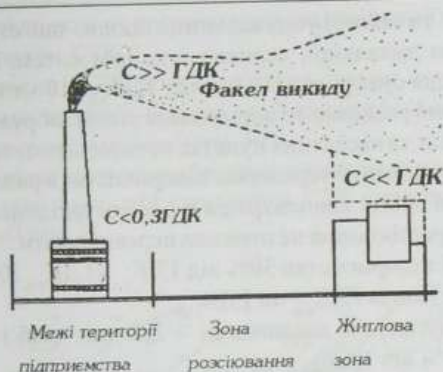
E_{xz} , E_{yz} , E_{xy} – проекції вектора напруженості електростатичного поля відповідно на площини xz , yz , xy . По закінченні останнього вимірювання автоматично буде вираховано значення E і результати виведуться на монітор:

$[] = 5.550 \text{ кВ/м}$ $\bullet (xy) = 5.200 \text{ кВ/м}$ $\bullet (xz) = 0.700 \text{ кВ/м}$ $E (yz) = 1.700 \text{ кВ/м}$

Значення модуля напруженості електростатичного поля знаходиться у верхній точці екрану.

2.2. Аналіз хімічних чинників

Оскільки нереально мати єдину ГДК для різних забруднюючих речовин, розроблені спеціальні принципи *роздільного нормування* забруднюючих речовин у повітрі. Для кожної шкідливої речовини встановлюється декілька (як мінімум дві) граничнодопустимих концентрацій у повітряному середовищі. Наприклад, одне значення ГДК встановлюється у повітрі робочої зони ($ГДК_{p.z.}$), під якою розуміють простір у двох метрах від підлоги, де знаходяться місця постійного та тимчасового перебування працюючих, друге – в атмосферному повітрі населеного пункту ($ГДК_{a.p.}$). $ГДК_{p.z.}$ – концентрація, яка при щоденній, крім вихідних днів роботи, протягом 8 годин або при іншій тривалості робочого дня, але не більше 41 год на тиждень упродовж всього робочого стажу, не може викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які виявляються сучасними методами дослідження, в процесі роботи або у віддалені терміни життя нинішнього та майбутнього поколінь. Як показано на рисунку 15, при нормуванні забруднюючих речовин враховується експозиція або час перебування людей у зоні забруднення, що пов'язано з можливістю хронічних та гострих отруєнь. Вміст домішок на території підприємства вважається таким, що дорівнює 0,3 від



*Рис. 15. Нормування домішок у повітрі
в зв'язку з їх переносом та розсіюванням
за Г. В. Стадницьким та А. І. Радіоновим (1996)*

ГДК_{р.з.} На території підприємства зниження норми вмісту домішок утричі порівняно з ГДК_{р.з.} викликається тим, що повітря території підприємства використовується для вентиляції виробничих приміщень, де концентрація домішок періодично може перевищувати ГДК_{р.з.}. Отже, повітря, яке використовується для провітрювання робочих приміщень, повинно бути значно менше забрудненим. ГДК_{а.п.} – максимальна концентрація домішок, віднесена до певного часу усереднення, яка при періодичному впливі або протягом всього життя людини не здійснює на неї шкідливого впливу, в тому числі не має віддалених наслідків і не впливає на навколишнє середовище в цілому. Таким чином, різниця у визначеннях суттєва, ГДК_{р.з.} нешкідлива тільки для обмеженого перебування людини в забрудненій зоні, наприклад 8 год., і лише протягом робочого стажу, а ГДК_{а.п.} не повинна лімітувати стан організму впродовж всього життя людини при необмеженому в часі вдиханні забруднюючої речовини. Отже, необхідність роздільного нормування забруднюючих речовин у повітрі визначається законом толерантності. На підприємстві протягом робочого дня забрудненим повітрям дихають практично здорові люди, які пройшли медичний огляд, а в населених пунктах цілодобово знаходяться не тільки дорослі, але й люди похилого віку,

діти, вагітні та матері-годувальниці, люди, що страждають на захворювання дихальної, серцево-судинної систем. Тому $\text{ГДК}_{\text{р.з.}} > \text{ГДК}_{\text{а.п.}}$. Так, для сульфур (IV) оксиду $\text{ГДК}_{\text{р.з.}} = 10 \text{ мг/м}^3$, $\text{ГДК}_{\text{а.п.}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$. На основі роздільного нормування рівнів забруднення повітря в робочих зонах та населених пунктах встановлюються різні вимоги до рівня забруднення на територіях підприємств і в районах житлової забудови. При цьому концентрація в повітрі шкідливих речовин із врахуванням розсіювання не повинна перевищувати:

- на території підприємства 30% від $\text{ГДК}_{\text{р.з.}}$ ($\text{ГДК}_{\text{п.п.}} \cdot 0,3 \cdot \text{ГДК}_{\text{р.з.}}$)
- населених пунктів $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$ та $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$;
- населених пунктів із населенням > 200 тис. осіб і в курортних зонах – 80% від $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$.

Разова концентрація домішок у атмосфері – це концентрація домішок у атмосфері, яка визначається за пробою, відібраною за 20-30-хвилинний інтервал часу.

Максимальна разова ГДК – вид ГДК, спрямований на попередження рефлекторних реакцій (відчуття запаху, нежить тощо), пов'язаних із піковими, короткочасними підйомами концентрацій шкідливої речовини. Концентрація, яка при вдиханні протягом 20-30 хвилин не повинна викликати рефлекторних реакцій в організмі людини.

Середньодобова ГДК – концентрація забруднюючої речовини в повітрі, яка не повинна виявляти на людину прямої або опосередкованої шкідливої дії при необмежено довгому (роки) вдиханні. Це середня концентрація (забруднюючої речовини) з-поміж разових, які виявлені протягом доби. Цей вид ГДК призначений для попередження хронічного впливу атмосферних забруднювачів, які спричиняють загальнотоксичний або специфічний ефект.

Слід врахувати, що для $T_{2/3}$ всіх нормованих речовин ГДК в атмосферному повітрі встановлені на основі їх рефлекторної дії (порогу запаху або рефлекторної дії).

Існує правило: якщо подразнююча (рефлекторна) дія токсиканта починається при більш низькій концентрації, ніж токсична, то максимальна разова ГДК ($\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$) дорівнює середньодобовій ГДК ($\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$), або $\text{ГДК}_{\text{м.р.}} = \text{ГДК}_{\text{с.д.}}$. Якщо токсична дія починається при більш низькій концентрації, то $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$ перевищує $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$ у 2-10 разів. Ось чому, для особливо небезпечних речовин, а також для речовин

поріг токсичної дії яких на організм поки що невідомий існують лише максимальні разові ГДК.

При визначенні ГДК враховують не тільки ступінь впливу забруднювачів на здоров'я людини, але й вплив даних забруднювачів на природні системи в цілому (рис. 16).

При оцінці рівня хімічного забруднення повітря міської екосистеми різними поллютантами слід керуватися ГДК шкідливих речовин, поданими в таблиці 21.

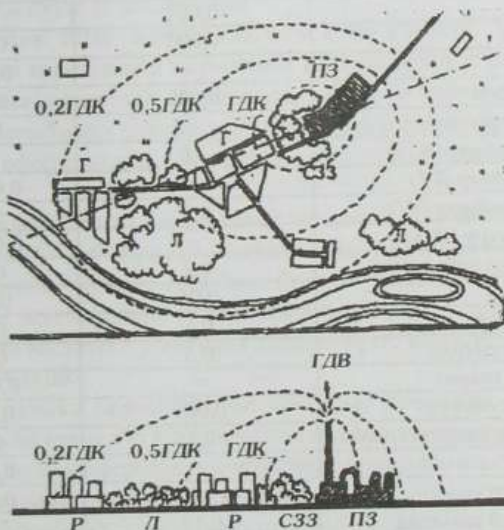


Рис. 16. Схема зон забруднення атмосферного повітря в районі потужного промислового джерела: ПЗ – промислова зона; М – райони міста; Л – лісопаркові насадження; СЗЗ – санітарно-захисна зона (за Т.А. Акімовою, В.В.Хаскіним, 1994)

Таблиця 21

**Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин
в атмосфері населених пунктів**

Речовина	ГДК, мг/м ³	
	максимальна разова	середньодобова
Амоніак	0,02	0,004
Пропанон-2	0,35	0,35
Гексахлоран	0,03	0,003
Метафос	0,001	-
Нафталін	0,003	0,003
Нікол	-	0,0002
Нітробензен	0,008	0,005
Оксид нітрогену	-	0,04
Оксид карбону (II)	3,0	1,0
Оксид селену (IV)	-	0,00005
Оксид сульфур (IV)	0,5	0,05
Оксид телуру (IV)	-	0,00001
Оцтова кислота (пари)	0,2	0,06
Пеніцилін	0,05	0,002
Пил бавовни	0,5	0,04
Пил нетоксичний	0,5	0,15
Меркурій (пари)	=	0,0003
Гідроген сульфур	0,005	0,005
Сульфатна кислота (пари)	0,3	0,1
Фенол	-	0,003
Формальдегід	-	0,003
Фосфорний ангідрид	0,15	0,05
Гідрогену флуорид	0,02	0,005
Хлор	0,1	0,03
Хлорид феруму	-	0,004
Хлороформ	-	0,03
Хром (VI)	0,0015	0,0015



Контроль викидів забруднюючих речовин промисловими джерелами

Проект нормативів граничнодопустимих викидів (ГДВ) є основним документом, у складі якого затверджуються нормативи ГДВ і заходи щодо їх досягнення.

Нормативи ГДВ встановлюються на 5 років. У випадку необхідності корегування нормативів ГДВ по одній із речовин або встановлення нормативів на речовини, які їх не мають, нормативи граничнодопустимих викидів розробляються згідно із встановленим порядком і оформляються у вигляді додатка до раніше затвердженого проекту.

Якщо підприємство розташоване на двох і більше виробничих майданчиках, то проект нормативів ГДВ розробляється підприємством по кожному виробничому майданчику окремо. Розрахунок концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, які містяться у викидах підприємств, виконується окремо для кожного із них.

Забруднююча (атмосферне повітря) речовина – будь-яка речовина хімічного або біологічного походження, що присутня або надходить до атмосферного повітря і може прямо або опосередковано впливати на навколишнє природне середовище і здоров'я людини.

Викид (емісія) – надходження забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду.

Потужність викиду забруднюючої речовини – кількість забруднюючої речовини, що надходить в атмосферне повітря за одиницю часу.

Джерело викиду забруднюючої речовини – об'єкт, підприємство, цех, агрегат, устаткування та інше, з якого надходить і розповсюджується в атмосферному повітрі забруднююча речовина.

Стаціонарне джерело викиду забруднюючої речовини – джерело викиду, що зберігає свої просторові координати протягом певного часу і здійснює викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Пересувне джерело викиду забруднюючої речовини – джерело викиду, що змінює протягом певного часу свої просторові координати.

Виробничий контроль (в галузі охорони атмосферного повітря) – контроль за виконанням вимог законодавства про охорону атмосферного повітря, що здійснюється підприємствами, установами, організаціями в процесі їх господарської діяльності.

Організований викид – промисловий викид, який надходить в атмосферне повітря через спеціально споруджені газоходи, труби, повітропроводи.

Неорганізований викид – промисловий викид, який надходить у вигляді ненаправлених потоків газопилової суміші в результаті порушення герметичності обладнання, відсутності або незадовільної роботи обладнання по віднесенню газопилової суміші в місцях первантаження, вивантаження або зберігання продукту.

Тимчасово погоджений викид – гранична кількість забруднюючих речовин, встановлена для підприємства на відповідний строк до досягнення ГДВ з урахуванням впровадження повітроохоронних заходів і на рівні викидів підприємств, аналогічних щодо потужності й технологічних процесів.

Залповий викид (менше 20 хв.) – викид забруднюючих речовин, пов'язаний із певними технологічними операціями (завантаженням, вивантаженням, скиданням надлишкового тиску тощо).

Санітарно-захисна зона – спеціально організована територія, яка встановлюється від джерела шкідливості (в тому числі від джерела забруднення атмосфери) до межі житлої забудови, ділянок оздоровчих установ, місць відпочинку, садівницьких товариств та інших привієняних до них об'єктів.

Граничнодопустима концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі (ГДК) – віднесена до визначеного часу максимальна концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі, яка при періодичному або постійному впливові на людину та навколишнє середовище не справляє на них шкідливої дії протягом всього життя людини, включаючи віддалені наслідки.

Контроль стану атмосферного повітря складається із вивчення джерел забруднення. Основним екологічним нормативом як для підприємства в цілому, так і для кожного джерела викиду забруднюючих речовин в атмосферу окремо, є *гранично*

допустимий викид (ГДВ) або **тимчасово погоджений викид (ТПВ)**. Він установлюється для дотримання ГДК забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери. В основу системи контролю промислових викидів покладено визначення величини викидів і зіставлення їх із величиною ГДВ (ТПВ).

Цей метод рекомендується для визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків, які надходять від джерел забруднення в повітропроводах зі швидкістю не менше 4 м/с.

Хід роботи

Пневмонічна конструкція НПОГАЗ (рис. 17) складається із двох трубок діаметром 8 мм. Вхідний носик трубки 1, розміщений навпроти повітряного потоку, сприймає повний напір, тобто суму динамічного і статичного тисків. Проріз трубки 2 сприймає тільки статистичний напір. Обидва кінці пневмометричної трубки з'єднують із мікроманометром; мікроманометр типу ММН-2400(5)-1,0; термометр скляний технічний; барометр; штангельциркуль; рулетка металева; трубки резинові; лінійка; сталевий пруттик.

Виміри проводьте при встановленому рухові потоку газу. Вимірювальний перетин вибирайте на прямій ділянці повітропроводів на достатній відстані від місця, де змінюється напрям потоку газу (коліно, засувки і т.д.) або площа поперечного перетину газоходу (засувки, дроселюючий прилад).

Відрізок прямої ділянки повітропроводу до вимірювального перетину має бути довшим від відрізка за вимірювальним перетином. Мінімальна довжина прямої ділянки повітропроводу повинна складати не менше 4-5 його діаметрів. Якщо умова мінімальної довжини не може бути забезпечена, то необхідно вдвічі збільшити кількість точок виміру. Зберіть вимірювальну схему (рис. 18), при цьому трубку

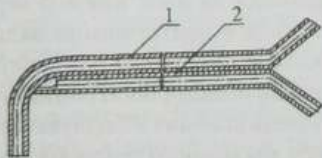


Рис. 17. Пневмометрична конструкція НПОГАЗ
(за А.І. Федоровою, А.А. Нікольською, 2001)
1 – вхідний носик трубки; 2 – проріз трубки

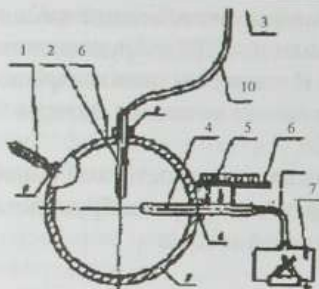


Рис. 18. Схема установки приладів у газоході: 1 – термометр; 2, 4 – контрольні і робоча напірні трубки; 3, 7 – мікроманометри для визначення динамічного тиску в контрольній та робочій точках; 5 – лінійка; 6 – сталевий прут; 8 – повітропровід; 10 – гумові трубки

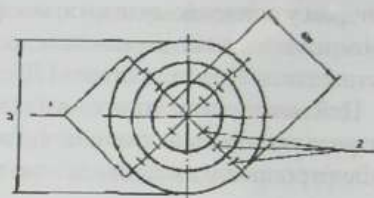


Рис. 19. Схема розміщення точок вимірювання для $K=12$: 1 – лінія вимірювання; 2 – точки вимірювання; lim – відстань від внутрішньої стінки повітропроводу до точки заміру; D – діаметр повітропроводу, мм (за А.І. Федоровою, А.А. Нікольською, 2001)

повного тиску з'єднайте зі штуцером мікроманометра зі знаком "+", а трубку статичного тиску – зі штуцером зі знаком "-".

Визначте кількість точок вимірювання K . Для цього площу вимірювального перетину умовно поділіть на складові рівновеликих площ, у центрах яких знаходяться точки виміру.

Площу поперечного перетину повітропроводу круглого перетину умовно поділіть на рівновеликі кільця і чотири рівновеликі сектори (рис. 19).

Точки виміру знаходяться на двох взаємно перпендикулярних прямих, які перетинаються в центрі вимірювального перетину. Кількість кілець залежить від характеру розподілу швидкості газу по перетину. При зменшенні рівномірності розподілу швидкості газу по перетину кількість кілець повинна збільшуватись.

Відстань точок заміру для кожного кільця від внутрішньої стінки повітропроводу визначте за формулами:

$$I_{1m} = R(1 - (2m-1))/K, \quad I_{2m} = R(1 + (2m-1))/K,$$

де I_{1m}, I_{2m} – відстань від внутрішньої стінки повітропроводу відповідно до ближньої і дальньої точки заміру в кільці m ; M – порядковий номер кільця, відраховуючи від центра повітропроводу; K – кількість кілець; R – радіус повітропроводу.

Таблиця 22

Залежність кількості кілець від діаметра труби

Діаметр труби, мм	<200	200-400	400-600	600-800	800-1000	>1000
Кількість кілець, шт.	3	4	5	6	7	8

Хід роботи

Визначте площу вимірювального перетину. Для цього виміряйте довжину зовнішнього кола повітропроводу і товщину його стінки. Знайдіть радіус повітропроводу.

На рейку нанесіть розмір внутрішнього діаметра D повітропроводу, відмічаючи його центр і радіуси R по обидва боки від нього.

$$R_1 = \frac{D}{2} - \lim.$$

Перевірте пневмометричну трубку на герметичність.

Пневмометричну трубку вставте в штуцер повітропроводу, вказівник на трубі сполучіть із точкою на рейці, відповідно до найближчої точки виміру.

При виконанні виміру одну пневмометричну трубку встановіть у контрольній точці на відстані 30-100 мм від осі повітропроводу. Робочу напірну трубку перемістіть по лінії виміру послідовно, встановлюючи в точках виміру. При цьому входні отвори трубок повинні бути спрямовані проти газового потоку. Виміри тиску обома трубками проведіть одночасно. В кожній точці необхідно виконати не менше трьох вимірів динамічного тиску; за результатами вимірювань визначте середній динамічний тиск для даної точки. Одночасно виміряйте температуру газу і розрядження (тиск) у газоході, а також атмосферний тиск повітря.

Запишіть результати замірів. За результатами виміру обчисліть середню швидкість повітря.

Розрахунок

Тиск, виміряний приладом, визначте у паскалях (Па) за формулою:

$$P = g \cdot l \cdot k,$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; l – показник приладу, мм; k – коефіцієнт приладу.

$$k = \sin \alpha \cdot \rho_p,$$

де α – кут нахилу трубки мікроманометра; ρ_p – густина залитої в прилад рідини, кг/м^3 .

При оцінці швидкості повітря пневмометричними трубками виміряйте динамічний тиск і обчисліть швидкість у м/с за формулою:

$$P_g = \frac{V^2}{2} \cdot \rho$$

$$V = \sqrt{\frac{2P_g}{\rho}}$$

Густина повітря ρ , кг/м^3 при тиску P , Па і температурі 0°C повітря у повітропроводі визначте за формулою:

$$\rho = \frac{0,0027 \rho_0 (P_a \pm P)}{273 + t},$$

де P_a – атмосферний тиск, Па;

ρ_0 – густина повітря і газів за нормальних умов, тобто при температурі 0°C і при атмосферному тиску $101,325 \text{ кПа}$, знайдіть за таблицею.

Об'єм використаного повітря визначте за формулою:

$$Q_p = V_c \cdot S, \text{ м}^3,$$

де V_c – усереднена по перерізу швидкість потоку повітря в повітропроводі, м/с ;

S – площа поперечного перерізу повітропроводу, м^2 ;

Цю об'ємну витрату повітря, віднесену до робочих умов, переведіть до нормальних умов Q_n .

$$Q_n = \frac{(P_a \pm P) \cdot 273}{101,325 \cdot (273 + t)} = 0,027 Q_p \frac{(P_a \pm P)}{(273 + t)}$$



Робота № 9

Розрахунок умовних розсіювань викидів промислових підприємств

Розповсюдження в атмосфері промислових викидів із труб і вентиляційних пристроїв підпорядковується законам турбулентної дифузії. На процес розсіювання викидів суттєво впливає стан атмосфери, розміщення підприємств і джерел викидів, характер місцевості, хімічні властивості речовин, які викидаються, діаметр труби та ін. Горизонтальне переміщення домішок визначається в основному швидкістю та напрямком вітру, а вертикальне – розподілом температур в атмосфері по висоті.

В основу „Методики розрахунків концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств” ОНД-86, покладено умову, при якій сумарна концентрація кожної шкідливої речовини не повинна перевищувати максимальну в межах норми допустимого концентрацію даної речовини в атмосферному повітрі.

Максимальна концентрація C_{\max} шкідливих речовин біля земної поверхні утворюється на осі факела викиду на відстані X_{\max} від джерела викиду (для гарячої газоповітряної суміші):

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \leq (ГДК_{м.р} - C_{\phi}),$$

де A – коефіцієнт стратифікації атмосфери, що залежить від температурного градієнту та визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання викидів (для України прийнято значення – 160);

M – маса речовини, яка викидається в атмосферу в одиницю часу г/с;

V – об'єм викидної газоповітряної суміші, м³/с;

H – висота труби, м;

F – коефіцієнт, який враховує швидкість з'єднань зважених частинок викиду в атмосфері (для газу рівний 1, для пилу при

ефективності очищення газоочисної установки більше 0,9 при $F=2,5$ і менше 0,75 при $F=3$);

ΔT – різниця між температурою викидної газоповітряної суміші і температурою навколишнього атмосферного повітря, що дорівнює середній температурі найбільш жаркого місяця о 13 годині;

η – безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості;

m – безрозмірний коефіцієнт, який враховує умови виходу газів із труби:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} \cdot 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}},$$

де $f = \frac{10^3 \cdot v_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$; v_0 – середня швидкість виходу газу із труби, м/сек; D – діаметр труби, м; n – безрозмірний коефіцієнт, залежний від параметру V_{\max} м/с:

$$V_{\max} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V}{H}}$$

при $V_{\max} \leq 0,3$

$n = 3$,

при $V_{\max} > 2$

$n = 1$,

при $0,3 < V_{\max} < 2$

$n = 3 - \sqrt{(V_{\max} - 0,3) \cdot (4,36 - V_{\max})}$.

Очікувана максимальна концентрація забруднювачів при викиді холодної газоповітряної суміші визначається за рівнянням:

$$C_{\max} = \frac{A \cdot F \cdot M \cdot n \cdot m \cdot \eta}{\sqrt[3]{H^4}} \cdot \frac{D}{8V} \leq (\Gamma ДК_{м.р.} - C_{\phi})$$

$$V_{\max} = 1,3 \cdot \frac{v_0 \cdot D}{H}, \quad m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}.$$

Віддаль (X_{\max}) до місця, де очікується максимальна концентрація, визначається:

- для газів і дрібнодисперсного пилу $X = d \cdot H$, де:

d – безрозмірна величина, що залежить від параметру V_{\max}

- для крупнодисперсного пилу ($F \geq 2$)

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H$$

- для холодного викиду при $V_{\max} \leq 2$ $d = 11,4 V_{\max}$,

при $V_{\max} > 2$ $d = 16,1 \cdot \sqrt[3]{V_{\max}}$,

- для нагрітої газоповітряної суміші:

$$d = 4,95 \cdot V_{\max} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } V_m \leq 2,$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_{\max}} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } V_m > 2.$$

Концентрація забруднювача в приземному шарі атмосфери на будь-якій відстані X від джерела викиду, відмінному від X_{\max} , визначається за формулою:

$$C = C_{\max} \cdot S_1, \text{ де:}$$

S_1 – коефіцієнт, залежний від величини X/X_{\max} :

$$\text{при } \frac{X}{X_{\max}} \leq 1 \quad S_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2$$

$$\text{при } 1 < \frac{X}{X_{\max}} \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2 + 1}$$

$$\text{при } \frac{X}{X_{\max}} > 8 \text{ та (при } F=1) \quad S_1 = \frac{\frac{X}{X_{\max}}}{3,58 \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2 - 35,2 \left(\frac{X}{X_{\max}}\right) + 120}$$

$$\text{при } 2 \leq F \leq 3 \quad S_1 = \frac{1}{0,1 \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2 + 2,47 \left(\frac{X}{X_{\max}}\right) - 17,8}$$

Наприклад. Розрахуйте приземну концентрацію пилу в точці, розміщеній на віддалі $X=1800$ м від джерела забруднення, яка знаходиться на вітровій осі, при таких параметрах джерела: $H=50$ м, $D=0,6$ м, $V_1=4,24$ м³/с, температурі газів $T=40^\circ\text{C}$, $M=40$ г/с, $F=2$.

Параметри району розміщення джерела: $A=180$, температура зовнішнього повітря $T=20^\circ\text{C}$, $\eta=1,2$.

$$f = \frac{10^3 \cdot v_0^2 \cdot D}{H^3 \cdot \Delta T} = \frac{1000 \cdot 225 \cdot 0,6}{2500 \cdot 20} = 2,7,$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} \cdot 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{2,7} + 0,34 \sqrt[3]{2,7}} = 0,87,$$

$$V_{\max} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{20 \cdot 4,24}{50}} = 0,8$$

$$n = 3 - \sqrt{(V_{\max} - 0,3) \cdot (4,36 - V_{\max})} = 3 - \sqrt{(0,8 - 0,3) \cdot (4,36 - 0,8)} = 1,67$$

$$C_{\max} = \frac{180 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 1,67 \cdot 0,87 \cdot 1,2}{50^2 \cdot \sqrt[3]{4,24 \cdot (40 - 20)}} = 4,56 \text{ мг/м}^3$$

$$X_{\max} = 195 \text{ м}, \quad X / X_{\max} = 1800 : 195 = 9, \quad S_1 = 0,11$$

$$C = C_{\max} \cdot S_1 = 4,56 \cdot 0,11 = 0,5 \text{ мг/м}^3$$



Робота № 10

Визначення забруднення повітря різними шкідливими газами за допомогою газоаналізатора УГ-2

Газоаналізатор УГ-2 (рис. 20) призначений для вимірювання концентрації шкідливих газів (парів) у повітрі. *Принцип роботи* газоаналізатора УГ-2 оснований на зміні забарвлення шару індикаторного порошку в індикаторній трубці після прокачування через неї повітря збірним пристроєм УГ-2.

Довжина зафарбованого стовпчика індикаторного порошку в трубці пропорційна концентрації газу в повітрі та вимірюється за шкалою, градуйованою мг/м².

При роботі з газоаналізатором необхідно дотримуватись таких умов експлуатації:

- *t* навколишнього повітря 10-30 °С;
- пропанон-2 з поглинаючою трубкою -15-30 °С, пропанон-2 без поглинаючої трубки -10-25 °С;
- відносна вологість повітря не більше 90 %;
- атмосферний тиск від 90 до 104 кПа (від 680 до 780 мм рт. ст.);
- масова концентрація пилу не більше 40 мг/м².

При роботі з газоаналізатором УГ-2 необхідно дотримуватися техніки безпеки (паром).

Необхідно бути обережним при роботі зі склом. Не допускати попадання пилю на шкіру та в очі. З індикаторними порошками працюйте в спецодязі. По закінченні вимірювання добре вимийте руки з милом.

Хід роботи

Перед початком роботи індикаторні трубки витримайте на повітрі протягом 30 хв. для прийняття t° навколишнього середовища. Для визначення концентрації газу відкрийте кришку повітрозбірного пристрою УГ-2 і перевірте відповідність штока номеру повітрозбірного пристрою УГ-2. Відведіть фіксатор, візьміть із гнізда шток і вставте його в направляючу втулку, щоб наконечник фіксатора ходив по канавці штока, над якою вказаний об'єм закачуваного повітря. Натискайте ручкою на головку штока доти, поки кінець фіксатора потрапить у верхнє заглиблення в канавці штока. При цьому кінець гумової трубки залишіть вільним, трубку не переламауйте.

Індикаторну трубку звільніть від герметизуючих ковпачків, намагаючись її не засмічувати. Постукуючи стержнем по стінці трубки, перевірте її ущільнення і якщо при цьому між стовпчиком порошку і тампоном створився просвіт, усуньте його натисканням стержня на тампон. Після цього приєднайте його до гумової трубки повітрозбірного пристрою УГ-2 і розмістіть у місці вимірювання.

При наявності в повітрі парів (газів), що заважають визначенню, нейтралізуйте їх фільтруючим патроном, який пристикуйте за допомогою гумової трубки до індикаторної трубки вузьким кінцем. у стик. Вимірювання потрібно починати не пізніше як за 1 хв. після розгерметизації трубок. Натискаючи однією рукою на головку штока, другою відведіть фіксатор, і як тільки шток почне рухатись, фіксатор відпустіть і увімкніть секундомір. Коли фіксатор увійде в нижнє

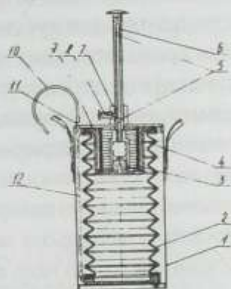


Рис. 20. Повітрозбірний пристрій УГ-2: 1 – корпус; 2 – сифон; 3 – пружина; 4 – кільце розпірне; 5 – канавка з двома поглибленнями; 6 – шток; 7 – втулка; 8 – фіксатор; 9 – плата; 10, 12 – трубка гумова; 11 – штуцер.

заглиблення канавки штока, пролунає тріск, але просмоктування повітря ще продовжується. При просмоктуванні заданого об'єму повітря тривалість ходу штока повинна вкладатись у межі, вказані на етикетці вимірювальної шкали для визначення газу.

Індикаторний порошок після впливу газу, що визначається, змінює забарвлення. Концентрацію газу, яка визначається, знайдіть, приклавши нижню межу стовпчика зафарбованого порошку індикаторної трубки до нульової позначки вимірювальної шкали етикетки. Цифра на шкалі, збігаючись із верхньою межею зафарбованого стовпчика порошку, вкаже концентрацію газу, яка визначається.

**Вимірювання проводьте не менше 2-3 разів,
кожний раз новою трубкою**



Робота № 11

Визначення забруднення повітря різними шкідливими газами за допомогою набору "Кіт"

До газових забруднень атмосфери, що спричиняють негативний вплив на живі організми, в тому числі й на людину, насамперед належить оксид карбону (чадний газ), діоксиди сульфуру і нітрогену. Тому, визначення кількості цих забруднювачів повітря має велике значення при екологічному аналізі природного середовища. Метод ґрунтується на тому, що повітря за допомогою ручних чи механічних насосів прокачується крізь спеціальні колонки (скляні трубки), наповнені пористою речовиною – силікагелем, – насиченою спеціальними реактивами, які під впливом газів-забруднювачів повітря змінюють свій колір. Одні колонки визначають СО, інші – оксиди сульфуру, нітрогену, гідроген сульфур, леткі алкани та ін. Знаючи об'єм пропущеного крізь колонку повітря та спостерігаючи ширину й інтенсивність забарвленої смужки в колонці, користуючись еталонною таблицею, можна швидко, просто й з достатньою точністю визначити ступінь забрудненості повітря тим чи іншим газом. Це аналітичне обладнання відносно недороге, а робота з ним не вимагає спеціальних знань.

Матеріали й обладнання: набір „Кіт” для збирання атмосферних газів, ручний насос-шприц, гумовий перехідник, детекторні колонки для визначення певних газів, кольорова таблиця для визначення вмісту газів; ручний насос (у разі, якщо прокачується більша кількість повітря при низьких концентраціях забруднювачів), що забезпечує потік повітря 100 мл/хв; секундомір.

Хід роботи

Складіть прилад, як показано на рисунку 21. Обережно відламайте обидва запаяні кінчики необхідних детекторних колонок (для визначення CO , SO_2 , NO_2 та ін.) і вставте її у прилад. Витягніть шток шприца назад до позначки 25 мл. Прокачайте деякий час, поки тиск у приладі стабілізується. Якщо через 2 хв. колір наповнювача в колонці не зміниться, повторіть операцію зі штоком шприца кілька разів, поки не стане помітною зміна кольору. Користуючись таблицею (див. інструкцію по приладу), визначте вміст забруднювача в повітрі. Якщо аналізується повітря в місці, де поблизу нема явного джерела забруднення, то вміст забруднювача в повітрі буде дуже низьким, і щоб його виявити, треба прокачати крізь систему більшу масу повітря.

У цьому разі з'єднайте систему з ручним насосом або іншим ручним чи механічним насосом відомої продуктивності й прокачайте через прилад більший об'єм повітря, фіксуючи час роботи насоса за допомогою секундоміра.

У таблиці наводяться кількості газів у 100 мл повітря. Якщо крізь прилад прокачано інший об'єм повітря, треба використовувати поправковий коефіцієнт. Наприклад, колір наповнювача в колонці змінюється при пропусканні крізь прилад 400 мл повітря. Поправковий коефіцієнт у цьому разі буде $\frac{1}{4}$ або 0,25 (до того вмісту, який вказано в таблиці).

За допомогою приладу „Кіт” можна визначити вміст Cl , SO_2 та NO_2 у таких місцях, як автобусна зупинка, перехрестя вулиць із

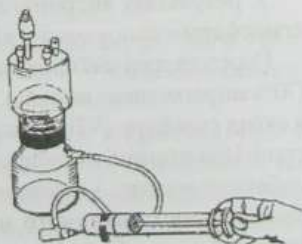


Рис. 21. Прилад для аналізу газових забруднень атмосфери
(за Г.О.Білявським та
Р.С.Фурдусем, 1997)

напруженим рухом, гараж, авторемонтна майстерня, ТЕЦ тощо. Порівняйте вміст забруднювачів у вихлопних газах автомобіля, який стоїть і його двигун працює вхолосту, і у того ж автомобіля, який їде. Порівняйте ступінь забруднення повітря двигунами вантажівки й легкових автомобілів (різних марок), автомобіля з бензиновим і дизельним двигунами, у автомобіля з невідрегульованим і відрегульованим двигунами.

Проведіть семінарське заняття, на якому обговоріть отримані результати.



Робота № 12

Визначення концентрації оксиду сульфуру (IV) у повітрі за допомогою поглинаючого приладу Ріхтера

Сполуки сульфуру потрапляють в атмосферу як природним шляхом, так і в результаті антропогенної діяльності. Вони утворюються у процесі руйнування органічних речовин за допомогою анаеробних мікроорганізмів. Передбачається, що виділення сульфуру біологічним шляхом не перевищує 30–40 млн. т/рік, що складає 1/3 всієї виділеної кількості сульфуру. При виверженні вулканів в атмосферу поряд із великою кількістю сульфуру (IV) оксиду потрапляють гідроген сульфур, сульфати й елементарний сульфур (2%). Сульфур надходить в атмосферу і з поверхні океанів у вигляді сульфатів.

У результаті антропогенної діяльності сульфур потрапляє в атмосферу в основному у вигляді діоксиду (59–69%).

Серед джерел цієї сполуки на першому місці – спалювання вугілля (70% антропогенних викидів). У процесі горіння сульфур перетворюється в оксид сульфуру (VI), а частина його залишається в золі у твердому стані. При згоранні нафтопродуктів оксиду сульфуру (VI) утворюється набагато менше. Основним джерелом утворення SO_2 поряд зі спалюванням викопного палива є металургійна промисловість (переробка сульфідних руд свинцю, купруму і цинку), а також підприємства з виробництва сульфатної кислоти та переробки нафти.

Сульфуру (IV) оксид – найбільш шкідливий газ із розповсюджених забруднювачів повітря. Він викликає захворювання дихальних шляхів,

веде до виникнення хронічного бронхіту.

В атмосфері SO_2 під дією кисню окиснюється до SO_3 , останній розчиняється в краплинках вологи з утворенням сульфатної кислоти. Це призводить до випадання кислотних дощів. Якщо в атмосфері міститься амоніак, то йде утворення сульфату амонію.

Здебільшого тверді аерозольні частинки являють собою сульфати і туманоподібну H_2SO_4 . Вміст таких частинок у містах досягає 10 мг/м^3 . Граничнодопустима концентрація максимальна разова для SO_2 – 0,5 мг/м^3 , середньодобова – 0,05 мг/м^3 ; клас небезпеки SO_2 – 3.

Метод визначення базується на окисненні SO_2 у процесі його вловлювання з повітря розчином пероксиду водню з наступним кількісним визначенням осаду, що утворюється при взаємодії сульфат-іона з хлоридом барію. Вплив сульфатів і сульфатної кислоти усувають уловлюванням їх на фільтр АФА, який розміщують перед поглинаючим пристроєм у пластмасовому фільтротримачі. Метод рекомендується для визначення разових концентрацій. Чутливість визначення – 5 мкг у досліджуваному об'ємі проби. Діапазон вимірюваних концентрацій – 0,08–1,5 мг/м^3 при відборі проб об'ємом 80 л.

Матеріали й обладнання: уловлюючий пристрій; аспіратор для відбору проб; поглинаючий прилад Ріхтера; пластмасовий фільтротримач із фільтром АФА; аналітичні ваги; барометр; термометр; фотоколориметр; гліцерол (х.ч.) або етиленгліколь (х.ч.); хлоридна кислота конц. ($c = 1,19$ х.ч.); спирт етиловий, ректифікат; пероксид водню H_2O_2 (х.ч.); калій сірчаноокислий безводний K_2SO_4 (х.ч.); поглинаючий розчин; повітря населеного пункту.

Приготування поглинаючого розчину. 10 мл 30 %-го H_2O_2 розчиніть у 1 л води. 0,3 %-й розчин H_2O_2 зберігайте в темній склянці не більше 1 тижня.

Приготування барію хлористого. 5,85 г кристалічного хлористого барію розчиніть у 50 мл води. Потім долийте 150 мл етилового спирту та 150 мл гліцеролу або етиленгліколю. Величину рН суміші доведіть до 2,5–2,8 концентрованою соляною кислотою (HCl). Розчин залишіть на 48 годин і в разі появи осаду фільтруйте через фільтр “синя стрічка”. Термін зберігання 2 місяці.

Приготування вихідного розчину. Безводний сірчаноокислий калій дрібно розітріть і висушіть при температурі 120–150 °C

протягом 2 год. Наважку 0,2720 г розчинить у 100 мл води. Цей розчин відповідає вмісту SO_2 1000 мкг/л.

Приготування робочого стандартного розчину. Його готують 10-кратним розведенням вихідного стандартного розчину поглинаючим розчином. Отриманий розчин відповідає вмісту 100 мкг/мл SO_2 .

Хід роботи

Для визначення разової концентрації SO_2 досліджуване повітря зі швидкістю 4 л/хв протягніть протягом 20 хв. через поглинаючий прилад Ріхтера, що містить 6 мл поглинаючого розчину. Для очистки повітря від аерозолів сульфатів і сульфатної кислоти, що заважають визначенню, перед поглинаючим приладом розмістіть пластмасовий фільтротримач із фільтром АФА, приєднаним “устик”. Металевий фільтротримач застосовувати не можна.

У лабораторії рівень розчину в поглинаючому приладі доведіть до 6 мл дистильованою водою. Для аналізу 5 мл розчину проби перенесіть у пробірку і додайте 1 мл розчину BaCl_2 . Вміст пробірки добре збовтайте і через 15 хв. визначте оптичну густину розчину в кюветі товщиною 10 мм при довжині хвилі 400 нм відносно нульової проби.

Час від додавання останнього реактиву до вимірювання оптичної густини для всіх проб повинен бути однаковим. Одночасно проводьте вимірювання нульової проби, для чого 5 мл поглинаючого розчину аналізуйте аналогічно. Оптична густина нульової проби повинна бути не більше 0,01. Кількість SO_2 в пробах знайдіть за допомогою калібрувального графіка. Аналіз проб можна проводити і візуально. Концентрацію C (мг/м³) в атмосферному повітрі розрахуйте за формулою:

$$C = \frac{a \cdot m}{V_0 \cdot b},$$

де a – загальний об'єм проби в поглинаючому приладі (6 мл);

b – об'єм проби, взятий для аналізу (5 мл);

V_0 – об'єм протягнутого повітря, зведений до н.у., л;

m – кількість SO_2 у пробі, знайдена за калібрувальним графіком, мкг.

Побудова калібрувального графіка

У мірні колби на 100 мл налейте 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 мл робочого стандартного розчину (100 мкг/мл). Розбавте до мітки поглинаючим розчином. Концентрація SO_2 у 5 мл стандартного розчину в мірних колбах складає відповідно: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 мкг. Для приготування шкали стандартів відберіть у пробірки по 5 мл кожного стандарту і проведіть операцію за методикою, описану вище.



Робота № 13

Визначення оксиду нітрогену (IV) в повітрі за допомогою поглинаючого приладу Ріхтера

Нітроген утворює суміш різних оксидів, але лише NO і NO_2 вважаються атмосферними забруднювачами. Як правило, сумарні концентрації NO і NO_2 в атмосфері позначаються як NO_x .

Оксиди нітрогену відіграють основну роль в утворенні фотохімічного "смогу", впливають вони й на руйнування озонового шару, а також приводять до утворення кислотних дощів. Забруднення атмосфери оксидами нітрогену в цілому порівняно невелике. Але в районах із розвинутою хімічною промисловістю є локальні зони підвищеного вмісту NO і NO_2 в повітрі.

Монооксид нітрогену NO – безбарвний газ, що утворюється в малих кількостях у циліндрах двигунів внутрішнього згорання при взаємодії O_2 з N_2 . У подальшому він окиснюється киснем до двоокису нітрогену NO_2 .

Діоксид нітрогену являє собою коричнево-бурий газ, отруйний, із неприємним запахом. При розчиненні NO_2 у воді утворюється нітратна кислота. На відміну від сульфатної, нітратна кислота може довгий час залишатися в атмосфері в газоподібному стані, оскільки вона погано конденсується. Пари нітратної кислоти поглинаються в атмосфері краплинами хмар або частинками аерозолі.

Утворення оксидів нітрогену в процесах спалювання пов'язано з окисненням атмосферного нітрогену і, меншою мірою, з окисненням органічних сполук нітрогену, які містять в паливі. З підвищенням

температури кількість оксидів нітрогену значно збільшується. Основним джерелом викидів NO_x , не пов'язаних зі спалюванням палива, є виробництво нітратної кислоти. Оксиди нітрогену утворюються у природі внаслідок перетворення органічного нітрогену.

Газоподібний NO_2 токсичний (2 клас небезпеки), є також сильним корозійно-активним агентом. Граничнодопустима концентрація максимальна разова складає $0,085 \text{ мг/м}^3$, середньодобова – $0,04 \text{ мг/м}^3$.

Метод визначення вмісту діоксиду нітрогену в повітрі з реактивом Грісса-Ілосвая базується на взаємодії двоокису нітрогену і сульфанілової кислоти з утворенням діазосполуки, яка, реагуючи з 6-нафтиламином, дає азобарвник. Останній забарвлює розчин від блідо-рожевого до червоно-фіолетового кольору. За інтенсивністю забарвлення визначають вміст NO_2 . Озон у концентрації, що не перевищує концентрацію NO_2 в 3 рази, не заважає визначенню. Чутливість визначення – $0,1 \text{ мкг}$ у досліджуваному об'ємі проби. Діапазон досліджуваних концентрацій складає $0,03\text{--}0,64 \text{ мг/м}^3$ при відборі проб повітря 5 л.

Матеріали й обладнання: уловлюючий пристрій; аспіратор для відбору проб; поглинаючий пристрій Ріхтера; аналітичні ваги; барометр; термометр; фотоколориметр; калій йодистий, х.ч.; натрій азотистокислий, х.ч.; поглинаючий розчин; натрій сірчаноокислий, х.ч., $0,06\%$ -й розчин; 12% -й розчин оцтової кислоти, х.ч.; сульфанілова кислота; α -нафтиламін ч.д.а.; робочий стандартний розчин; повітря населеного пункту.

Приготування поглинаючого розчину. 20 г КІ розчиніть у 250 мл води. Отриманий розчин повинен бути безбарвним і зберігатися в банці з темного скла. Термін зберігання 2 тижні.

Приготування $0,06\%$ -го розчину натрію сірчаноокислого. $0,03 \text{ г}$ Na_2SO_3 розчиніть у 50 мл води. Розчин готуйте перед аналізом.

Приготування 12% -го розчину оцтової кислоти. 64 мл концентрованої оцтової кислоти помістіть у мірний посуд на 500 мл і доведіть до мітки водою.

Приготування розчину сульфанілової кислоти. Розчиніть 5 г сульфанілової кислоти в 150 мл 12% -го розчину оцтової кислоти. Розчин зберігайте у щільно закритій банці з темного скла.

Приготування розчину α -нафтиламіну. $0,2 \text{ г}$ α -нафтиламіну розчиніть у 20 мл води при нагріванні на водяній бані до утворення

лілових крапель на дні колби. Розчин обережно злийте в темну склянку, залишаючи осад у колбі, і долийте до розчину 150 мл 12 %-го розчину оцтової кислоти.

Приготування реактиву Грісса-Ілосвая. Перед аналізом змішайте розчини 6-нафтиламіну і сульфанілової кислоти у співвідношенні 1:1.

Приготування вихідного стандартного розчину. 2-3 г азотнокислого натрію розітріть і висушіть при температурі 50-60 °C протягом 2 год. Наважку NaNO_2 0,15 г розчиніть у мірній колбі ємністю 100 мл. 1 мл отриманого розчину відповідає 1000 мкг NO_2 . Розчин, 1 мл якого відповідає 10 мкг NO_2 , приготуйте розведенням стандартного розчину поглинаючим розчином у 100 разів.

Приготування робочого стандартного розчину. Робочий стандартний розчин приготуйте 10-кратним розведенням розчину, який містить 10 мкг/мл NO_2 , поглинаючим розчином. 1 мл робочого розчину відповідає 1 мкг NO_2 . Вихідний стандартний розчин зберігайте протягом 2 тижнів у склянці з темного скла. Робочий стандартний розчин готуйте перед аналізом.

Хід роботи

Для визначення разової концентрації NO_2 досліджуване повітря протягніть через поглинаючий прилад Ріхтера, наповнений 6 мл поглинаючого розчину, зі швидкістю 0,25 л/хв протягом 20 хв. Під час відбору проби уникайте освітлення поглинаючого пристрою сонячними променями. Термін зберігання відібраних проб – не більше 2 діб.

У лабораторії рівень розчину в поглинаючому пристрої доведіть до мітки 6 мл дистильованою водою. Для аналізу 5 мл розчину з кожної проби перенесіть у пробірку і додайте по 0,5 мл реактиву *Грісса-Ілосвая*.

Вміст пробірок добре стряхніть і через 20 хв. (безпосередньо перед вимірюванням) у пробірки прилийте по 5 крапель 0,06 %-го розчину Na_2SO_4 і ще раз стряхніть. Оптичну густину виміряйте в кюветах товщиною 10 мм при довжині хвилі 540 нм відносно води. Час від додавання реактиву *Грісса-Ілосвая* до вимірювання оптичної густини всіх проб повинен бути однаковим. Кількість NO_2 у пробах знайдіть за калібрувальним графіком. Одночасно

проведіть вимірювання оптичної густини нульової проби. Розрахунок концентрацій діоксиду нітрогену в повітрі проведіть за формулою:

$$C = \frac{a \cdot m}{V_0 \cdot b},$$

де a – загальний об'єм проби в поглинаючому приладі (6 мл);

b – об'єм проби, взятої для аналізу (5 мл);

V_0 – об'єм протягнутого повітря, зведений до н.у., л;

m – кількість NO_2 у пробі, знайдена за калібрувальним графіком, мкг.

Побудова калібрувального графіка

У мірні колби на 50 мл налейте 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 мл робочого стандартного розчину (1 мкг/мл). Розбавте до мітки поглинаючим розчином. Концентрація NO_2 у 5 мл стандартного розчину в мірних колбах складає відповідно: 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0 мкг. Для приготування шкали стандартів відберіть у пробірки по 5 мл кожного стандарту і проведіть операції за методикою, описаною вище.



Робота № 14

Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря чадним газом (CO) розрахунковим методом*

Суттєвою складовою забруднення повітряного середовища міст, особливо великих, є вихлопні гази автотранспорту, які в деяких містах складають 60-80% від загальних викидів.

Відомо, що автотранспортом викидається в повітряне середовище більше 200 компонентів, серед яких – чадний газ, вуглекислий газ, оксиди нітрогену і сульфору, альдегіди, плюмбум, кадмій і група канцерогенних алканів (бенз(а)пірен та бензоантроцен). При цьому найбільша кількість токсичних речовин викидається автотранспортом у повітря на тихому ході, на перехрестях, зупинках перед світлофором. Так, на невеликій швидкості бензиновий двигун викидає в атмосферу 0,05% вуглеводів і 0,98% оксиду карбону (від загального викиду), а на тихому ході – 5,1% та 13,8% відповідно.

Підраховано, що середньорічний пробіг кожного автомобіля 15 тис. км. У середньому за цей час він збіднює атмосферу на 4350 кг кисню і „збагачує” її на 3250 кг вуглекислого газу, 530 кг оксиду карбону, 93 кг вуглецевих сполук і 7 кг окислів нітрогену.

Ця робота дає можливість оцінити завантаженість ділянки вулиці різними видами автотранспорту, порівняти в цьому відношенні різні вулиці. Зібрані параметри необхідні для розрахунку рівня забруднення повітряного середовища відпрацьованими газами автомобілів за концентрацією оксиду карбону в мг/м^3 .

Хід роботи

Перша частина роботи

Студенти поділяються на групи по 3-4 особи (один рахує, другий записує, інші оцінюють обстановку). Студентів попередньо необхідно проінструктувати, потім розмістити на певних ділянках різних вулиць з одностороннім рухом. У випадку двостороннього руху кожна група повинна розміститися на своєму боці.

Відбір матеріалу по завантаженості вулиць автотранспортом проведіть або одноразово, або більш поглиблено із замірами о 8, 13 і 18 год. та в нічний час. Із декількох замірів вирахуйте середнє. Інтенсивність руху автотранспорту визначте методом підрахунку автомобілів різних типів 3 рази по 20 хв. у кожному із вказаних термінів. Підрахунок проведіть методом позначень.

Занесіть дані до таблиці 23.

Таблиця 23

Час	Тип автомобіля	Кількість одиниць
	Легкий вантажний	
	Середній вантажний	
	Важкий вантажний (дизельний)	
	Автобус	
	Легковий	

На кожній точці спостережень проведіть оцінку вулиці:

- **Тип вулиці.** Міські вулиці з односторонньою забудовою (набережні, естакади, високі насипи), житлові вулиці з двосторонньою забудовою

дороги, дороги у виїмці, магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох боків, транспортні тунелі та ін.

- **Нахил.** Визначається скліметром або приблизно.
- **Швидкість вітру.** Визначається анеометром.
- **Відносна вологість повітря.** Визначається психрометром.
- **Наявність захисної смуги з дерев.**

Зібраний матеріал запишіть на дошці в аудиторному або лабораторному приміщенні (в той же день). Автомобілі розділіть на три категорії: з карбюраторним двигуном, дизельні, автобуси "Ікарус". Відповідно до даних, наведених у таблиці, побудуйте графік і оцініть рух транспорту на окремих вулицях.

Підсумком першої частини роботи вважається сумарна оцінка завантаження вулиць автотранспортом згідно з ГОСТ-17.2.2.03-77: низька інтенсивність руху – 2,7-3,6 тис. автомобілів за добу, середня – 8-17 тис. і висока – 18-27 тис. Проведіть порівняння сумарного завантаження різних вулиць міста в залежності від типу автомобілів, дайте пояснення відмінностей.

Побудуйте карту-схему завантаженості міста автотранспортом.

Друга частина роботи

Ця частина роботи полягатиме у визначенні забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту за результатами даних першої частини.

Розрахунки проведіть за таким алгоритмом:

- Спочатку накресліть спеціальну таблицю, в якій зазначте варіант, тип вулиці, поздовжній нахил, відносну вологість повітря, тип перехрестя та інтенсивність руху автомобілів у год. (N) (див. табл. 24).
- Виходячи з даних, одержаних у першій частині, *визначте склад автотранспорту в частках одиниці*. Наприклад: 0,1 вантажних автомобілів із малою вантажопідйомністю, 0,1 – з середньою вантажопідйомністю, 0,05 з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 0,05 – автобусів, 0,70 – легкових автомобілів.
- Тепер приступайте безпосередньо до *розрахунків концентрації СО за формулою Бегма (1984), модифікованою Шаповаловим (1990):*

Таблиця 24

Варіант	Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру	Відносна вологість повітря	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів (N)
	Дорога з багатоповерховою забудовою з двох сторін	0	1	100	Регульоване зі світлофорами, звичайне	200
	Транспортний тунель	2	2	90	Регульоване зі світлофорами, кероване	250
	Міська вулиця з односторонньою забудовою	4	3	80	Саморегульоване	300
	Вулиця з одноповерховими будівлями	6	4	70	Нерегульоване зі зниженням швидкості	350
	Транспортна галерея	8	5	60	Нерегульоване кільцеве	400
	Дорога з багатоповерховою забудовою з двох боків	0	6	50	Нерегульоване з обов'язковою зупинкою	450
	Транспортний тунель	2	1	80	Регульоване зі світлофорами, звичайне	350
	Міська вулиця з односторонньою забудовою	4	2	70	Регульоване зі світлофорами кероване	500
	Вулиця з одноповерховими будівлями	6	3	60	Саморегульоване	550
	Транспортна галерея	8	4	50	Нерегульоване зі зниженням швидкості	600

$$K_{\text{ср}} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_m) K_a \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_n$$

де 0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/м³,

N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на міській дорозі, автомобілів/годину,

K_a – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря оксидів карбону,

K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості,

K_y – коефіцієнт, що враховує зміни забруднення атмосферного повітря оксидом карбону в залежності від величини поздовжнього нахилу,

K_c – коефіцієнт, що враховує зміни концентрації окису карбону в залежності від швидкості вітру,

K_v – те ж у залежності від відносної вологості повітря,

K_n – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом карбону біля перехресть.

Коефіцієнт токсичності автомобілів K_m визначте як середній для потоку автомобілів за формулою:

$$K_m = \sum P_i K_{mi}$$

де P_i – склад автотранспорту в частках одиниці,

K_{mi} – визначається за таблицею 25.

Таблиця 25

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_{mi}
Легкий вантажний	2,3
Середній вантажний	2,9
Важкий вантажний(дизельний)	0,2
Автобус	3,7
Легковий	1,0

Приклад розрахунків: Припустимо, дослідження проводиться на магістральній вулиці міста з багатоповерховою забудовою з двох сторін, поздовжній ухил якої 2°, швидкість вітру 4 м/с, відносна вологість повітря – 70%. Розрахункова інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках – 50 автомашин за годину (N). Склад автотранспорту: 50 вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю; 50 – з середньою

вантажопідйомністю; 25 – з великою вантажопідйомністю, з дизельним двигуном; 25 – автобусів і 350 легкових автомобілів. Визначимо склад автомобілів у долях одиниці. 0,1 вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 0,1 – з середньою вантажопідйомністю, 0,05 – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 0,05 – автобусів і 0,7 – легкових автомобілів.

Спочатку визначте коефіцієнт токсичності автомобілів:

$$K_m = 0,1 \times 2,3 + 0,1 \times 2,9 + 0,05 \times 0,2 + 0,05 \times 3,7 + 0,7 \times 1 = 1,41.$$

Значення коефіцієнта K_a , який враховує аерацію місцевості, визначте за таблицею 26.

Для магістральної вулиці з багатоповерховою забудовою $K_a = 1$.

Значення коефіцієнта K_n , який враховує зміни забруднення повітря оксидом карбону в залежності від величини поздовжнього нахилу, визначте за таблицею 27.

Таблиця 26

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт K_a
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	1,0
Жилі вулиці з одноповерховими будівлями, вулиці та дороги у виїмці	0,6
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Коефіцієнт зміни концентрації оксиду карбону в залежності від швидкості вітру K_v визначте за таблицею 28.

Значення коефіцієнта K_s , що визначає зміни концентрації оксиду карбону в залежності від відносної вологості повітря, наведено в таблиці 29.

Коефіцієнт збільшення забруднення повітря оксидом карбону біля перехрестя наведено в таблиці 30.

Підставте значення коефіцієнтів, оцініть рівень забруднення атмосферного повітря оксидом карбону:

$$K_{\text{ср}} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,00 = 8,96 \text{ мг/м}^3.$$

Таблиця 27

Повздо- вжній нахил, °	Кое- фіцієнт K_n
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблиця 28

Швид- кість віт- ру, м/с	Коефі- цієнт K_v , %
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Таблиця 29

Віднос- на воло- гість	Коефі- цієнт K_g
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Таблиця 30

Тип перехрестя	Коефіцієнт K_n
Регульоване перехрестя:	
- зі світлофорами звичайне	1,8
- зі світлофорами кероване	2,1
- саморегульоване	2,0
Нерегульоване	
- зі зниженням швидкості	1,9
- кільцеве	2,2
- з обов'язковою зупинкою	3,0

Тепер порівняйте концентрацію CO, розраховану Вами для відповідної урбоєкосистеми, з ГДК CO для атмосферного повітря.

ГДК викидів автотранспорту за оксидом карбону дорівнює 5 мг/м³. Зробіть висновки про рівень забруднення урбоєкосистеми викидами автотранспорту. При цьому врахуйте, що зниження рівня викидів можливе завдяки таким заходам:

- заборона руху автомобілів;
- обмеження інтенсивності руху до 300 авт/год;
- заміна карбюраторних вантажних автомобілів дизельними;
- установка фільтрів.



Контроль викидів автотранспортом чадного газу (СО) та алканів за допомогою газоаналізаторів 121 ФА-01 ТА 123 ФА-01

Автомобільні двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) забруднюють атмосферу шкідливими речовинами, які викидаються з відпрацьованими газами (ВГ). При цьому 95-99% шкідливих викидів припадає на ВГ, які являють собою аерозоль складного складу, який залежить від режиму роботи двигуна.

Елементарний склад автомобільного палива – це карбон, гідроген, у незначних кількостях кисень, нітроген і сульфур. Атмосферне повітря є окисником палива, яке складається в основному з нітрогену (79%) і кисню (біля 21%). При ідеальному згорянні суміші вуглеводневого палива з повітрям в продуктах згорання повинні бути присутні лише N_2 , CO_2 , H_2O . В реальних умовах ВГ містять також продукти неповного згорання (окисли карбону, алкани, альдегіди, тверді частинки карбону, пероксидні з'єднання, водень і надлишковий кисень), продукти термічних реакцій взаємодії нітрогену з киснем (оксиди нітрогену), а також неорганічні сполуки тих чи інших речовин, які присутні в паливі (сірчаний ангідрид, сполуки пльомбуму). Всього в ВГ знайдено біля 280 компонентів. За своїми хімічними властивостями, характером взаємодії на організм людини речовини, які є у відпрацьованих газах, поділяються на декілька груп. Групу нетоксичних речовин складають нітроген, кисень, водяна пара, а також оксид карбону (IV). Групу токсичних речовин складають: монооксид карбону (СО), оксиди нітрогену (NO_x), численна група алканів (C_nH_m), включаючи парафіни, олефіни, ароматичні сполуки та ін. Далі ідуть альдегіди ($R-CHO$), сажа. При згоранні сірчаних видів палива утворюються неорганічні гази – SO_2 і H_2S . Особливу групу складають канцерогенні поліциклічні ароматичні алкани (ПАВ), у тому числі й найбільш активний – бенз(а)пірен, що є індикатором присутності канцерогенів у ВГ. У випадку застосування етильованого бензину утворюються токсичні сполуки пльомбуму.

Склад ВГ основних типів двигунів – бензинового двигуна з іскровим запалюванням і дизеля із загорянням від стиснення – суттєво

відрізняється. Насамперед за концентрацією продуктів неповного згоряння, а саме: монооксиду карбону, алканів та сажі. Основними токсичними компонентами ВГ бензинових двигунів є CO , C_nH_m , NO_x і сполуки свинцю, дизелів – NO_x і сажа.

Концентрація токсичних речовин у ВГ змінюється у великих межах. Кількість токсичних викидів залежить від конструкції двигуна, особливо від паливного механізму.

Дизель менш токсичний, ніж бензиновий двигун. Найбільш повно проявляються позитивні якості дизеля в режимі міського руху з великим відсотком малих навантажень і холостого ходу.

Нормованими компонентами ВГ автомобільних двигунів є монооксид карбону, оксиди нітрогену і алкани як такі, що володіють найбільшою токсичністю.

Матеріали й обладнання: газоаналізатори 121 ФА-01 та 123 ФА-01, тахометр, вихлопні гази автомобіля з бензиновим двигуном.

Стандарт встановлення норми граничнодопустимого вмісту оксиду карбону і алканів у відпрацьованих газах автомобілів на режимах холостого ходу, а також методи їх вимірювання.

Вміст оксиду карбону та алканів визначають при роботі двигуна для двох частот обертання колінчастого валу, встановлених виробником: мінімальний (Π_{\min}) та підвищений ($\Pi_{\text{пов}}$) у діапазоні 2000 об/хв. – 0,8 (Π_{\min}) об/хв.

Вміст CO та C_nH_m повинен бути в межах значень, установлених підприємством-виробником, але не вище наведених у таблиці 31 значень граничнодопустимого вмісту (ГДВ).

При контрольних перевірках автомобілів допускається вміст CO на частоті обертання Π_{\min} до 3%.

Таблиця 31

Гранично допустимі значення вмісту CO та C_nH_m

Частота обертання	ГДВ CO об'ємна частка, %	ГДВ алканів для двигунів з числом циліндрів	
		4	більше 4
Π_{\min}	1,5	1200	9000
$\Pi_{\text{пов}}$	2,0	600	1000

Для визначення вмісту CO і C_nH_m за стандартом необхідно застосовувати газоаналізатори безперервної дії, які працюють за принципом інфрачервоної спектроскопії з похибкою не більше 5% верхньої межі вимірювань для кожного діапазону і часу роботи газоаналізатора не більше 60 с.

Шкала тахометра для вимірювання частоти обертання колінчастого вала повинна мати два діапазони: 0-1000 хв^{-1} та 0-10000 хв^{-1} , забезпечуючи вимірювання з похибкою не більше 2,5%.

Випускна система автомобіля повинна бути справною (перевіряється зовнішнім оглядом). Перед вимірюванням двигун повинен бути прогрітим до температури, вказаної в інструкції з експлуатації автомобіля.

Хід роботи

Установіть важіль перемикача в нейтральне положення, ввімкніть тахометр. Уставте пробозабірний зонд газоаналізатора у випускну трубу автомобіля. Повністю відкрийте повітряну заслінку карбюратора. Запустіть двигун, збільшіть частоту обертання колінчастого вала за $\Pi_{\text{підв}}$ і попрацюйте в цьому режимі 15 с. Установіть мінімальну частоту обертання вала двигуна і не раніше ніж через 20 с виміряйте вміст CO та C_nH_m . Установіть підвищену частоту обертання вала двигуна і не раніше ніж через 30 с виміряйте вміст CO та C_nH_m . Результати вимірювань занесіть у журнал.



Робота № 16

Визначення загальної кількості кислот у повітрі*

Гази-забруднювачі повітря SO_2 і NO_2 , сполучаючись із вологою, утворюють дрібні крапельки кислот (відповідно сульфатної й нітратної), які дуже негативно впливають на рослинний, тваринний і людський організм, спричиняють появу смогу, корозії металів, будівельних матеріалів, архітектурних споруд і пам'яток. Наявність кислотного аерозолі в повітрі можна виявити за допомогою нескладного хімічного аналізу.

Збирання кислотного аерозолію

Матеріали й обладнання: прилад для збору кислотного аерозолію (рис. 17), який складається з лійки з довгою ніжкою, великої пробірки з бічним коліном і корком з отвором, аерозольного перехідника й трубки з каліброваним отвором; пристрій для прокачування повітря через прилад – ручний чи механічний насос з відомою подачею, л/хв; термометр; барометр; конічна скляна колба на 250 мл із пробкою; пляшка чи колба з пробкою; секундомір; дистильована вода.

Хід роботи

Зберіть апарат, як зображено на рисунку 22. Наповніть його дистильованою водою (близько 100 мл). Заміряйте й запишіть тиск повітря й температуру в місці проведення аналізу. Використовуючи ручний чи механічний насос, прокачайте повітря через апарат.

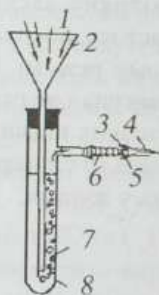


Рис. 22. Схема установки для визначення кількості кислот у повітрі: 1 – вхід повітря; 2 – лійка з довгою ніжкою; 3 – гумова трубка; 4 – перехідник до насосу; 5 – калібрувальний отвір; 6 – аерозольний перехідник; 7 – дистильована вода; 8 – велика пробірка з бічним коліном (за Г.О. Білявським, Р.С. Фурдусм, 1997)

Запишіть час роботи насоса. Сполосніть невеликою кількістю дистильованої води внутрішню поверхню лійки, щоб змити в пробірку частинки аерозолію, що прилипили до неї. Перелийте вміст у конічну колбу місткістю 250 мл. Сполосніть пробірку 2–3 невеликими порціями дистильованої води і влийте її в ту ж колбу. Закрийте колбу корком й перенесіть її для аналізу в лабораторію.

Аналіз проби

Матеріали й обладнання: бюретка; металевий стояк із затискачем; 0,01 М розчин гідроксиду натрію; розчин фенолфталеїну.

Хід роботи

Сполосніть чисту бюретку всередині, включаючи її носик, 0,01 М розчином гідроксиду натрію й укріпіть

її на стоякові. Випустіть з носика бюретки кілька крапель розчину, щоб переконатись, що там немає повітря. Визначте рівень розчину гідроксиду натрію в бюретці. Додайте в колбу 2–3 краплі індикаторного розчину фенолфталеїну. Розмістіть під бюреткою колби з пробою води для титрування. Щоб чіткіше бачити колір розчину, підкладіть під колбу білий папір. Титруйте воду гідроксидом натрію (крапля за краплею), обережно обертаючи колбу навколо осі. Після падіння кожної краплі в колбі навколо цього місця з'являється рожеве забарвлення, яке після перемішування води зникає. Необхідно спіймати момент, коли після падіння червоної краплі вся вода в колбі стане рожевою і цей колір після перемішування не зникне. Запишіть об'єм розчину гідроксиду натрію, що був витрачений на титрування.

Під час роботи кожен іон кислоти у воді H_3O^+ нейтралізується іоном лугу OH^- . Відповідно кожен моль кислоти нейтралізується молем лугу. Отже, кількість молів кислоти в розчині буде дорівнювати:

$$\text{об'єм натрію гідроксиду (мл)} \times \frac{0,01 \text{ моль натрію гідроксиду}}{1000 \text{ мл натрію гідроксиду}}$$

Ця кількість молів кислоти містилася в об'ємі повітря, прокачаного через воду. Об'єм повітря визначте, знаючи подачу насоса й час його роботи. Розділивши обчислену кількість молів кислоти на об'єм повітря, визначте кількість молів кислоти в 1 л повітря.



Робота № 17

Визначення кислотності опадів*

Опади можуть бути кислими і лужними – в зоні впливу підприємств, що виділяють у атмосферу лути, а також на великих територіях із засоленими лужними ґрунтами. У зоні впливу металургійних заводів вони кислотні.

Матеріали й обладнання: посудини для збирання опадів, упарювальні чашки, водяні бані, скляні палички, пробірки, дистильована вода, лакмусовий папірець.

Хід роботи

Опади зберіть під час дощу або снігопаду в різних місцях однієї місцевості в широкі посудини. 600 мл опадів (у 3-х повторюваностях) упарте в упарювальних чашках на водяній бані, постійно підливаючи нові порції рідини. Після упарювання в чашку додайте по краплині дистильовану воду і добре розітріть осад скляною паличкою, зливаючи все в пробірку. Три рази змийте чашку дистильованою водою. Об'єм рідини в пробірці повинен складати 6 мл (концентрація збільшується в 100 разів).

Для визначення рН опадів використайте 1 мл рідини з пробірки. рН визначте за допомогою лакмусового папірця. Застосовується така градація опадів: рН = 3-4 – сильно кислі; рН = 4-5 – кислі; рН = 5-6 – нейтральні; рН = 6-7 – нейтральні; рН = 7-8 – слабо лужні; рН = 8-9 – лужні; рН = 9-10 – сильно лужні.



Робота № 18

Визначення аерозолі сульфатної кислоти та розчинних сульфатів у повітрі

Максимальний антропогенний “внесок” у забруднення атмосфери зваженими частинками припадає на сульфати та сульфатну кислоту.

Метод визначення аерозолі сульфатної кислоти та розчинних сульфатів базується на взаємодії сульфатів із хлористим барієм. Кількість сульфатів визначається за інтенсивністю помутніння розчинів. Визначенню заважають нерозчинні аерозолі; їх вплив усувають фільтруванням.

ГДК_{м.р.} для сульфатної кислоти – 0,3 мг/м³, ГДК_{с.д.} – 0,1 мг/м³.

Метод рекомендується для визначення разових концентрацій. Чутливість визначення – 4 мкг в аналізованому об'ємі проби. Діапазон вимірюваних концентрацій складає 0,005-0,100 мг/м³ при відборі проб повітря об'ємом 2 м³.

Матеріали й обладнання: вловлюючий прилад-аспіратор для відбору проб, фільтротримач пластмасовий із фільтром АФА-ХП-18;

скляний фільтр із пористою пластиною; фотоколориметр; барометр; термометр; реактиви і матеріали ті ж, що і для роботи № 12.

Хід роботи

Досліджуване повітря протягніть через фільтр АФА зі швидкістю 40 л/хв протягом 20 хвилин. Після відбору фільтр перенесіть пінцетом у склянку на 25 мл, змочіть 0,2 мл етилового спирту і прилийте 10 мл гарячої води. Вміст склянки перемішуйте скляною паличкою протягом 10 хвилин. Нерозчинну частину аерозолі відфільтруйте через скляний фільтр із пористою пластинкою.

Для визначення сульфат-іонів із проби відберіть 4 мл фільтрату, додайте 1 мл розчину BaCl_2 . Одночасно приготуйте нульовий розчин, для чого чистий фільтр обробіть аналогічно пробі. Через 15 хвилин, попередньо струснувши, визначте оптичну густину розчину в кюветі товщиною 10 мм при довжині хвилі 400 нм відносно дистильованої води. Час від додавання розчину BaCl_2 до вимірювання оптичної густини розчинів для всіх проб має бути однаковим.

Значення оптичної густини нульового розчину повинно бути не більше 0,01. Якщо вона перевищує це значення, необхідно перевірити чистоту посуду і вимірювальних кювет, якість приготвлених розчинів. Кількість аерозолі сульфатної кислоти та розчинних сульфатів у пробі визначте за допомогою калібрувального графіка за різницею результатів вимірювань оптичної густини розчинів проби і нульового розчину.

Побудова калібрувального графіка

У мірні колби на 50 мл налейте 0,5; 1; 2; 3; 4 мл робочого стандартного розчину (100 мкг/мл), 0,6; 0,8; 1 мл вихідного стандартного розчину (1000 мкг/мл). Розбавте до мітки дистильованою водою. Концентрація SO_4^{2-} в 4 мл стандартного розчину складає відповідно 4; 8; 16; 24; 32; 48; 64; 80 мкг.

Для приготування шкали стандартів використовуйте по одному фільтру, який пристосований для відбору проб, і проведіть всі операції згідно з ходом аналізу. Одночасно виміряйте оптичну густину нульової проби.

Розрахунок концентрацій аерозолі сульфатної кислоти і розчинних сульфатів проведіть за формулою:

$$C = \frac{a \cdot m}{V_0 \cdot b},$$

де a – загальний об'єм проби (10 мл);

b – об'єм проби взятий для аналізу (4 мл);

m – кількість SO_4^{2-} в пробі, знайдена на калібрувальному графіку, мкг.

V_0 – об'єм протягнутого повітря, зведений до нормальних умов, л.



Робота № 19

Відбір проб повітря за допомогою електроаспіратора ЄА – 1А

Електроаспіратор ЄА – 1А (рис. 23) призначений для аспіраційного відбору разових проб пилу та газоподібних засмічень атмосферного повітря з метою наступного хімічного аналізу.

Кількісний аналіз атмосферних засмічень проводять після їх концентрування, яке досягається протягуванням повітря через поглинаючі прилади за допомогою електроаспіратора.

Вловлювання пилу виконується на фільтруючі матеріали, закріплені в спеціальних патронах. Об'єм повітря, необхідний для аналізу, – це добуток часу відбору на швидкість аспірації, яка визначається за показниками фотометрів, вмонтованих в електроаспіратор.

Хід роботи

З'єднайте гумовими трубками фільтротримач (1) зі скляним перехідничком (4). Закріпіть фільтротримач із фільтром на тринозі за допомогою кріпильних скоб (2,3). З'єднайте електроаспіратор з блоком акумуляторів.

Поверніть розвантажувальний клапан (8) в крайнє ліве положення. В цьому положенні клапан відкритий і може пропускати повітря, не допускаючи надлишкового розрідження, зменшуючи цим навантаження на електродвигун. При великому опорі повітрянадувних трактів клапан перекривається, забезпечуючи необхідну швидкість проходження повітря.

Увімкніть перемикач (7) електропроводу електроаспіратора, проведіть попередню установку необхідної витрати повітря в

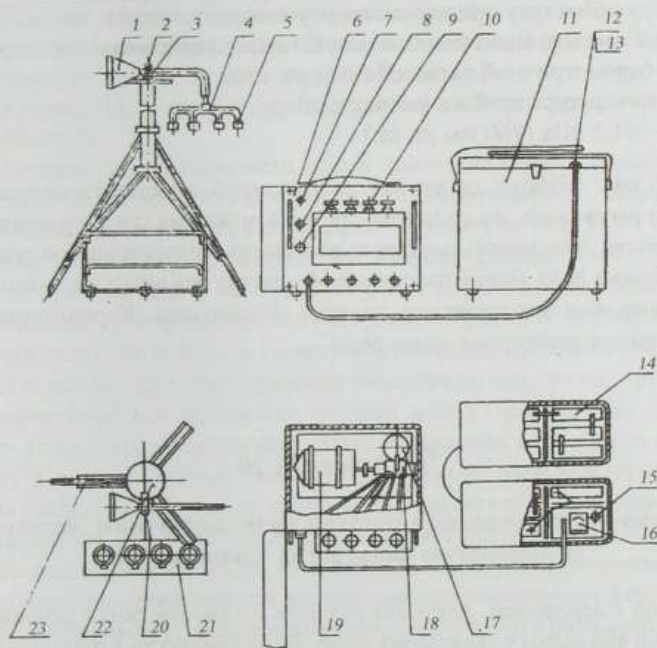


Рис. 23. Електроаспіратор ЕА – 1А

клапанах за допомогою вентилів (10) ротаметрів. Витрату встановить за верхнім зрізом поплавка. По закінченні установки вимкніть електропривід електроаспіратора перемикачем (7). Приєднайте гумовими трубками (5) перехідник (4) до вихідних штуцерів ротаметрів. Увімкніть перемикачем (7) електропривід електроаспіратора.

Проведіть регулювання витрати повітря по каналах. По закінченні відбору вимкніть електропривід.

Об'єм проби визначте як відношення швидкості аспірації (л/хв.) до часу відбору проби (хв.). Зведення об'єму проби до нормальних умов проведіть за рівнянням Менделєєва-Клайперона:

$$V_H = \frac{V \cdot 293 \cdot P_6}{(273 + t) \cdot P_H},$$

де V_n – об'єм газу при нормальних умовах, л;
 V – об'єм газу, визначений за результатами вимірювань, л;
 P_6 – барометричний тиск, кПа (мм рт. ст.);
 t – температура проби в умовах відбору, °C;
 P_n – 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

У ході відбору слідкуйте за тим, щоб швидкість аспірації підтримувалась на заданому рівні з максимальною можливою точністю. Запиленість повітря за допомогою фільтрів оцініть згідно з роботою №20. Відбір разових проб повітря для визначення вмісту газових домішок проведіть згідно з методиками „Керівництва за контролем засмічення атмосфери”.



Робота № 20

Визначення запилення повітря гравіметричним методом за допомогою фільтрів із тканини ФПП

Пил є аерозолем. Аерозолі являють собою частинки речовини (тверді або рідкі) у зваженому стані. Вони поширені в приземному шарі, тропосфері та стратосфері. Час їх життя різноманітний: від декількох годин до багатьох років. У тропосфері розрізняють три типи розподілу частинок: фоновий, океанічний та континентальний. Частинки потрапляють в атмосферу Землі в готовому вигляді, але значна частина утворюється в результаті хімічних реакцій між газоподібними, рідкими і твердими речовинами, включаючи пари води.

Велика кількість аерозолів утворюється в результаті природних процесів, але чимала їх частина має антропогенне походження. За найменшими оцінками, кількість частинок, які щорічно потрапляють у повітряний басейн Землі в результаті діяльності людини, – близько одного мільярду тонн за рік. Хімічний склад частинок різноманітний. Це діоксид силіцію – пісок, токсичні метали, пестициди, алкани та ін. Максимальний антропогенний вклад припадає на сульфати. Аерозолі в стратосфері менш різноманітні, ніж у тропосфері. Основним твердим компонентом стратосфери є сульфат амонію.

Основне джерело антропогенних аерозолів – процес горіння. Енергетика і транспорт дають 2/3 загальної кількості антропогенних аерозолів. Серед інших джерел аерозолів – металургійні підприємства, виробництво будівельних матеріалів, хімічні виробництва.

Аерозолі здатні змінювати клімат Землі. Осідаючи в альвеолах легень, вони викликають важкі захворювання у людей – пневмоконіози. Частинки аерозолів можуть нести на собі радіоактивність, віруси, мікроби, грибки, викликати смоги і кислі дощі, тобто бути загрозою не лише живим істотам, але й машинам, механізмам, пристроям, чистим матеріалам. Крім того, пил виносить із викидами цінні матеріали і може стати причиною руйнівних вибухів.

Для кількісної характеристики запиленості повітря на сьогодні використовується переважно ваговий метод (гравіметрія). Крім того, існує метод підрахунків. Вагові показники визначають масу пилу в одиниці об'єму повітря. Це прямі методи вимірювання запиленості. Існує також група побічних методів вимірювання запиленості. Під побічними розуміють методи вимірювання як із виділенням пилу з повітря, так і без виділення, що ґрунтуються на виділенні його маси шляхом використання різноманітних фізичних явищ (інтенсивності випромінювання, електричного поля, оптичної густини і т.д.). Найбільш поширений гравіметричний метод визначення вагової концентрації пилу. Через аналітичний фільтр просмоктують певний об'єм запиленого повітря. Масу всього пилу без розподілу на фракції розраховують за збільшенням маси фільтра. Кращими є фільтри з тканини ФПП. Метод застосовується для визначення разових і середньодобових концентрацій пилу в повітрі населених пунктів і санітарно-захисних зон у діапазоні 0,04-10 мг/м³.

Матеріали й обладнання: уловлювальний прилад (фільтротримач; фільтр із тканини ФПП; аспіратор для відбору проб; склянка-насадка на фільтротримач, металевий, розбірний, конусоподібний для регулювання пропускаючого повітря з розрахунком швидкості вітру); аналітичні терези; ексікатор; пінцет із пластмасовими наконечниками; чашки скляні діаметром 10 см; барометр; психрометр; анемометр.

Хід роботи

Фільтр із тканини ФПП витримайте протягом 40-60 хв. у ваговій кімнаті, зважте, помістіть у пакет і доставте на місце відбору, де помістіть його у фільтротримач, який добре закрутіть. Перед відбором проб перевірте герметичність фільтротримача, для чого його вхідний отвір закрийте корком і увімкніть прилад: при герметичному з'єднанні розходомір повітря показує нуль.

Відбір проб проведіть зі швидкістю 250-400 л/хв., так щоб наважка пилу на фільтрі була не меншою 4 мг. Відбір проводьте не більше 30 хвилин. Після протягування повітря фільтр пінцетом вивільніть із тримача, складіть учетверо запиленою поверхнею всередину і помістіть у той самий пакет, з якого він був узятий. У лабораторії фільтр витримайте протягом 40-60 хв. при кімнатній температурі й доведіть до постійної ваги. Якщо відбір проводився при відносній вологості, близькій до 100%, то фільтр помістіть у скляній чашці в ексікатор із плавленням хлористим кальцієм на 30-50 хв., а потім уже витримайте при кімнатній температурі 40-50 хв.

Концентрацію пилу C мг/м³ обчисліть за формулою:

$$C = \frac{M}{V_0},$$

M – маса пилу на фільтрі, дорівнює різниці мас забрудненого і чистого фільтрів, мг;

V_0 – об'єм аспіризованого повітря, зведений до нормальних умов, м³.

Під нормальними умовами розуміють температуру 0 °С і атмосферний тиск 1013 гПа (760 мм рт. ст.):

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot P}{(273 + t) \cdot 1013},$$

V_t – об'єм аспіризованого повітря при температурі t й атмосферному тиску P гПа, м³;

273 – коефіцієнт розширення газів;

1013 – нормальний тиск, гПа.



Робота № 21

Визначення аерозольної забрудненості повітря твердими частинками, органічними та неорганічними сполуками

Збирання твердих частинок, що випадають із повітря

Збирання твердих частинок, завислих у повітрі, може бути організоване при використанні простого приладу (рис.24). Ним може бути велика скляна банка з широким (не менш 10 см) горлом, укріплена на дерев'яній підставці й закрита зверху сіткою з нержавіючої сталі або пластмаси з отворами діаметром в 1,5 мм для запобігання потраплянню в банку листків, комах тощо.

Матеріали й обладнання: дистильована вода, хлористий амоній (для запобігання росту у воді водоростей додається в кількості 1,5 чнм за масою від кількості води в банці), ізопропіловий спирт (для запобігання замерзанню води 100 мл, якщо дослідження проводяться в холодну пору року).

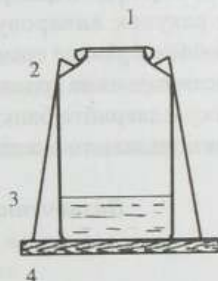


Рис. 24. Установка для збирання частинок із повітря: 1 – дротяна сітка; 2 – дріт; 3 – дистильована вода; 4 – дерев'яна підставка (за Г.О. Білявським, Р.С.Фурдусь, 1997)

Хід роботи

Налийте в банку 1 л дистильованої води й додайте 2,0 мл розчину амонію хлориду, утвореного розчиненням 0,1 г амонію хлориду в 100 мл дистильованої води. Кількість доданого хлористого амонію запишіть і врахуйте при обробці даних аналізу. Якщо дослідження проводиться в холодну пору року, додайте 100 мл ізопропілового спирту. Позначте рівень рідини в банці за допомогою олівця-склографа й закрийте банку кришкою. Виберіть місце для збору аерозолів з атмосфери. Бажано, щоб це були різні райони: поблизу промислового підприємства, в житловому масиві, поблизу транспортних артерій, у місці відпочинку людей (парк, пляж тощо). Місце дослідження має бути відкритим, знаходитися на певній

відстані від високих будинків та інших об'єктів, що можуть впливати на випадання осадів (створювати завихрення повітря, протяги тощо). Банка має бути недоступною для сторонніх людей і встановленою на висоті не менше 2 м, щоб уникнути забруднення поверхневим пилом. Перед установленням із банки зніміть кришку і закрийте отвір сіткою.

Банка повинна знаходитись у місці збору аерозолі протягом 30 діб. Регулярно перевіряйте стан вмісту, і якщо рівень води знизиться за рахунок випаровування, долийте дистильованою водою до зробленої раніше позначки. Наприкінці експозиції сполосніть сітку дистильованою водою, щоб змити з неї в банку пил. Потім зніміть сітку й закрийте банку кришкою. Перенесіть банку в лабораторію для подальшого аналізу.

Визначення кількості твердих частинок, що випали з повітря

Матеріали й обладнання: мензурка місткістю 250 мл; хімічний стакан – 2 л; гумовий йоршик; сушильна шафа; аналітичні терези; ексикатор; дистильована вода.

Хід роботи

Перелийте рідину з банки у дволітрову велику хімічну склянку. Використовуючи гумовий йоршик і невелику кількість гарячої дистильованої води, очистіть внутрішні стінки й дно банки від осаду, що прилип до них. Влийте цей осад у склянку, куди була перенесена рідина з банки. Витримайте в сушильній шафі при температурі 105 °C протягом 1 год. попередньо виміту мензурку на 250 мл. Дайте їй остигнути в ексикаторі й зважте на аналітичних терезах із точністю 0,1 мг. Перенесіть невеликими порціями рідину з осадом із хімічної склянки в мензурку, випаровуючи воду після кожної порції. Випаровувати воду треба в сушильній шафі або на електричній плитці, не доводячи воду до кипіння, оскільки з бризками води може бути втрачена частина осаду, а деякі його компоненти можуть розкластися й випаруватися. Висушіть остаточно осад у мензурці в сушильній шафі при температурі 105 °C протягом 1 год. Дайте мензурці з осадом остигнути в ексикаторі й зважте її з точністю до 0,1 мг.

Розрахунки проведіть за таким алгоритмом:

1. Визначте масу осаду в мензурці, відмічаючи масу порожньої мензурки з осадом.
2. Якщо у воду додавали хлористий амоній, відніміть його масу від маси осаду. Отримана цифра буде масою осаду, що накопився в банці протягом 30 діб.
3. Обчисліть площу (у квадратних сантиметрах) горла банки S (виміряйте внутрішній діаметр d з точністю до 1 мм і знайдіть площу $S = 0,785 d^2$).
4. Визначте кількість осаду в міліграмах на 1 см^2 за 30 діб. Перерахуйте її в грамах на квадратний метр або в тонни на квадратний кілометр.
5. Порівняйте отримані цифри кількості твердих частинок із різних місць і зробіть відповідні висновки.

***Визначення кількості твердих частинок
в одиниці об'єму повітря***

Метод ґрунтується на тому, що певний об'єм повітря пропускається крізь фільтр, який уловлює частинки аерозолію. У подальшому фільтр із зібраним матеріалом аналізується. Для таких аналізів використовують повітряні насоси різних типів (у тому числі ручні типи шприців, такі, що працюють від батарей або автомобільних акумуляторів тощо), фільтри і т. д.

Дослідження проводьте в різних місцевостях, особливо там, де очікується забруднення повітря. Бажано провести аналіз в одному й тому ж місці в один і той же час доби кілька разів, що дало б змогу порівняти результати. Під час збору матеріалу враховуйте напрям і швидкість вітру та інші погодні умови, які можуть впливати на результати.

Матеріали й обладнання: насос чи інший пристрій для прокачування повітря (наприклад, пилосос); паперовий фільтр із розмірами пор не більше 0,8 мкм (наприклад, фільтр типу AA Мілліпор); тримач фільтра; аерозольний перехідник; трубка з каліброваним отвором; аналітичні терези; секундомір; пінцет; чашка Петрі.

Хід роботи

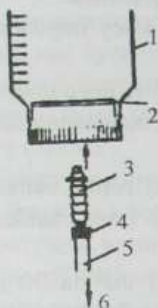


Рис. 25. Схема приладу для збирання аерозолі з повітря: 1 – відкритий скляний чи пластиковий циліндр; 2 – міліметровий фільтр; 3 – аерозольний перехідник; 4 – калібрований отвір; 5 – гумова трубка для з'єднання з насосом

Зважте фільтр із точністю до 0,1 мг і вкладіть у тримач. Зберіть апарат, як показано на рисунку 25. З'єднайте аерозольний перехідник через калібрований отвір із насосом відомої продуктивності (літрах на хвилину). Прокачайте повітря крізь фільтр, користуючись даними таблиці 32, де наведено мінімальні необхідні об'єми повітря (на практиці ці об'єми можуть бути більшими – залежно від ступеня забрудненості повітря твердими частинками). Обережно вийміть фільтр із тримача пінцетом. Зважте його з точністю до 0,1 мг.

Обчисліть масу осаду на фільтрі шляхом віднімання від маси фільтра з осадом ваги чистого фільтра. Перерахуйте цю величину на міліграми в 1 л повітря або в 1 м³. Покладіть фільтр з осадом у чашку Петрі, закрийте її кришкою і збережіть для подальших аналізів.

Визначення органічних і неорганічних складових аерозолі

Серед зібраного аерозолі можуть бути частинки як органічного (сажа, гума з автомобільних шин, тирса, пилок рослин тощо), так і неорганічного (піщинки, солі, крупинки металу, цементу та ін.).

Таблиця 32

Мінімальні необхідні об'єми повітря

Місце збирання повітря	Подача насоса, л/хв	Час роботи насоса, хв
Кімната	10	28
Село, передмістя, парк	10	14
Міська вулиця	1	28
Завод	1	14

походження. Визначивши кількість тих та інших у різних місцях збирання, можна зробити припущення щодо джерела забруднення повітря. Наприклад, поблизу будівельних майданчиків в аерозолі будуть переважати неорганічні частинки, а поблизу ТЕЦ чи котельних – сажа.

Матеріали й обладнання: фільтр із зібраним аерозолем, що зберігався в чашці Петрі; фарфоровий тигель із кришкою; пальник Бунзена; металевий стояк із затискачем і фарфоровою підставкою; спирт; муфельна піч, здатна підвищувати температуру до 750 °С.

Хід роботи

Вимийте дистильованою водою фарфоровий тигель із кришкою. Укріпіть у затискач стояка фарфорову підставку. На підставку поставте тигель й прогрійте його 10 хв. за допомогою пальника Бунзена, щоб випарувались можливі забруднення, які можуть впливати на результат аналізу. Після остигання тигля до кімнатної температури зважте його з точністю до 0,1 мг. Перенесіть фільтр з осадом у тигель, змочіть його спиртом і спаліть. Закрийте тигель кришкою й помістіть його в муфельну піч. Нагрівайте тигель при температурі 750 °С протягом 20 хв. Вийміть тигель з печі й дайте йому остигнути до кімнатної температури, зважте з точністю до 0,1 мг.

Розрахунки. Всі органічні складові осаду згорають або випаровуються внаслідок нагрівання в муфельній печі. Тому, віднімаючи від ваги тигля з осадом до нагрівання вагу тигля після нагрівання, отримаємо вагу органічної фракції осаду.

Віднімаючи від загальної ваги аерозолі вагу органічної фракції, отримуємо вагу неорганічної фракції осаду.



Робота № 22

Якісні аналізи аерозолію

Визначення природи частинок аерозолію з повітря проводиться різними методами, найбільш поширені й доступні з яких – мікроскопічне визначення зібраних частинок і деякі прості хімічні аналізи.

1. Мікроскопічне визначення частинок аерозолію

За допомогою біокулярного мікроскопа у відбитому або прохідному світлі можна отримати інформацію про склад і походження багатьох частинок аерозолію. Проте обмежені можливості оптики таких мікроскопів дають змогу вивчати відносно великі частинки аерозолію, як правило, поперечником не менше 10 мкм. Аналізується фільтр із зібраними з цієї метою зразками. Можна також використовувати чисту скляну пластинку розміром 5 x 5 см з одного боку намастити тонким рівномірним шаром вазеліну, петролатуму чи іншої подібної липкої речовини й помістити намащеним боком догори в банку для збирання аерозолію замість води. Після закінчення експозиції пластинку обережно вийміть, помістіть у чашку Петрі й досліджуйте.

Дослідження у відбитому світлі

Матеріали й обладнання: біокулярний мікроскоп і джерело освітлення; скляна пластинка розміром 5 x 5 см; вазелін.

Хід роботи

Намажте один бік чистої скляної пластинки розміром 5 x 5 см тонким рівномірним шаром вазеліну. Обережно дістаньте з чашки Петрі фільтр із зібраним за допомогою насоса аерозолем і покладіть його на намазану вазеліном пластинку боком, що містить аерозоль, вгору. Розправте пінцетом фільтр, щоб він рівномірно, без складок, прилип до пластинки. Не покривайте фільтр зверху іншою пластинкою, бо забруднення її пилом та іншими частинками заважатимуть аналізу. Для уникнення забруднення проби накрийте кришкою чашки Петрі й вивчайте, не відкриваючи кришки.

Розрахуйте джерело освітлення збоку так, щоб промінь світла падав на фільтр під кутом близько 40 °С.

Переміщуючи пластинку з фільтром у полі зору мікроскопа, послідовно перегляньте всі її ділянки, використовуючи спочатку невелике збільшення (об'єктив), а потім – більше. Склад частинок аерозолію в багатьох випадках можна встановити візуально за її формою, кольором і структурою. Легко, наприклад, визначають металеві стружки, шматочки скла, дерева; волоконця шерсті й волосся мають характерну лускувату поверхню.

Дослідження в прохідному світлі

Додаткову інформацію про склад частинок аерозолі можна отримати, розглядаючи пробу аерозолі в прохідному світлі (коли промінь світла від освітлювача проходить знизу крізь пробу). Цим методом, зокрема, можна вивчати форму дрібних частинок аерозолі.

Матеріали й обладнання: мікроскоп із лампочкою або дзеркалом під його столиком; імерсійна рідина з коефіцієнтом заломлення 1,51; скляна пластинка розміром 5 x 5 см; чашка Петрі; пінцет.

Хід роботи

Внесіть у кришку чашки Петрі трохи імерсійної рідини. Покладіть фільтр з аерозолем (поверхню, що містить частинки, дотори) обережно пінцетом на рідину в кришці. Дайте імерсійній рідині всмоктатися в папір фільтра. Протягніть фільтр пінцетом через ребро кришки, щоб видалити з нього надлишок рідини. Після цього фільтр стає прозорим і не заважає досліджувати пробу в прохідному світлі. Помістіть фільтр на скляну пластинку й дослідіть його в прохідному світлі спочатку при невеликих збільшеннях, потім – при великих.

Хімічне визначення деяких неорганічних компонентів аерозолі

Розроблені дуже чутливі хімічні методи визначення деяких елементів, зокрема важких металів, які мають особливо негативний вплив на живі об'єкти. Ці методи ґрунтуються на появі характерного забарвлення, за яким можна розпізнавати той чи інший елемент. Для використання аналізів частинки аерозолі розчинюються кислотами. Розчини всмоктуються папером фільтра, на якому частинки були зібрані, а після реакції на цьому папері з'являється пляма певного забарвлення (залежно від виду аналізу). Дуже важливо дотримуватися правила: всі реактиви необхідно готувати з використанням лише дистильованої води. У водопровідній воді можуть бути сліди деяких металів, зокрема феруму, що призведе до неправильних висновків.

Переведення зразка аерозолі в розчинний стан

Матеріали й обладнання: товстий передфільтр зі скляного волокна (наприклад, Мілліпор 47 мм); пластмасова чашка Петрі; пінцет із лакованими або вкритими тефлоном кінчиками (метал звичайного пінцета реагує з кислотами й забруднює зразки); 6 М хлоридна кислота; 6 М нітратна кислота; сушильна шафа.

Хід роботи

Помістіть скляний передфільтр у пластмасову чашку Петрі. Внесіть по 1,5 мл соляної та нітратної кислот, щоб його наситити.

Для аналізу на нікол використовуйте лише соляну кислоту!

Помістіть фільтр із зібраним аерозолем (боком із частинками аерозолі – догори) на насичений кислотами передфільтр у чашці Петрі. Закрийте чашку кришкою й поставте її в сушильну шафу чи нагрівальну піч; витримайте там при температурі 60 °C 10 хв. Витягніть фільтр із чашки Петрі й покладіть його на скляну пластинку розміром 5 x 5 см. Висушіть фільтр у витяжній шафі.

Якщо аналіз проводиться з кількома елементами, розріжте фільтр на відповідну кількість сегментів, кожен з яких аналізуйте на той чи інший елемент.

Примітка. Ножиці чи лезо, якими розрізають фільтр, забруднюють крайні частини його сегментів, але це не впливає на результат аналізів, оскільки дослідження відбувається в центральних, незабруднених частинах сегментів.

Визначення плюмбуму

Матеріали й обладнання: тетрагідроксисихіноновий реагент (готується безпосередньо перед аналізом). Кількість реагенту залежить від кількості планованих для аналізу проб. Для однієї реакції потрібно близько 0,5 мл реагенту, скляний передфільтр (Мілліпор 47 мм); чашка Петрі; пінцет із вкритими тефлоном кінчиками.

Приготування реагенту. Надлишок сухого реагенту всипте у відповідний об'єм ізопропілового спирту. Суміш перемішайте деякий час, потім профільтруйте її. Фільтрат розбавте таким самим об'ємом дистильованої води.

Хід роботи

Змочіть передфільтр у чашці Петрі реагентом. Помістіть сегмент фільтра із розчиненим зразком аерозолі на змочений реагентом передфільтр (верхнім боком фільтра дотори). Якщо в складі аерозолі були частинки пловбуму, фільтр забарвлюється в червоний колір.

Визначення феруму

Матеріали й обладнання: насичений водний розчин фероціаніду калію (одна крапля).

Хід роботи

На фільтр, ще вологий після його обробки кислотою, капніть одну краплю розчину фероціаніду калію. Виразний синій колір свідчатиме про наявність феруму (утворюється сполука, що має назву берлінська лазур). Реакція дуже чутлива – синій колір з'являється при вмісті феруму, починаючи від 10^{-8} г/л.

Розглянемо ще один спосіб визначення феруму; розчинником повинна бути лише *соляна кислота*, реагентом слугує 1 %-й розчин тіаціанату калію. У присутності солей тривалентного феруму фільтр забарвлюється в червоний колір.

Визначення ніколу

Перед проведенням аналізу фільтр з аерозолем обробіть лише соляною кислотою, оскільки нітрити перешкоджають аналізу.

Матеріали й обладнання: 1 крапля водного розчину тартрату натрію; 1 крапля водного розчину карбонату натрію; 1 крапля 1 %-го розчину деметил гліоксиду в етиловому спиртї; 1 крапля 6 М розчину гідроксиду амонію.

Хід роботи

Капніть на висушений фільтр із розчиненим соляною кислотою аерозолем послїдовно 1 краплю натрію тартрату, потім – натрію карбонату. Далі послїдовно капніть по одній краплї деметил гліоксиду і гідроксиду амонію. Поява червоного забарвлення свідчатиме про наявність ніколу. Це забарвлення нестійке й зникає через 10-15 хв.

Визначення купруму

Матеріали й обладнання: 1 крапля 1 %-го розчину рубсанової кислоти (дитіоксамиду) в етиловому спирті; 1 крапля 20 %-го водного розчину малонової (дикарбоксилової) кислоти; 1 крапля 10 %-го водного розчину етилендіаміну.

Хід роботи

Якщо відома або передбачається присутність ніколу чи феруму, капніть послідовно на фільтр із розчиненим аерозолем по 1 краплі розчинів малонової кислоти й етилендіаміну. Капніть 1 краплю рубсанової кислоти. Якщо в пробі є купрум, з'явиться темний оливково-зелений колір.

Ця реакція дуже чутлива. Оскільки навіть у дистильованій воді можуть міститися сліди купруму, то періодично проводиться глухий дослід на купрум (особливо тоді, коли результати аналізів аерозолі постійно вказують на присутність купруму).



Контрольні запитання до розділу

1. Які фізичні чинники специфічні для уробоєкосистем?
2. Яким приладом вимірюється швидкість вітру?
3. Які існують види шуму? Порівняйте їх за фізичними показниками.
4. Схарактеризуйте методичні особливості виміру різних видів шуму.
5. На чому ґрунтується принцип роботи газоаналізатора УГ-2?
6. Назвіть подібності та відмінності у принципах роботи газоаналізатора УГ-2 та приладу „Кіт”.
7. На чому базується принцип визначення оксиду сульфуру (IV) в повітрі за допомогою приладу Ріхтера?
8. Які показники у формулі Бегма-Шаповалова враховуються при розрахунку концентрації СО у повітрі?
9. Який двигун спричиняє більш токсичні викиди – дизельний чи бензиновий?
10. Які токсичні сполуки містяться у вихлопних газах автомобілів? Яка з них найбільш канцерогенна?

11. Яку просту установку можна використати для визначення кількості кислот у повітрі, якщо немає відповідних приладів промислового виробництва?
12. Яка максимальна разова ГДК сульфатної кислоти в повітрі?
13. На чому базується метод визначення оксиду сульфуру (IV) в повітрі з реактивом Грісса-Ілосвая?
14. Для визначення яких сполук у повітрі використовуються фільтри АФА-ХП-18?
15. Для чого призначені електроаспіратори?
16. З якою метою в екологічній практиці застосовуються фільтри з тканини ФПП?
17. Як найпростішим способом зібрати тверді частинки у повітрі?
18. Які якісні аналізи можна застосовувати для визначення наявності в аерозолі повітря плумбуму, феруму та ніколу?

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕДАФОТОПУ УРБОЕКОСИСТЕМ

Едафотопи урбоєкосистем характеризуються підвищеним вмістом важких металів. На територіях зосередження великих промислових підприємств утворюються техногенні біогеохімічні провінції з аномально високим вмістом важких металів та мікроелементів. У зонах забруднення вміст важких металів може сягати тисячі міліграмів на 1 кг ґрунту. Це перевищує нормальний фоновий вміст у сотні-тисячі разів. Розподіл важких металів вздовж шляхів залежить від інтенсивності автотранспорту, напрямку вітру тощо. Максимальне забруднення спостерігається в поверхневому шарі ґрунтів (0-5 см) та на глибині 20-25 см на відстані 7-10 м від дороги.

Як свідчать результати досліджень, найпомітніше в міських ґрунтах акумулюються цинк, олово, купрум, менше – хром.

При проведенні досліджень міських едафотопів необхідно керуватись такими методологічними положеннями та міркуваннями:

- Ґрунт – основне джерело більшості хімічних елементів для рослин, а через них – для людей і тварин.
- Ґрунт – сильна перепона на шляху промислових викидів і водночас головний акумулятор техногенних мас важких металів (ВМ).
- Враховуючи два перших положення, ґрунт може розглядатися як головний індикатор рівня хімічних елементів у навколишньому середовищі.
- Переважна більшість українських та іноземних дослідників при вивченні забруднення ґрунтів важкими металами орієнтується на ГДК для валових форм цих елементів. Проте, як засвідчують останні відомості, для практичних досліджень більш значуща орієнтація лише на ГДК рухомих форм.
- Саме в рухомій формі ВМ зумовлюють свою негативну дію на біоту та людей, що і є предметом нормування.
- ВМ у ґрунті можуть перебувати в різних за ступенем рухомості формах: у вигляді комплексних сполук з органічними та неорганічними лігандами, у складі первинних та вторинних мінералів, адсорбованими на ґрунтових колоїдах, у складі солей

різного рівня розчинності, у ґрунтовому розчині у вигляді іонів тощо. За ступенем рухомості всі сполуки металів у ґрунті можна умовно поділити на нерухомі, потенційно рухомі та рухомі форми.

Для одержання рухомих форм металів застосовують водну витяжку ґрунту.

Для вилучення потенційно рухомих форм важких металів із ґрунту в переважній більшості випадків користуються екстрагентами – мінеральними кислотами різної нормальності, ацетатно-амонійним буфером та ін. Доведено, що між вмістом рухомих форм важких металів, що вилучаються ацетатно-амонійним буфером ($\text{pH} = 4,8$), та показниками біологічної активності ґрунту спостерігається тісний корелятивний зв'язок: r коливається від $-0,78$ до $-0,98$. Тому при оцінці вмісту потенційно рухомих форм металів потрібно надавати перевагу саме цьому екстрагенту.

Для визначення валового вмісту важких металів у ґрунті проводиться попереднє його озолення мокрим спалюванням.

Для кожного з досліджуваних важких металів необхідно визначити перевищення його граничнодопустимих концентрацій (ГДК). Нижче наводяться ГДК для валових та потенційно рухомих форм важких металів, прийняті на сьогодні для України (табл. 33). ГДК для рухомих форм, на жаль, встановлені не для всіх елементів.

Крім перевищення їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК), для кожного з досліджуваних важких металів необхідно визначити також коефіцієнти концентрацій. За коефіцієнтами їх концентрацій K_c визначають аномальний вміст рухомих форм окремих елементів у поверхневому шарі ґрунтів.

Таблиця 33

Граничнодопустимі концентрації важких металів у ґрунтах

Елемент	ГДК валового вмісту, мг/кг	ГДК рухомих форм, мг/кг
Цинк	100	23
Манган	1500	50
Купрум	55	3
Нікол	85	4
Кадмій	1	0,7
Плюмбум	20	2

Коефіцієнти концентрацій окремих металів визначаються за Састом як відношення вмісту елемента в досліджуваній точці C до його фонового вмісту: $K_c = C/C_{\phi}$.

Фоновий вміст металів необхідно визначати в одній з еталонних зон міста (при наявності заповідного об'єкта – на його території, при відсутності останнього – у місцях найменшого антропогенного навантаження).

Сумарний показник забруднення поверхневого шару ґрунтів Z_c розраховують за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1),$$

де n – кількість досліджуваних елементів, коефіцієнт концентрації яких більший за одиницю.

У наведеній формулі до уваги беруться лише ті елементи, для яких K_c перевищує одиницю. Рівень забруднення поверхневого шару ґрунтів оцінюється за шкалою Саста (табл. 34):

Таблиця 34

Шкала рівнів забруднення поверхневого шару ґрунтів важкими металами

Значення сумарного показника забруднення (Z_c)	Рівень забруднення
<16	Слабкий
16-32	Середній
33-128	Високий
>128	Дуже високий (небезпечний)



Відбір змішаних польових проб ґрунту

Матеріали й обладнання: топографічна карта населеного пункту; лопати або бур; брезент; мішечки з тканини або паперові пакети; прості олівці; етикетки.

Хід роботи

Для екологічної оцінки ґрунту досліджуваної території відберіть 4 змішаних проби.

Кожну змішану пробу приготуйте з 5 зразків, які відберіть із чотирикутної ділянки площею біля 200 м^2 ($14 \text{ м} \times 14 \text{ м}$).

Окремі зразки ґрунту для одержання змішаної проби відберіть лопатою або буром на всю глибину орного шару (30 см) за схемою (рис. 26). Першу пробу візьміть у центрі умовного чотирикутника, а потім – навхрест від місця взяття

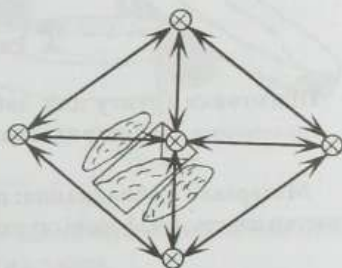


Рис. 26. Схема відбору змішаних зразків ґрунту (за В.І.Ніколайчуком, П.П.Біликом, 1998)

першої проби відступіть 10 м і відберіть решту проб по кутах чотирикутника. Зібрані з одної ділянки окремі зразки ґрунту висипте на брезент, добре змішайте й відберіть змішану пробу масою не менше 1-1,5 кг, щоб вистачило для лабораторних досліджень. Змішані проби з 4 ділянок даної території помістіть у паперові пакети або в мішечки з тканини, а їх, у свою чергу, в один великий пакет. У маленькі мішечки покладіть етикетки з вказівкою номера ділянки або назви урочища, визначених за топографічною картою. В загальний пакет вставте етикетку, на якій простим чорним олівцем запишіть такі дані:

Поштова адреса населеного пункту

Дата

Зібрав

/підпис/

При відбиранні зразків ґрунту дотримуйтесь таких правил:

1. Ґрунтові зразки для одержання однієї змішаної проби беріть у межах однієї ґрунтової різновидності. Для цього використовуйте топографічну карту населеного пункту.

2. На ділянці, що характеризується однією змішаною пробою, повинна вирощуватись одна сільськогосподарська культура.

Після відбору проби висушіть до повітряно-сухого стану в лабораторії.



Робота № 24

Підготовка ґрунту для лабораторних досліджень і відбір середньозмішаних проб

Матеріали й обладнання: польові змішані проби ґрунту, великі листки паперу, фарфорові ступки, сита, пінцети, картонні коробки.

Хід роботи

Більшість аналізів проводять із ґрунтом, висушеним до повітряно-сухого стану.

Для визначення нітратів використовуйте ґрунт без попереднього висушування!

Приміщення для висушування ґрунту повинно бути сухим і чистим, щоб ґрунт не поглинав газів і парів.

Для висушування до повітряно-сухого стану польові змішані проби ґрунту масою 1-1,5 кг розподіліть тонким шаром на листках паперу. Застосовуючи лупу, вилучіть із ґрунту корінці та різні включення. Великі корінці відберіть пінцетом, а дрібні – за допомогою скляної палички, наелектризованої шматочком вовни, для чого паличкою проведіть багато разів над шаром ґрунту на висоті 3-5 см. При цьому корінці притягуються до палички. Проте дану операцію потрібно проводити обережно, оскільки на дуже близькій відстані до палички можуть притягуватися та прилипати не тільки корінці, але й дрібні частинки ґрунту.

Час від часу ґрунт перемішуйте, подрібнюйте великі грудки руками і знову розсипайте тонким шаром для більш швидкого

висушування, яке повинно продовжуватись кілька днів для доведення ґрунту до повітряно-сухого стану.

Потім із ґрунту відберіть так звану **“середню пробу”**, яку **будете застосовувати** для оцінки показників екологічного стану ґрунту. Для цього ґрунт вирівняйте на папері у вигляді квадрата та за допомогою лінійки поділіть діагоналями на 4 частини (рис. 27). Дві протилежних частини ґрунту змішайте і використайте для аналізів, запланованих у даний момент, а дві інших — для аналізів, запланованих на перспективу, або для непередбачених аналізів, необхідність у яких може виникнути з часом.

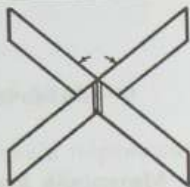


Рис. 27. Схема відбору **“середньої проби”**



Рис. 28. Сито для просіювання ґрунту

Покладіть у картонну коробку та зберігайте в нерозтертому стані. У коробку покладіть етикетку, де вкажіть дані про ґрунт. Другу етикетку наклейте на коробку. Ґрунт, що залишився, зважте, добре перемішайте, подрібніть у фарфоровій ступці за допомогою товчачика і просійте через сито з отвором 1 мм (рис. 28). Ґрунт, що не пройшов через сито, знову подрібніть у ступці і просійте через сито. Таку операцію повторюйте доти, поки на ситі залишаться лише кам'яні частинки. Просіяний через сито ґрунт добре перемішайте і розподіліть тонким шаром на листку паперу, поділіть на квадратики площею 4×4 см і з кожного з них візьміть по 10 г, які використовуйте для визначення вмісту рухомих форм елементів у ґрунті. Решту просіяного ґрунту висипте в банку з кришкою або паперовий пакет і використовуйте для інших хімічних аналізів як аналітичну пробу.



Визначення рухомих форм важких металів (у водній витяжці ґрунту)

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, просіяний через сито, з отворами 1 мм; конічні колби на 500-1000 мл; вага, фільтрувальний папір; толуен.

Хід роботи

На хіміко-технічних вагах зважте від 50 до 100 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито, з отворами 1 мм, його перенесіть у конічну колбу на 500-1000 мл і залийте п'ятикратною кількістю прокип'яченої води (вільної від CO_2). Пробу збовтайте 3 хв. і відфільтруйте через ватний фільтр. Перші порції, як правило, каламутні і їх фільтрують знову. Фільтрат зберіть у суху колбу. Каламутні розчини і ті, які важко фільтруються, профільтруйте під малим вакуумом.

Деякі автори рекомендують витяжку фільтрувати через щільний паперовий фільтр. Щоб фільтрат був прозорим, на фільтр покладіть лише частину ґрунту. Якщо перші порції фільтрату будуть мутні, то їх треба знову вилити на фільтр. Для аналізу беріть тільки прозорий фільтрат.

Аналіз водної витяжки проводьте відразу після закінчення фільтрації, оскільки водні витяжки через 1-2 дні після приготування легко загнивають. Якщо водна витяжка не аналізується відразу, то до неї додайте 3-4 краплі толуну для консервування, закрийте корком і зберігайте в холодильнику.

Водну витяжку ґрунту відфільтруйте й визначте вміст потенційно рухомих форм металів на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115-М1 (полум'яний варіант). Розрахунок проводіть на 1 кг сухої маси ґрунту.



Одержання ацетатно-амонійної буферної витяжки

Для вилучення рухомих форм важких металів переважно застосовується ацетатно-амонійний буфер із рН 4,8. Це зумовлено тим, що відповідне значення рН підтримується в зоні кореневої системи більшості рослин і тому саме при цьому значенні метали потрапляють у ланцюг живлення.

Матеріали й обладнання: амоніак, льодяна оцтова кислота, дистильована вода, зразки ґрунту, мірні колби, рН-метр.

Хід роботи

Одержати ацетатно-амонійний буфер з рН = 4,8 можна двома способами: *I спосіб* – улийте в мірну колбу місткістю 1 л 75 мл водного розчину амоніаку (NH_4OH) і 108 мл льодяної оцтової кислоти (CH_3COOH), доведіть до мітки дистильованою водою. Поміряйте рН отриманого буферу на рН-метрі. *II спосіб* – наважку оцтовокислого амонію масою, яка відповідає 1 н розчину, розбавте 500 мл дистильованої води, додайте 50 мл льодяної оцтової кислоти і об'єм доведіть до 1 л. Такий буферний розчин повинен мати рН = 4,8. Якщо рН < 4,8, то скоректуйте його значення за допомогою концентрованого амоніаку, якщо рН > 4,8 – за допомогою льодяної оцтової кислоти.

Для одержання ацетатно-амонійної буферної витяжки візьміть 5 г середньозмішаної проби ґрунту та залийте 50 мл відповідного буферу. Перемішайте. Поставте на добу відстоюватися або для прискорення екстракції покладіть проби на ротатор і проведіть струшування протягом 1 год.



Робота № 27

Визначення потенційно рухомих форм важких металів (у буферній витяжці ґрунту)

Матеріали й обладнання: ацетатно-амонійна витяжка ґрунту, фільтри, пробірки, мірні колби.

Хід роботи

Ацетатно-амонійну витяжку ґрунту відфільтруйте й визначте вміст потенційно рухомих форм металів на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115-М1 (полум'яний варіант). Розрахунок проводіть на 1 кг сухої маси ґрунту.



Робота № 28

Визначення рухомих форм алюмінію в ґрунтах

Метод зворотного комплексометричного титрування розчином хлорного феруму

Згідно з сучасними уявленнями, обмінні іони в ґрунті зобов'язані своїм існуванням наявності постійних зарядів на поверхні тонкодисперсних частинок мінеральної органічної частини ґрунту.

Особливе місце серед обмінних іонів займає алюміній, який у деяких випадках може переходити в обмінний стан у формі трьохвалентних іонів з октаедричної і тетраедричної сіток кристалічної решітки силікатів. Алюміній утворює також складні гідроксіони. Стани, в яких знаходиться іон алюмінію, впливають на поведінку колоїду, оскільки зміна його координаційного числа або перехід в обмінний стан впливає на кількість зарядів і на загальний вміст обмінних іонів; від стану алюмінію залежить і міцність ґрунтових силікатів, кислотнo-основні властивості або в найбільш загальному вигляді – його протонний режим.

Фактично визначення рухомого алюмінію в ґрунтах складається з двох етапів: переведення рухомого алюмінію із ґрунтового комплексу і наступне його визначення в ньому.

Рекомендується проводити визначення рухомого алюмінію ґрунту, переведеного в розчин за допомогою амонійно-оцтового буфера з $\text{pH} = 4,8$, шляхом зворотного комплексометричного титрування розчином хлорного феруму в присутності сульфосаліцилату натрію (як індикатора). Середня відносна похибка визначення в порівнянні з ваговим методом складає 0,038 мг/екв на 100 г ґрунту, якщо він багатий на алюміній.

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, індикатор, хлорне залізо, трилон Б, колби на 100, 200, 250 мл, амонійно-оцтовий буфер $\text{pH} = 4,8$, циліндри.

Приготування стандартного розчину алюмінію: розчиніть алюмокалієві квасці із розрахунку 0,02 М в 1 л дистильованої води, підкисленої приблизно 1,0-1,5 мл концентрованої H_2SO_4 .

Співвідношення між тритомом Б і стандартним розчином встановлюється аналогічно до визначення алюмінію з обов'язковим приливанням буферного розчину. Вміст алюмінію в стандартному розчині визначає ваговим методом.

Індикатор (розчин сульфасаліцилату натрію) – одержують шляхом розчинення 10 г сульфосаліцилової кислоти в 60 мл дистильованої води з наступною нейтралізацією 2н розчином NaOH , до кислій реакції по метилоранжу (NaOH іде до 70 мл).

Для одержання амонійно-оцтового буферного розчину з $\text{pH} = 4,8$ наважку оцтовокислого амонію масою, яка відповідає 1 н розчину, розбавте 500 мл дистильованої води, додайте 50 мл льодяної оцтової кислоти і об'єм доведіть до 1 л. Такий буферний розчин повинен мати $\text{pH} = 4,8$. Якщо $\text{pH} < 4,8$, то скоректуйте його значення за допомогою концентрованого амоніаку, якщо $\text{pH} > 4,8$ – за допомогою льодяної оцтової кислоти.

Приготування 0,025 М розчину FeCl_3 . Розчиніть наважку у 200-300 мл дистильованої води, підкисліть 20-25 мл HCl ($\rho = 1,19$), доведіть водою в 1 л колбі до мітки.

Хід роботи

30 г розтертого й просіяного через сито з дірками в 1 мм ґрунту залийте 50 мл амонійно-оцтового буферного розчину. Збовтайте на ротаторі протягом 1 год. Витяжку ґрунту відфільтруйте в мірну колбу

на 200-250 мл, осад декілька разів промийте буферним розчином до досягнення мітки на мірній колбі. Візьміть 50 мл фільтрату, долийте до нього 3-5 мл 0,05 М розчину трилону Б (для ґрунтів із малим вмістом рухомого алюмінію – 3 мл, для ґрунтів багатих алюмінієм – 5 мл). Розчин відстоюйте 5-10 хв, потім нагрійте до кипіння й охолодіть. До охолодженого розчину прилийте 1 мл індикатора – сульфасаліцилату натрію, – і відтитруйте надлишок трилону Б 0,025 М розчином хлорного заліза до появи бурого забарвлення сульфосаліцилату феруму. Вміст алюмінію в г на 100 г ґрунту розрахуйте за формулою:

$$Al = \frac{(V_{\text{трБ}} - V_{\text{FeCl}_3} \cdot K) \cdot T_{\text{тр}} \cdot b \cdot 100}{30},$$

де $V_{\text{трБ}}$ – об'єм у мл прибавленого до розчину трилону Б;
 V_{FeCl_3} – об'єм у мл хлорного заліза, який пішов на зворотнє титрування;
 K – співвідношення між розчинами трилону Б і хлорного заліза.

$$K = \frac{V_{\text{трБ}}}{V_{\text{FeCl}_3}},$$

b – перевідний коефіцієнт від об'єму, взятого для титрування, до всього об'єму ґрунтової витяжки;

$T_{\text{тр}}$ – титр трилону Б по алюмінію.

Колориметричне визначення за утворенням забарвленого комплексу з хромазуролом або ксиленовим оранжевим

Сутність методу полягає у вилученні рухомого алюмінію 1М розчином KCl, з подальшим утворенням забарвленого комплексу Al із хромазуролом С чи ксиленовим оранжевим у слабкокислому середовищі й наступному фотоколориметруванні забарвленого розчину. Вплив Fe (III) при цьому знешкоджується відновленням його до Fe (II) аскорбіновою кислотою.

Матеріали й обладнання: кислота аскорбінова, HCl (розбавлена 1:1) ч.х. або ч.д.а., кислота оцтова (конц.), 1М розчин CH_3COOH (ч.х., ч.д.а.), алюміній гранульований (ч.д.а.), хлористий калій (ч.х., ч.д.а.), хромазурол С або ксиленовий оранжевий, вода дистильована, папір фільтрувальний.

Хід роботи

Отримайте *сольову витяжку* з ґрунту 1М розчином KCl у співвідношенні 1:2,5.

У день проведення аналізу приготуйте *розчин аскорбінової кислоти* з концентрацією 0,2 г /л, для чого зважте з похибкою не більше 0,01 г наважку 0,2 г цієї кислоти і розчиніть у 1 л.

Приготуйте *запасний забарвлюючий розчин* для визначення алюмінію з *хромазуолом С*. Для цього 32,6 г CH_3COONa , зваженого з точністю до 0,1 г, розчиніть приблизно в 80 мл дистилляту, прилийте 0,5 мл CH_3COOH (конц.) і добре перемішайте, потім розчиніть 0,1 г *хромазуолу С*, зваженого з точністю до 0,01 г, доведіть дистиллятом до 100 мл, перемішайте і залишіть до наступного дня. Потім розчин профільтруйте через складчастий фільтр і перелийте в склянку з темного скла з притертим корком.

Приготуйте *робочий забарвлюючий розчин* для визначення алюмінію з *хромазуолом С*, для цього змішайте запасний забарвлюючий розчин з дистиллятом у співвідношенні 8 об'ємів розчину до 92 об'ємів води. Розчин готуйте в день проведення аналізу.

Приготуйте *запасний забарвлюючий розчин* для визначення алюмінію з *ксиленовим оранжевим*. Для цього 1,09 г CH_3COONa , зваженого до 0,01 г, помістіть у мірну колбу на 100 мл і розчиніть у 50 мл дистилляту. Додайте 6 мл концентрованої оцтової кислоти, перемішайте і розчиніть в отриманому розчині 0,04 г *ксиленового оранжевого*, зваженого з точністю до 0,001 г, і доведіть об'єм розчину до мітки H_2O (дист.). Розчин зберігайте у склянці з притертим корком.

Приготуйте *робочий забарвлюючий розчин* для визначення алюмінію з *ксиленовим оранжевим*, для чого змішайте запасний забарвлюючий розчин із *ксиленовим оранжевим* із дистильованою водою у співвідношенні 1:4. Розчин готуйте у день проведення аналізу.

Приготуйте *розчин алюмінію з концентрацією 0,25 мг-екв/л (вихідний розчин)*. Для цього 0,11250 г металевого алюмінію, зваженого з точністю до 0,0001 г, помістіть у мірну колбу на 50 мл і прилийте 3 мл HCl (1:1).

Після припинення виділення бульбашок водню помістіть колбу на киплячу водяну баню і нагрійте до повного розчинення алюмінію.

Після охолодження в колбу додайте 3,75 г KCl, зваженого з точністю до 0,1 г, і доведіть до мітки дистильованою водою. Приготовлений розчин добре перемішайте і зберігайте в склянці з притертим корком.

Приготуйте розчин алюмінію концентрації 0,005 мг-екв/л (стандартний розчин), для чого 25 мл розчину алюмінію, виготовленого з концентрацією 0,25 мг-екв/л, помістіть у мірну колбу на 250 мл і доведіть об'єм до мітки 1 М розчином KCl, добре перемішайте і зберігайте в склянці з притертим корком.

Приготуйте порівняльні розчини. З цією метою у 8 мірних колб місткістю 250 мл помістіть вказані в таблиці 35 об'єми 0,005 мг-екв/л розчину алюмінію і доведіть їх об'єм до мітки 1 М розчином KCl. Розчини зберігайте в склянках із притертими корками.

Для визначення алюмінію в ґрунті з *хромазуолом С*, у 8 конічних колб на 100 мл відберіть по 1 мл порівняльних розчинів, а в решту таких же колб – по 1 мл сольових витяжок ґрунту. До проб прилийте по 25 мл розчину аскорбінової кислоти, перемішайте. Потім прилийте по 25 мл робочого забарвлюючого розчину для визначення алюмінію з *хромазуолом С* і знову перемішайте. Забарвлені розчини не раніше 10 хв. і не пізніше 30 хв. проколориметруйте відносно порівняльного розчину № 1 у кюветі з товщиною просвітлюючого шару 1 см при довжині хвилі 545 нм, використовуючи світлофільтр із максимумом пропускання в області 535-555 нм.

Таблиця 35

**Об'єми стандартного розчину
для приготування порівняльних розчинів**

Показник	Номер колби							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Об'єм розчину Al в конц. 0,005 мг-екв/л (стандартний р-н)	0	2	4	8	12	16	20	24
Вміст алюмінію в ґрунті, мг-екв/100г ґрунту	0	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4

Для визначення алюмінію з **кисленим оранжевим** у 8 конічних колб на 100 мл прилийте по 2 мл **порівнювальних розчинів**, а в інші такі ж колби – по 2 мл **сольових витяжок** із ґрунту. Прилийте до них по 15 мл розчину **аскорбінової кислоти**, перемішайте. Потім прилийте по 15 мл **робочого забарвлюючого розчину** для визначення алюмінію з **кисленим оранжевим** і перемішайте. Забарвлені розчини не раніше ніж через 2 години після додавання забарвлюючого розчину проколориметруйте аналогічно до того, як це робили із хромазуролом С.

За результатами колориметрування порівняльних розчинів побудуйте калібрувальний графік і отримайте рівняння регресії в координатах: мг-екв/100г ґрунту – по осі абсцис і значення оптичної густини (D) – по осі ординат.

Вміст алюмінію в досліджуваному ґрунті визначте безпосередньо з калібрувального графіка чи рівняння регресії, віднімаючи результат холостого дослід.

Якщо результати визначення виходять за межі калібрувального графіка, то визначення повторіть, попередньо розбавивши витяжку 1 М розчином KCl. У цьому випадку результат, знайдений за графіком або рівнянням регресії, збільшіть у стільки разів, у скільки була розведена витяжка.



Робота № 29

Визначення валових форм важких металів у поверхневому шарі ґрунтів

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, HNO_3 (1:1), HNO_3 (1 М), H_2O_2 , дистильована вода, стаканчики, мірні колби на 50 мл, воронки, фільтри, піщана баня, атомно-абсорбційний спектрофотометр С-115-М1 (полум'яний варіант).

Приготування 1 М розчину HNO_3 : 68 мл концентрованої HNO_3 розведіть в 1 л дистильованої води.

Приготування розчину HNO_3 (1:1): 1695 мл концентрованої HNO_3 розведіть у 2 л дистильованої води.

Хід роботи

5 г повітряно-сухого ґрунту залийте 25 мл HNO_3 (1:1). Нагрійте на піщаній бані протягом 10 хв. Долийте 5 мл H_2O_2 і знову так само нагрійте впродовж 5-10 хв. Суміш охолодіть, відфільтруйте в мірні колби на 50 мл. Фільтри з ґрунтом перенесіть у стаканчики, долийте 20 мл HNO_3 (1М) і знову нагрійте при $t = 100^\circ\text{C}$. Охолодіть, відфільтруйте в ті ж мірні колби, доведіть до мітки дистильованою водою. Вміст валових форм важких металів визначте за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра.



Робота № 30

Визначення засоленості ґрунтів міських вулиць за сухим залишком ґрунтової витяжки

Для боротьби з ожеледдю на міських вулицях дуже часто використовують кухонну сіль (NaCl). У ґрунті збільшується концентрація ґрунтового розчину (особливо у ґрунтів із добрим поглинаючим комплексом: чорноземи, глинисті ґрунти). Це призводить до дефіциту доступної для рослин вологи, порушує водний режим, що особливо яскраво проявляється в липи широколистої (*Tilia platyphyllos Scop.*), яка росте поблизу доріг. Хлорози і некрози листової пластинки у *Tilia platyphyllos Scop* під дією солей спостерігаються найчастіше в другій половині літа і починаються з краю листка, поступово поширюючись на всю листову пластинку. Жива тканина поступово відмирає і листки передчасно опадають. Однак це явище неспецифічне і може спостерігатися й під дією інших факторів (газове забруднення повітря, погіршення водного режиму ґрунтів і рослин).

Матеріали й обладнання: ваги технічні або аналітичні; колби на 500 мл; воронки; скляні палички; ступки; сито з отворами 1 мм; упарювальні чашки; водяна баня; фільтри; сушильна шафа; дистильована вода, що не містить CO_2 .

Для звільнення від CO_2 візьміть 2-3 л дистильованої води, прокип'ятіть 30 хв. і охолодіть.

Хід роботи

Приготування ґрунтової витяжки

Визначте спочатку гігроскопічну вологу ґрунту і візьміть повітряно-суху наважку з урахуванням цього показника. Наприклад, в ґрунті міститься 4,56% гігроскопічної вологи. Відповідно візьміть наважку 104,56 або 52,28 г повітряно-сухого ґрунту (з розрахунку 100 і 50 г) абсолютно сухого зразка.

Наважку ґрунту помістіть у суху колбу ємністю 500-750 мл і прилийте 5-кратну кількість дистильованої води, що не містить вуглекислоти (250-500 г). Колбу з наважкою закрийте гумовим корком і збовтайте 5 хв., після цього витяжку відфільтруйте через сухий складчастий фільтр. Фільтр помістіть у воронку діаметром 12-15 см так, щоб він лежав на 0,5-1 см нижче краю воронки. Не допускайте, щоб фільтр був вище воронки, бо в цьому випадку по краю фільтра утворюються "вицвіти" солей і концентрація їх у фільтрі знижується.

Перед тим як вилити витяжку на фільтр, вміст колби збовтайте, постарайтесь перенести на фільтр весь можливий ґрунт. Це необхідно для того, щоб частинки ґрунту закоматували пори фільтра, що сприяє збільшенню прозорості фільтрату. При виливанні суспензії струмінь спрямуйте на бокову стінку фільтра, щоб він не прорвався. Витяжку фільтруйте доти, поки фільтрат не стане прозорим. Аналіз водної витяжки починайте після того, як вона повністю профільтрується. Її кількість виміряйте мірним циліндром. Водні витяжки необхідно аналізувати одразу ж після їх отримання, оскільки під впливом мікробіологічної діяльності може змінюватися їх склад (окислюваність, лужність). Зберігайте витяжку в колбі з закритим корком.

Визначення сухого залишку витяжки

Сухий залишок водної витяжки дає уявлення про загальний вміст у ґрунті розчинних у воді органічних і мінеральних сполук. За величиною сухого залишку визначають ступінь засолення ґрунтів. 50-100 мл водної витяжки помістіть у фарфорову упарювальну чашку діаметром 7-10 см (попередньо висушену і зважену). Упарювання проводьте, поступово додаючи нові порції витяжки. По закінченні упарювання чашку з сухим залишком витріть зовні фільтрувальним

папером і висушити у сушильній шафі при 105 °С протягом 3 год, охолодити і зважити. Висушування можна провести на слабо нагрітій електроплиті, уникаючи прокалювання залишку. Вміст розчинних речовин буде характеризуватися величиною сухого залишку, вираженою у відсотках:

$$\text{Сухий залишок, \%} = \frac{A \cdot 100}{P},$$

де A – маса залишку, г;

P – наважка ґрунту, яка відповідає взятому об'єму витяжки, г.

Щоб вилучити із сухого залишку розчинні органічні речовини, проби в чашках прожарте в муфелі при 600 °С до білого кольору (10-15 хв із моменту досягнення вказаної температури). Якщо озолення не пройшло, то чашку охолодити, додайте декілька крапель дистильованої води і знову прожарте.

Вміст водорозчинних солей у більшості ґрунтів коливається від сотих до десятих часток відсотка. Засоленими вважаються ґрунти з вмістом солей більше 0,2%. Якщо в ґрунтах вміст солей перевищує 1%, то їх відносять до солончаків.



Контрольні запитання до розділу

1. Як розрахувати коефіцієнти концентрацій важких металів у поверхневому шарі ґрунту?
2. Як визначити сумарний показник забруднення ґрунтів ВМ?
3. Яка шкала використовується для оцінки рівня забруднення ґрунтів важкими металами?
4. Поясніть, як правильно відібрати ґрунт для аналізу.
5. Поясніть відмінності в поняттях „валовий вміст важких металів”, „вміст рухомих форм” та „вміст потенційно рухомих форм важких металів” у ґрунті. Які методичні прийоми застосовуються для виділення цих форм ВМ у ґрунті?
6. Як визначити засоленість міських ґрунтів?
7. Який елемент визначається в ґрунті шляхом зворотного комплексометричного титрування розчином хлорного феруму?

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УРБОЕКОСИСТЕМ

Мешканці переважної більшості урбоекосистем України споживають як водопровідну, так і криничну воду. Тому екологічний аналіз повинен охоплювати водні об'єкти обох типів. Гігієнічні вимоги для криничної води викладені в нормативному документі "Санитарные правила по устройству и содержанию колодцев и каптажей, родников, используемых для децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения" № 1226-75 від 20.02.75. При оцінці якості водопровідної води слід керуватися нормативними документами "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством" № 2534 від 29.06.88 та "Державні санітарні правила щодо води централізованого водопостачання" № 253.

Відповідними документами керуються у своїй діяльності санепідемстанції всіх обласних центрів України.

В даному розділі подані методики визначення в питній воді лише важких металів та алюмінію. Інші хімічні забруднювачі (в.т. нітрати) будуть розглянуті в окремій книзі, присвяченій водним екосистемам.

У таблиці 36 наведені дані щодо ГДК важких металів та алюмінію у водопровідній та криничній воді.

Таблиця 36

Граничнодопустимі концентрації важких металів у водопровідній та криничній воді

Елемент	ГДК у водопровідній воді, мг/л	ГДК у криничній воді, мг/л
Цинк	5	5
Манган	0,1	0,1
Купрум	0,1	1
Ферум	0,3	0,3
Кадмій	0,0001	0,001
Плюмбум	0,03	0,1
Алюміній	0,5	0,5

Забруднення водопровідної та криничної води міста важкими металами визначають, порівнюючи з ГДК для відповідних категорій води, а також із фоновими значеннями.

При визначенні рівня перевищень фонового вмісту важких металів у воді необхідно спочатку розрахувати коефіцієнти концентрацій по кожному з них за Састом як відношення вмісту елемента в досліджуваній точці до його фонового вмісту:

$$K_c = C / C_{\phi}.$$

Фоновий вміст важких металів для криничної води необхідно визначати в одній з еталонних (екологічно чистих) зон міста, а фоновий вміст у водопровідній воді – на виході з очисної станції.

Сумарний показник забруднення як для криничної, так і для водопровідної води Z_c розраховують за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1),$$

де n – кількість досліджуваних елементів, коефіцієнт концентрації яких більший за одиницю.

Рівень забруднення визначають за таблицею 37.

Таблиця 37

Визначення рівня забруднення питної води важкими металами за сумарним показником забруднення

Значення сумарного показника забруднення (Z_c)	Рівень забруднення
<10	Слабкий
10-30	Середній
31-100	Високий
>100	Дуже високий



Робота № 31

Відбір проб води

Місце відбору проб залежить від поставленого завдання. Проби води відбирають у маловодні й багатоводні періоди.

Відбір проб може бути *одноразовим (нерегулярним)* або *серійним (регулярним)*. Проба чи серія проб має бути характерною для місця відбору, а об'єм залежить від кількості компонентів, що визначаються, та обраної методики аналізу.

Прості проби одержують одноразовим відбором об'єму води, необхідного для аналізу; **змішані** – це суміш простих проб, відібраних одночасно з різних місць досліджуваного об'єкта чи в одному місці через певні проміжки часу (вони характеризують склад води в просторі і часі). В окремих випадках, якщо стічні води скидаються у водойму, в якій аналізують воду, нерегулярно і в різних кількостях, відбирають **середню пропорційну пробу** (суміш простих проб, об'єм яких пропорційний кількості скинутих стічних вод).

Проби води відберіть у склянку з поліетилену чи борсилкатного скла “пайрекс”. Посуд вимийте синтетичними миючими засобами, розчином хлоридної кислоти, скляний – хромовою сумішшю, після чого сполосніть спочатку водопровідною, а потім дистильованою водою. Перед відбором проб посуд 2-3 рази промийте водою, яку будете брати для досліджень (для достовірності результатів відберіть одночасно по 2 проби). Посудину заповніть водою вщент, щоб не залишалось повітря і закрийте корком. Запишіть місце забору, час, прізвище особи, яка відбирала проби.



Робота № 32

Визначення вмісту важких металів у воді

У зв'язку з тим, що важкі метали перебувають у воді як в іонному, так і у “зв'язаному” стані, необхідною стадією атомноабсорбційного аналізу є мінералізація проб води.

Матеріали й обладнання: концентрована нітратна кислота, пероксид водню, мірні стакани, упарювальні чашки.

Хід роботи:

Прокип'ятіть 5 мл концентрованої HNO_3 протягом 2-3 хв. у мірних стаканах на 250 мл для стерилізації посуду. Залишки нітратної кислоти

злийте в ексікатор. Налийте в підготовлені мірні стакани по 200 мл досліджуваної води. З кожної пляшки візьміть по три повторності досліджуваної води. Стакани пронумеруйте, підпишіть склографом або спиртовим маркером і помістіть на піщану баню. Слідкуйте, щоб на одній піщаній бані були розміщені проби води з однієї пляшки з метою запобігання перемішуванню парів із різних проб. Проведіть упарювання води при 100 °С. Слідкуйте, щоб вода кипіла повільно (не допускайте сильного кипіння!). Упарювання води проведіть з 200 до 5 мл або досуха. По закінченні упарювання в мірний стакан додайте 2 мл концентрованої HNO_3 (о.с.ч.) та 2 мл H_2O_2 (ч.д.а.). Пероксид водню доливайте по краплинах! Суміш знову поставте на піщану баню і прокип'ятіть протягом 5-10 хв.

Помістіть мірну пробірку в стаканчик, покладіть на вагу, виведіть значення на "нуль". Зважте 10 г води, зробіть маркером помітку відповідного рівня води.

Суміш, що залишилася після упарювання, злийте в мірні пробірки. Промийте декілька разів мірний стакан невеликими порціями (приблизно по 1 мл) дистильованої води, які теж злийте в ті ж пробірки. Останній мілілітр доведіть до мітки чистою дистильованою водою. Пробі перемішайте шляхом перевертання, закритих фольгою пробірок.

У зв'язку з тим, що вміст деяких мікроелементів (плюмбуму, кадмію) в природній питній воді знаходиться за межами чутливості прямого атомно-абсорбційного визначення, необхідно провести додаткове концентрування. Концентрування проб проведіть так: в упарювальну чашку налийте 10 г приготовленої вищезазначеним способом проби і випаруйте її на піщаній бані до 1 мл.

При необхідності проведіть фільтрування проб перед атомно-абсорбційним аналізом.



Робота № 33

Визначення вмісту алюмінію у воді

Незважаючи на значний вміст алюмінію в земній корі (перший серед металів), у вигляді Al^{3+} він належить до токсичних речовин.

Токсичність істотно залежить від форми алюмінію (III) в природних умовах (малорозчинні чи розчинні солі, комплексні сполуки), розмірів іонів (катіони металу можуть утворювати полімерні гідроксокомплекс до складу $Al_{34}(OH)_{144}^{18+}$), твердості води. Особливо небезпечний для життєдіяльності гідробіонтів $Al(III)$ у м'яких водах, тому вчені вважають, що ГДК Al^{3+} в природних водах залежно від їх твердості повинні відповідати наведеним у таблиці 38.

Йони алюмінію утворюють з еріохромціаніном R при $pH = 5,4$ комплексну сполуку фіолетового кольору, що лежить в основі кількісного визначення Al^{3+} .

Визначенню перешкоджають: ферум (III), який попередньо відновлюють до феруму (II) гідрохлоридом гідроксиламіну; флуориди і значна кількість органічних сполук (їх видаляють випарюванням проби з хлоридною кислотою і прожарюванням залишку); якщо в пробі міститься значна кількість фосфатів, алюміній визначають за методикою з 8-оксихіноліном.

Матеріали й обладнання: мірна колба місткістю 50 мл; фотоелектроколориметр; еріохромціан R; 10 %-й розчин гідроксиламіну гідрохлориду $NH_2OH \cdot HCl$; 10 %-й розчин гідроксиду натрію, 10 %-й розчин ацетатної кислоти, ч.д.а. (9,5 мл концентрованої кислоти розбавте 90 мл води); ацетатний буфер ($pH = 5,4$); стандартний розчин алюмінію (III).

Приготування розчину еріохромціану R: розчиніть 750 мг реактиву в 200 мл води, додайте 25 г хлориду натрію, 25 г нітрату амонію, 2 мл нітратної кислоти (конц.) і розбавте водою до 1 л.

Приготування ацетатного буфера ($pH = 5,4$): до 446 мл розчину ацетату натрію, $C = 0,1$ моль/л, долийте 100 мл розчину оцтової кислоти, $C = 0,1$ моль/л, і розбавте дистильованою водою до 1 л.

Таблиця 38

ГДК Al^{3+} у природних водах залежно від їхньої твердості

Твердість, ммоль екв/л	Масова концентрація Al^{3+} (ГДК), мг/л
< 2,6	$\leq 0,05$
2,6 – 7,1	$\leq 0,1$
> 7,1	$\leq 0,5$

Приготування основного розчину: розчиніть 1,758 г алюмокалієвих галунів $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, ч.д.а. в дистильованій воді і розбавте до 1 л. В 1 мл одержаного розчину міститься 0,1 мг Al (III).

Приготування робочого розчину: розбавте 10 мл основного стандартного розчину дистильованою водою до 1 л (використовуйте завжди свіжоприготовленим). В 1 мл розчину міститься 0,001 мг Al (III).

Хід роботи

У мірну колбу місткістю 50 мл налейте 25 мл аналізованої води (якщо потрібно, заздалегідь розбавленої чи випареної так, щоб у цьому об'ємі містилося від 0,001 до 0,03 мг алюмінію). Додайте 0,5 мл розчину гідроксиаміну, 3 мл розчину еріохромціаніну R, перемішайте; прилийте краплями розчин NaOH до появи фіолетового забарвлення, а потім – розчин CH_3COOH до переходу його в жовтий колір; налейте 10 мл буферу, розбавте дистильованою водою до риски і перемішайте.

Через 20 хв виміряйте світлопоглинання розчину, порівняно з контрольним дослідом, проведеним із 25 мл дистильованої води і всіма реактивами. Вимірювання проведіть у кюветях із товщиною шару 2 см, користуючись зеленим світлофільтром ($\lambda = 530$ нм); молярний коефіцієнт світлопоглинання $4 \cdot 10^4$.

Вміст алюмінію визначте за градувальним графіком, для побудови якого відберіть 0; 1; 2; 5; 10; 15; 20; 25 і 30 мл робочого стандартного розчину, що відповідає 0; 1; 2; 5; 10; 15; 20; 25; 30 мкг Al^{3+} . Обробіть кожен розчин аналогічно описаному вище. Хід аналізу при побудові кривої можна спростити: в мірну колбу місткістю 50 мл долийте потрібні кількості робочого розчину алюмінію (III), додайте по 3 мл еріохромціаніну R та 10 мл буферного розчину і доведіть об'єм до риски.

Масову концентрацію алюмінію у пробі X обчисліть за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 1000}{V}, \text{ мг / л,}$$

де a – кількість Al^{3+} за градувальною кривою, мкг;
 V – об'єм проби води, мл.

Реактиви, які застосовують в аналізі, повинні містити мінімальну кількість алюмінію (III), для цього здійснюють їх перевірку. До 2 мл

реактиву (pH = 5,4) долийте 3 мл розчину еріохромціаніну R, 3 мл ацетатного буферного розчину. Якщо в реактиві є алюміній, забарвлення розчину стає рожевим, якщо немає, – залишається оранжевим.



Робота № 34

Визначення бактеріальної забрудненості води (колі-титру)

Мікроорганізми й передусім бактерії – одна з невід’ємних ланок водних екосистем. Залежно від способу харчування вони поділяються на чотири групи.

Автотрофні бактерії отримують енергію і будують власний організм за рахунок окиснення неорганічних сполук, таких як сульфіді й сполуки феруму. Особливо сприятливі для них стічні води гірничо-збагачуваних комбінатів, шахт та ін. Окиснюючи сполуки феруму й сульфур, ці бактерії істотно понижують pH водного середовища. Висока кислотність води руйнує водні екосистеми, знищуючи багато видів флори й фауни; крім того, така вода агресивна щодо бетону, металів тощо і становить загрозу здоров’ю людей.

Сапрофітні бактерії харчуються мертвою органічною речовиною, розкладаючи тіла відмерлих рослин і тварин до простих сполук (води, вуглекислого газу й мінеральних солей). Без цих організмів життя на Землі стало б неможливим, бо воно швидко перетворилася б на «склад» трупів відмерлих організмів.

Бактерії-коменсали харчуються за рахунок живих істот, не завдаючи шкоди. Таке «співжиття» бактерій і організму-хазяїна взаємокорисне. Наприклад, у товстому кишечнику людини й тварин знаходиться дуже багато *коліморфних* бактерій. Вони тут мають ідеальні умови середовища: постійну температуру, вологість і їжу; за межами організму-хазяїна вони довго існувати не можуть. Ці бактерії сприяють кращому процесу травлення, розкладаючи деякі компоненти їжі до таких сполук, які організм людини може засвоїти. Без таких бактерій людина й тварини існувати не можуть.

Паразитичні бактерії теж існують за рахунок інших організмів, але завдаючи їм при цьому шкоди. Їх ще називають *патогенними* або *хвороботворними*, оскільки їх розмноження викликає

захворювання організму. Насамперед це зумовлюється продуктами життєдіяльності цих бактерій, так званими *токсинами* (отрутами), які викликають підвищення температури, розлад важливих життєвих функцій, порушення гомеостазу тощо. Особливо небезпечні бактерії, які є збудниками тифу, холери, дизинтерії й можуть спричинити смерть людини. Тому бактеріальні аналізи – необхідна складова досліджень води джерел, які використовуються для пиття, купання тощо.

Патогенні бактерії потрапляють у воду головним чином із неочищених чи погано очищених комунальних стоків, сміттєзвалищ, вигрібних ям тощо. Методи виявлення бактерій досить трудомісткі й дорогі, вони ґрунтуються на складних біохімічних аналізах й доступні лише спеціалізованим, добре обладнаним лабораторіям. Проте існує досить простий метод оцінки бактеріальної забрудненості води – визначенням *колі-титру*. Суть його полягає в тому, що у воді визначається присутність певного типу бактерій, а саме *коліформних*. Це бактерії-коменсали, які знаходяться в товстому кишечнику людини. Щоденно мільярди їх потрапляють у природне середовище з екскрементами. 80-95 % цих бактерій представлено видом *Escherichia coli* (*E. coli*). Тому наявність *коліформних* бактерій вказує на забрудненість води фекаліями. *Коліформні* бактерії зберігають життєздатність поза межами людського організму значно довше, ніж патогенні. Розроблено прості методи їх визначення, тому метод *колі-титру* широко використовується у всьому світі для оцінки бактеріальної забрудненості водних джерел.

Варто пам'ятати, що самі собою *коліформні* бактерії не є небезпечними для людини: їх наявність у воді свідчить про те, що вона забруднена фекаліями, і отже, може містити патогенні мікроорганізми. У різних країнах існують санітарні норми щодо наявності у воді *коліформних* бактерій; перевищення цих норм свідчить про потенційну небезпеку використання води для пиття чи купання.

Отже, *колі-титр* є необхідною складовою екологічної оцінки водного джерела. Розроблено різні методи виявлення й кількісної оцінки *коліформних* бактерій. Найпростіші з них – *Хатч* і *Міллпор* (за назвами фірм, що їх розробили). Обидва методи базуються на здатності *коліформних* бактерій розмножуватися на певних поживних середовищах та утворювати там колонії, які легко виявляються

неозброєним (або з використанням лупи) оком. Склад поживних середовищ підібрано так, що на них розмножуються лише коліформні бактерії.

Метод Хатч. Компанія Хатч випускає спеціальні набори для цього аналізу. Кожен з них містить пакети з поживними сумішами і пробірки з пробками (все стерилізоване). Аналіз передбачає два послідовні етапи визначення: перший – чи є взагалі у воді колі-бактерії; другий – якщо є, то скільки.

Матеріали й обладнання: 5 наборів Хатч для визначення наявності колі-бактерій (що містять сухий лактозний бульйон); 5 інших наборів Хатч – для визначення кількості колі-бактерій на 100 мл води (що містять сухий лактозно-жовчний бульйон).

Хід роботи

Якісний аналіз методом Хатч. Старанно вимийте руки з милом. Відкрийте набір. Не торкайтесь руками внутрішньої частини набору й кришки, оскільки можете занести туди бактерії. Наповніть набір водою, що аналізується, й закрийте кришкою. Зачекайте, поки поживний бульйон розчиниться у воді, потім переверніть набір, щоб внутрішня пробірка наповнилась цим розчином. Простежте, щоб у внутрішній пробірці не було бульбашок повітря. Повторіть процедуру з чотирма іншими наборами. Поставте всі 5 наборів у тепле місце, бажано в термостат при температурі $35 \pm 0,5$ °C. Через 1 год. знову переверніть набори, щоб видалити бульбашки повітря, яке могло виділитися з розчину внаслідок нагрівання. Поверніть набори знову до термостата.

Якщо протягом 12 – 24 год. у внутрішніх пробірках спостерігається газ, то коліформні бактерії присутні. Якщо газу немає, поверніть набори в термостат ще на добу. Якщо й протягом цього часу в пробірках газ не утвориться, коліформні бактерії у воді відсутні.

Кількісний аналіз методом Хатч. Проводиться лише при позитивних результатах першого аналізу. Строго кажучи, перший аналіз не дає однозначної відповіді, чи є у воді колі-бактерії, оскільки існують (хоч і рідко) інші види бактерій, що розмножуються в лактозному бульйоні, а отже, викликають виділення вуглекислого газу.

Для порівняння наявності колі-бактерій та оцінки їх кількості проводиться другий аналіз. Розглянемо його. Відкрийте кришку другого набору Хатч й перелийте вміст першого набору в другий. Переверніть набір, щоб вилучити бульбашки повітря з внутрішньої пробірки. Повторіть цю процедуру з іншими чотирма наборами. Помістіть другий набір у термостат й витримайте його там при температурі $35 \pm 0,5$ °C протягом 48 ± 3 год. Утворення газу в пробірках свідчатиме про наявність у воді колі-бактерій. Їх кількість визначте за таблицею 39.

Метод Мілліпор

Ґрунтується на застосуванні мембранних фільтрів (це тонкі пластикові пластинки з дрібними порами, що затримують всі бактерії з води, яка прокачується крізь ці фільтри). Певний об'єм води прокачується крізь фільтр на поверхню поживної суміші, бактерії розмножуються там і утворюють колонії, які легко спостерігаються неозброєним оком. Кожна така колонія представляє одну бактерію, що була у воді.

У наборі Мілліпор є інструкція, яка роз'яснює, як оцінити загальну кількість бактерій у воді й окремо колі-бактерій. Для полегшення підрахунку колоній застосовується попереднє розведення води, що аналізується, дистильованою водою – набагато легше визначити 10 колоній з 1 мл води, розведеної 99 мл дистильованої води, ніж рахувати 1000 колоній у 100 мл води. Звичайно, при остаточному підрахунку кількості бактерій вводиться поправка на розведення.

Таблиця 39
Кількість колі-бактерій у воді в залежності від утворення газу

Кількість пробірок		Кількість колі-бактерій на 100 мл води
без газу	з газом	
0	5	Понад 16
1	4	16
2	3	9,2
3	2	5,1
4	1	2,2
5	0	0

Виявлення *coli*-бактерій на середовищі Ендо

Напередодні аналізу приготуйте 10 %-й розчин основного фуксину в етиловому спирті. Профільтруйте його перед використанням. У день аналізу в окрему стерильну пробірку налейте 0,5 мл 10 %-го спиртового розчину основного фуксину, до якого додайте 10 %-й розчин сірчаноокислого натрію (сульфіт) до отримання яскраво-рожевого забарвлення. Розчиніть окремо 0,5 г лактози в 2-3 мл води і прогрійте протягом 5 хв. на киплячій водяній бані. Потім до 100 мл розчиненого м'ясо-пептонного агару з рН = 7,4-7,6 долийте розчин лактози і весь розчин основного фуксину із сульфитом. Середовище розлийте по чашках Петрі, воно повинно бути кремового кольору.

На поверхню середовища, що застигло, нанесіть 0,1 мл – 1 мл води, яку розітріть шпателем Дригальського. Якщо водойма дуже забруднена органічними викидами, то зробіть розведення води і при підрахунку кількості бактерій врахуйте це розведення. Чашки Петрі поставте на 24 год. у термостат при температурі 43 °С. Проведіть забарвлення препаратів за Грамом. Наявність грамнегативних неспороносних паличок у забарвлених колоніях підтверджує їх приналежність до групи *coli*-бактерій.

Підрахуйте *coli*-індекс, тобто кількість *coli*-бактерій, що знаходяться в 1000 мл води, та *coli*-титр, тобто кількість мл води, в якій міститься 1 бактерія. Охарактеризуйте рівень забруднення водойми, враховуючи таку градацію:

coli-титр = 100 – вода чиста,

coli-титр = 10 – вода придатна для пиття,

coli-титр = 0,1 – вода непридатна для пиття.

Непридатною для пиття вважається також вода, що містить в 1 мл 100 і більше сапрофітів.

Виявлення *E. coli* методом мембранних фільтрів

Метод підрахунку бактерій на середовищі Ендо дозволяє виявити групу *coli*-бактерій.

Через фільтр діаметром 30 мм пропустіть 300-500 мл чистої води або 1-10 мл розведеної у 100 разів брудної води (що відповідає 0,01-0,1 мл води досліджуваної водойми) так, щоб на фільтрі було не більше 50 колоній *E. coli*. Після фільтрування візьміть фільтр стерильним пінцетом і помістіть його фільтруючою поверхнею дорігори на агарове середовище Ендо тісно притискаючи його до поверхні.

Через 24 год. інкубації при 37 °С приготуйте із забарвлених колоній препарати і зафарбуйте за Грамом.

Якщо у препаратах відсутні грамнегативні неспороносні палички, це свідчить про відсутність *E. coli*. Якщо такі колонії присутні, проведіть посів у бродильних посудинах або у пробірках із поплавками, в які помістіть 10 мл глюкозо-пептинового середовища.

Помістіть пробірки в термостат при температурі 43 °С на 24 год. (ця температура не дозволяє розвиватися звичайним сапрофітам). Про присутність цієї палички судять за інтенсивністю газоутворення.

1 л глюкозо-пептинового середовища містить 10 г пептону, 5 г NaCl, 5,5 г глюкози, рН = 7,4 - 7,5. Проведіть стерилізацію середовища плинною парою.



Контрольні запитання до розділу

1. Як здійснюється упарювання води для аналізу?
2. Які існують способи оцінки рівня забруднення води коліморфними бактеріями?
3. Яка шкала використовується для оцінки рівня забруднення питної води важкими металами?
4. На якому принципі ґрунтується метод визначення алюмінію в питній воді?
5. Який вміст слід вважати фоновим при оцінці рівня забруднення криничної води важкими металами?
6. Який вміст слід вважати фоновим при оцінці рівня забруднення водопровідної води важкими металами?

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА СТАНУ БІОТИ УРБОЕКОСИСТЕМ

При дослідженні біоти урбоекосистем доцільно поєднувати натурні спостереження з експериментальними дослідженнями живих організмів у лабораторії.

Для натурних досліджень найбільше підходять такі види:

- 1) інтродуковані деревні породи, які з одного боку, виконують декоративну функцію при створенні загального архітектурного ансамблю міст, а з іншого – мають високу газопоглинальну та акумулятивну здатність. Актуальним для будь-якої міської системи є виявлення таких деревних порід, які відзначаються стійкістю і збереженням своїх декоративних якостей у відповідь на специфічний комплекс полутантів досліджуваної урбоекосистеми. Перебуваючи в умовах багаторічної експозиції на урбанізованих територіях, інтродуковані деревні породи мають цілий ряд переваг при індикації довготермінових тенденцій і буферної здатності урбоекосистем. Біоіндикація урбоекосистем за допомогою деревних видів здебільшого зорієнтована на листову діагностику, тобто на оцінку стану довілля за змінами листків;
- 2) різні види лишайників, оскільки в залежності від рівня забруднення міста змінюються життєві форми та види лишайників;
- 3) широко розповсюджені трав'янисті рослини, які зустрічаються як в природних, так і в урбанізованих екосистемах. Порівняльний аналіз їх стану в природній та урбанізованій екосистемі дає можливість оцінити ступінь антропогенної трансформації довілля. До них належать жовтець їдкий (*Ranunculus acris* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.), подорожник великий (*Plantago major* L.);
- 4) види мезофауни ґрунту як дзеркало антропогенної трансформації ґрунтового покриву міста. В даному розділі Ви ознайомитеся із методикою відлову цих видів за допомогою спеціальних пасток, які без особливих зусиль може виготовити будь-який дослідник. А аналіз біорізноманіття мезофауни дасть можливість зробити

висновки про екологічний стан ґрунтів досліджуваних Вами зон міста;

- 5) *Drosophila melanogaster* Mg (плодова мушка), популяції якої виявляють високу чутливість до шкідливих поллютантів у повітрі. Нами запропонована спеціальна методика, яка дозволяє оцінювати стан популяцій цього виду за таблицями виживання;
- 6) людські популяції, оскільки діяльність людини, насамперед, впливає на її власний стан. Вперше пропонується авторська методика оцінки стабільності урбоєкосистем за показником фенотипічного різноманіття людських популяцій, побудована на популярному в криміналістиці тесті “Словесний портрет”. Особливої уваги заслуговує проблема впливу антропогенних чинників на спадковий апарат людини. У цьому розділі нами описана методика оцінки мікроядерного індексу, визнаного в екологічній практиці найбільшим інформативним показником рівня пошкодження геному. Крім того, в ряді праць подані доступні методики оцінки загального стану здоров’я людини.

Для лабораторних досліджень найбільше підходить насіння або проростки пріоритетних сільськогосподарських культур того регіону, до якого належить досліджувана урбоєкосистема. При цьому орієнтуватися потрібно на найновітніші районовані для відповідної території сорти. Такий підхід дозволить розробити рекомендації щодо добору високостійких культур для еугемеробних біоценозів у межах міста. У даному розділі описані прості у виконанні методи застосування насіння та проростків не лише з метою виявлення їх стійкості до забруднювачів досліджуваної урбоєкосистеми, але й для біоіндикації рівня антропогенної трансформації виділених в її межах зон.

5.1. Синекологічні дослідження

Синекологічні дослідження спрямовані на дослідження угруповань різних видів в екологічних системах. У роботах 35 та 36 розглядаються методики дослідження угруповань лишайників та мезофауни ґрунту. Синекологічні дослідження лишайників дозволять оцінити стан атмосферного повітря, а екологічний стан ґрунтів міста Ви зможете оцінити за біорізноманіттям ґрунтової мезофауни.



Робота № 35

Оцінка стану навколишнього середовища за наявністю, багатством і різноманіттям видів лишайників (ліхеноіндикація)*

Дуже інформативними біоіндикаторами стану повітряного середовища і його зміни є нижчі рослини: мохи та лишайники, які накопичують у своїй слані (талом) більшість забруднювачів (сульфур, флуор, радіоактивні речовини, важкі метали). Лишайники поселяються на голих скелях, бідному ґрунті, стовбурах дерев, мертвій деревині, але для свого нормального функціонування вони потребують чистого повітря. Особливо вони чутливі до оксиду сульфуру (VI). Незначне забруднення атмосфери, не впливаючи на більшість рослин, викликає масову загибель чутливих видів лишайників. Вони зникають, як тільки концентрація оксиду сульфуру (VI) досягає 35 млрд⁻¹, а середній його вміст в атмосфері великих міст вище 100 млрд⁻¹ (Рамад, 1981). Тому не дивно, що більшість лишайників вже зникло із центральних зон міст.

Науковий напрямок біомоніторингу (тобто стеження) за станом повітряного середовища за допомогою лишайників називається ліхеноіндикацією. Лишайники – це симбіоз водоростей і гриба. Вони чутливі до забруднення середовища внаслідок таких причин: 1) у лишайників відсутня непроникна кутикула, завдяки чому обмін газів проходить вільно через всю поверхню; 2) більшість токсичних газів концентрується в дощовій воді, а лишайники втягують воду всією сланню, на відміну від квіткових рослин, які поглинають воду переважно коренями; 3) більшість квіткових рослин у наших широтах активні тільки влітку, коли рівень забруднення сірчистим газом набагато нижче (внаслідок зменшення спалювання вугілля в топках – основне джерело оксиду сульфуру (VI)), тоді як лишайники володіють здатністю до росту і при температурах, нижчих від 0 °C.

На відміну від квіткових рослин, лишайники здатні позбуватися від вражених токсичним речовинами частин свого талому кожного року. В містах із забрудненою атмосферою вони ростуть рідко, головний ворог лишайників у містах – оксид сульфуру (VI).

Установлено, що чим вищий рівень забруднення природного середовища сірчистим газом, тим більше сульфур накопичується в слані лишайників, причому жива слань акумулює сульфур із середовища інтенсивніше, ніж мертва. Особливо зручні лишайники як індикатори невеликого забруднення навколишнього середовища. Найбільш чутливим симбіонтом у таломі лишайників є водорості.

У світі налічується близько 26 тисяч видів лишайників. Вони розрізняються за зонами проростання (тундра, лісова зона і т.д.), видами субстрату (камені, скали, стовбури і гілки дерев, ґрунт). У лишайників, що ростуть на деревах, видовий склад розрізняється в залежності від рН кори. Лишайники зникають у першу чергу з дерев, що мають кислу кору (береза, хвойні), потім – із нейтральних (дуб, клен) і найпізніше – з дерев, що мають слаболужну кору (в'яз дрібнолистий, акація жовта). У лишайникових типах лісу домінують кущисті лишайники (кладонія, цетрарія), довгими бородами з дерев звисає устенія, яка є найбільш чутливим видом і росте в лісах лише з чистою атмосферою.

Серед життєвих форм лишайників розрізняють:

- **накипні** (слань має вигляд шкірочок) – наприклад, бацитіум фісція;
 - **листуваті** (слань має вигляд пластинок) – наприклад, пармелія, степова золотянка, гіпогімнія;
 - **кущисті** (слань має вигляд кущиків або звисаючих “борід”, іноді до 1-2 м довжиною) – зокрема, уснея, бріорія, клафонія, цетрарія.
- Практикується і більш детальний поділ життєвих форм лишайників;
- **накипні** – порошкоподібні слабо структуровані;
 - **коркові** – коркоподібні, щільно прилягають до субстрату;
 - **лускаті** – коркоподібні, краї талому припідняті;
 - **пластинчасті** – коркоподібні, краї борозенчасті і утворюють лопаті;
 - **листуваті** – талом листоподібний з чіткою нижньою шкіркою;
 - **кущисті** – прямі волосоподібні або чагарникової форми.

Найбільш чутливі до забруднення повітряного середовища кущисті та листові лишайники (зникають повністю), найменш – накипні.

Лишайники (особливо бріорія, пармелія, уснея) є їжею для ряду тварин (косуль, оленів), а кладонія – основний харч північного оленя. Руйнування і зникнення лишайникового покриву у зв'язку з забрудненням території (наприклад, під впливом промисловості та

транспорту) руйнує основні харчові ланцюги і призводить до зникнення ряду тварин, особливо оленів.

Хід роботи

Біоіндикація території за допомогою лишайників може бути організована по-різному і залежить від мети:

- 1) можна розмістити трансекту довжиною 2-3 км перпендикулярно насиченій автотранспортом позаміській дорозі, яка прилягає до лісового масиву з невеликої різноманітності деревних порід (наприклад, сосна з домішками берези або дубове насадження з домішками клену);
- 2) можна розмістити трансекту в залежності від віддалі до центру міста (центральні вулиці, на деякій віддалі від центру, околиця, приміські території). Така трансекта може простягатися на 20-50 км і переходити в зелену зону міста. В цій трансекті повинні вивчатися лише види деревних рослин.

Першу трансекту розбийте на ряд ділянок: біля дороги; на віддальх 100 м; 300 м; 500 м; 1000 м та на віддалі 2000-3000 м від дороги.

На кожній ділянці закладіть пробні площадки розміром 20 x 20 м, 50 x 50 м, 100 x 100 м (в залежності від розрідження насаджень).

На кожному пробному майданчику врахуйте такі параметри: загальну кількість видів лишайників, ступінь покриття сланню лишайників кожного дерева, частоту (зустріваність) кожного виду; багатство кожного виду.

Для порівняльної оцінки можна використати градації, наведені в таблицях 40-41.

Таблиця 40

Градація частоти зустріваності та ступеня покриття дерев сланню лишайників

Оцінка	Частота зустріваності	Ступінь покриття
1	Дуже рідка	Дуже низький
2	Рідка	Низький
3	Невелика	Середний
4	Велика	Великий
5	Дуже висока	Дуже великий (зустрічається на більшості дерев)

Вплив забруднення середовища на зустрічність лишайників

Зона забруднення	Оцінка зустрічності лишайників	Забруднення повітря сірчистим газом, мг/м^3	Оцінка забруднення
1	Лишайники на деревах та каменях відсутні	Більше 0,3-0,5	Сильне забруднення
2	Лишайники також відсутні на стовбурах дерев та каменях. На північному боці дерев у затінених місцях зустрічається зеленуватий наліт водорості плеврококус	Біля 0,3	Досить сильне
3	Поява на стовбурах і біля основи дерев сіро-зеленуватих твердих накипних лишайників леканори, фасції	Від 0,05 до 0,2	Середнє
4	Розвиток накипних лишайників – леканори та ін., водорості плеврококуса, поява листових лишайників (пармелія)	Не перевищує 0,05	Невелике
5	Поява куцистих лишайників (евернії, уснеї)	Малий вміст	Повітря дуже чисте



Робота № 36

Оцінка біорізноманіття ґрунтової мезофауни різних за класом гемеробії зон

Важливим показником стану урбоєкосистем є життєздатність та біорізноманіття ґрунтової мезофауни. Показано, що в ґрунтах помірних широт найбільш високою чисельністю характеризуються популяції ґрунтових кліщів (*Cari*), ногохвісток (*Collembola*) та енхітреїд (*Enchytraeidae*), тобто організмів, які належать до

мезофауни. На відміну від мікро-, макро- та мегафауни, представники мезофауни мають ширину тіла від 100 мкм до 2 мм.

Хід роботи

Виділіть різні за класом гемеробії ділянки в межах досліджуваної урбоєкосистеми: еталонні (фонові), паркові, бульварів, острівні ("вікна" асфальту), зони самовідновлення техногенних біотопів.

На виділених ділянках відберіть проби об'ємом 125 см³ (5 x 5 x 5; підстилка + дерен + ґрунт). Повторність ґрунтових проб повинна бути 10-20-разова на окремо вибраній ділянці в усі пори року.

Проби експонуйте на електерах або екстракторах до повного висихання. На рисунках 29-31 зображені різні типи електерів та екстракторів, які можна виготовити самостійно. Принцип відбору представників мезофауни, які населяють ґрунт, за допомогою цих пристроїв базується на уникненні ними джерел тепла і переміщенні у вологі шари ґрунту.

Нижче наводиться опис технологій відбору ґрунтових тварин за допомогою різних моделей. Зразок ґрунту покладіть на металеву решітку й висушіть у теплі електричної лампочки. Тварини поступово рухатимуться донизу у вологішу зону і, нарешті, попадають крізь чарунки решітки. При необхідності під решітку можна підставити посудину з фіксатором – 70 %-м етанолом або етил-гліцеролом.

Зразок ґрунту помістіть у сито приблизно на віддалі 25 см під металевим рефлектором із лампою потужністю 100 Вт. Кожні дві години лампу посувайте до зразка на 5 см. Поки віддаль між лампою

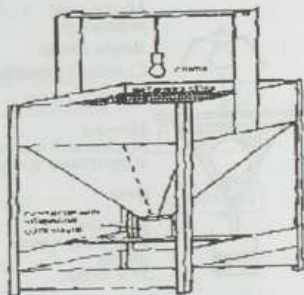


Рис. 29. Пастка-екстрактора (пасивний вилов)



Металічний рефлектор
Лампа 100 Вт
Зразок ґрунту
Металічна сітка
Гладка сторона
50% спирт

Рис. 30. Електер Тульгєна (суха екстракція)



Рис. 31. Лійка Бермана
(мокра екстракція)

і зразком не стане 5 см. У такому положенні рефлектор залишіть на 24 год. Всі дрібні тварини перемістяться вниз і крізь металеву сітку попадають у посудину зі спиртом.

Зразок ґрунту насипте в мусліновий мішок, опустіть у лійку з водою і підвісьте на віддалі 25 см під металевим рефлектором із лампою потужністю 100 Вт. Залишіть на 24 год. Вода і слабе нагрівання сприяють тому, що

організми переміщуються зі зразка у воду і осідають на дні лійки. Через певні інтервали затискач на дні лійки відкрийте і організми попадають у посудину зі спиртом.

За допомогою мікроскопа ідентифікуйте видову приналежність тварин. Для характеристики угруповань використайте індекси чисельності, домінування та параметри різноманіття, які подайте у вигляді екологічного паспорта ґрунтової мезофауни біотичного угруповання, який був розроблений І. Капрусь та Ю. Шрубович (1997). Нижче наводиться приклад заповнення відповідного екологічного паспорта.

Екологічний паспорт ґрунтової мезофауни урбанізованого біотопного угруповання (за І. Капрусь, Ю. Шрубович, 1997)

Біотоп

Будівельний майданчик у
парку "Знесіння" (ПП № 9)

Рівень гемеробії

Помігемеробний

Чисельність:

Чисельність (ос. на m^2)

28388

$n_{min-max}$ — мінімальне і максимальне

0-954

кількість особин у ґрунтових пробах

Видове багатство:

$$S_a = \Sigma S_j / M \quad [5,08 \pm 0,36]$$

$$S_j \quad [14,80 \pm 1,21]$$

$$S_e \quad [27]$$

 $n_{\min-\max}$ – мінімальна і максимальна кількість видів у ґрунтових пробах

 $DM_x = (S_e - 1) / \ln N$ – індекс Маргалефа

$$[0 - 10]$$

$$[3,30 \pm 0,49]$$

Домінування:

 $D = N_{\max} / N$ – індекс Бергера-Паркера

$$[0,3]$$

 S_{50} – кількість видів, які сумарно складають 50% чисельності угруповання

$$[3]$$

Рідкісність:

 $100 S_r / S_e$ – співвідношення кількості видів (S_r) [67]

з чисельністю, меншою, ніж 3% від загальної чисельності угруповання

 $100 S_r / S_e$ – співвідношення кількості видів (S_r) [67]

з чисельністю, меншою, ніж 1% від загальної чисельності угруповання

Організація угруповання:

 $D = 1 / \Sigma p_i^2$ – індекс різноманітності Сімпсона [3,00 ± 0,39]

 $E = D / S_{r(e)}$ – індекс вирівняності Сімпсона [0,58 ± 0,04]

s

 $H' = - \Sigma p_i \ln p_i$ – індекс різноманітності Шеннона [1,52 ± 0,12]

i-1

 $J = H' / \ln S_{r(e)}$ – індекс вирівняності Шеннона [0,23 ± 0,04]

Для порівняльного аналізу угруповань ґрунтових тварин використайте коефіцієнти Жаккара, Наумова, Вайнштейна, на основі яких побудуйте дендрограми подібності. Визначте біотопи, де мезофауна перебуває в критичному стані.

5.2. Популяційні дослідження синантропних видів та людини



Робота № 37

Оцінка стану територій міста за типом життєвої стратегії популяцій жовтцю їдкою (*Ranunculus acris* L.) *

Тип життєвої стратегії рослин, як показали Мак-Артур, Уїлсон, Шиффер, Піанка, видоспецифічний і визначається генотипом. Саме генотип контролює розподіл енергії між двома ланками – на розмноження (тобто розвиток потомства) чи на підтримання (тобто на власний розвиток організму). У залежності від того, як розподіляється енергетичний потенціал між цими ланками, усі види поділяються на три групи:

k-стратегі (або види з конкурентною стратегією) – це види, які зустрічаються в місцезростаннях зі стабільними умовами та достатньою кількістю ресурсів. Ці види більше енергії затрачують на продукування вегетативної сфери (стебло, листя);

r-стратегі (або види з рудеральною стратегією) – види, які першими займають порушені місцезростання й активно продукують генеративну сферу (квіти, насіння); проте ці види поступаються *k*-стратегам при стабілізації умов існування;

s-стратегі (або види зі стрес-толерантною стратегією) – види сурових місцезростань зі стабільно несприятливими умовами існування.

Незважаючи на те, що переважна більшість видів мають визначений, чітко детермінований тип життєвої стратегії, деякі види можуть мати проміжний тип стратегії. Вперше існування таких видів описав Дж. Грайм у праці “Vegetation classification by reference to strategies” у журналі “Nature” (1974).

Дж. Грайм виявив види з багатовекторною стратегією; багатовекторних стратегів описали й інші автори. Солбріг вперше звернув увагу на те, що здатністю виявляти різні типи життєвої стратегії володіють широко розповсюджені види рослин. Ця здатність і зумовлює їхнє розповсюдження в різних ареалах. Автор

проілюстрував їх на прикладі екологічної пластичності кульбаби (*Taraxacum officinale* L.). Саме на цій здатності ґрунтується модифікована нами методика кількісного визначення життєвої стратегії рослин, яка з успіхом може бути використана для біоіндикаційних досліджень.

При розробці запропонованої методики ми керувались описаними нижче принципами:

Лише розповсюджені рослини мають здатність виявляти усі три типи життєвої стратегії, що дозволяє їм з успіхом пристосовуватись до К-, г- та s-селективних середовищ.

Серед розповсюджених рослин перевагу при біоіндикаційних дослідженнях слід надати видам із розтягнутим річним життєвим циклом. До таких належить *жовтець їдкий* (*Ranunculus acris* L.), в якого бутонізація, цвітіння та плодоношення поєднуються в часі на одній рослині.

Для кількісного визначення життєвої стратегії рослин необхідно підібрати таку методику, яка дозволила б подолати розмірність біометричних показників. Таку можливість надає рейтингова система оцінок.

Для кожної природної зони характерні різні, детерміновані природними екологічними факторами, максимума прояву життєвих потенцій біоіндикатора. Тому виявлення негативних джерел антропогенного впливу слід проводити, відштовхуючись від еталонних зон відповідної урбоєкосистеми.

S-стратегія розповсюджених рослин розглядається нами як показник небезпечного рівня антропогенної трансформації довкілля. При цьому ми виходили з того, що до звичайної природної сукцесії розповсюджені рослини мають можливість пристосовуватися обранням г-стратегії. Обрання ними s-стратегії свідчить про необхідність значних витрат енергії на адаптаційні механізми.

Хід роботи

Рослини жовтцю їдкого відберіть у різних зонах міста або за координатною сіткою біля досліджуваних підприємств. При цьому в кожному з постів спостережень відберіть по 25 екземплярів рослин жовтцю їдкого для гербарію. Рослини викопуйте з кореневищем, плодами та квітами.

Зусилля, затрачені рослинами на підтримання життєздатності, визначте за такими морфометричними параметрами, як *загальна довжина рослин* та *кількість листків* на одній рослині. Довжину рослин визначте в розпрямленому стані за допомогою циркуля-вимірювача від найвищої точки надземної частини до кінчика кореневища.

Зусилля, затрачені рослинами на розмноження, визначте за *кількістю квітів* та *насіння* на одній рослині.

На основі абсолютних показників визначте середні значення вищезазначених параметрів жовтцю їдкою для кожного з пунктів спостережень. Усереднені значення округліть до цілих цифр.

Визначте часткові рейтинги рослин різних місцезростань за їх середньою довжиною ($ЧР_{др}$), за середньою кількістю листків ($ЧР_{кл}$), за середньою кількістю насіння ($ЧР_{кп}$) та за середньою кількістю квітів на одній рослині ($ЧР_{кк}$). Розрахунки часткових рейтингів проведіть за формулою:

$$ЧР_{др}, ЧР_{кл}, ЧР_{кп}, ЧР_{кк} = \frac{П_i - П_{min}}{П_{max} - П_{min}},$$

де $П_i$ – середнє значення показника для конкретного місцезростання;
 $П_{min}$ – найменше середнє значення показника, зафіксоване в межах урбоекосистеми;

$П_{max}$ – максимальне середнє значення показника, зафіксоване в межах урбоекосистеми.

Часткові рейтинги оцініть у частках одиниці. При цьому, якщо $П_i = П_{min}$, то $ЧР = 0$, якщо $П_i = П_{max}$, то $ЧР = 1$. Дані щодо часткових рейтингів занесіть у таблиці 42–43.

Таблиця 42

Часткові рейтинги рослин *Ranunculus acris* L. із різних місцезростань за показниками зусиль на підтримання ($n = 25$)

№ п/п	Місце зростання біоіндикатора	Середня довжина рослини, см	$ЧР_{др}$	Середня кількість листків на одній рослині	$ЧР_{кл}$

Часткові рейтинги рослин *Ranunculus acris* L. із різних місцезростань за показниками зусиль на розмноження ($n = 25$)

№ п/п	Місцезростання біоіндикатора	Середня кількість насіння на одній рослині	ЧР _{зн}	Середня кількість квітів на одній рослині	ЧР _{ккв}

Далі визначте інтегральні рейтинги зусиль жовтцю їдкою на підтримання ($IP_{зн}$) та на розмноження ($IP_{р}$) за такими формулами:

$$IP_{зн} = \frac{\sum (ЧР_{др} + ЧР_{кл})}{2}, \quad IP_{р} = \frac{\sum (ЧР_{кн} + ЧР_{кк})}{2}.$$

При визначенні типу життєвої стратегії рослин нами запропоновано такий принцип:

- якщо $IP_{зн} > 0,5$ і при цьому $IP_{зн} > IP_{р}$, то це К-стратегія;
- якщо $IP_{р} > 0,5$ і при цьому $IP_{р} > IP_{зн}$, то це г-стратегія;
- якщо $IP_{зн} < 0,5$ і $IP_{р} < 0,5$, то це s-стратегія.

Крім життєвої стратегії визначте інтегральний рейтинг життєвих зусиль ($IP_{жз}$), який оцінить як суму зусиль на підтримання та на розмноження:

$$IP_{жз} = IP_{зн} + IP_{р}.$$

Дані по інтегральних рейтингах та типу життєвої стратегії рослин у різних пунктах спостережень занесіть у таблицю 44.

Таблиця 44

Інтегральні рейтинги та тип життєвої стратегії рослин *Ranunculus acris* L. у різних місцезростаннях

№ п/п	Місцезростання біоіндикатора	$IP_{зн}$	$IP_{р}$	Тип життєвої стратегії	$IP_{жз}$

Окремо визначте місцезростання з високим інтегральним рівнем життєвих зусиль ($1 < IP_{жс} < 1,5$) та дуже високим ($IP_{жс} > 1,5$) рейтингом життєвих зусиль біоіндикатора. Якщо на тлі високого рівня життєвих зусиль рослини виявляють К-стратегію, то дана точка повинна оцінюватись як сталонна щодо екологічної стабільності.



Робота № 38

Когорти виживання та частота патологічних мутацій плодової мушки (*Drosophila melanogaster* Mg.)*

Drosophila melanogaster Mg. відноситься до роду *Drosophila* родини *Drosophilidae* ряду *Diptera* (Двокрилі). У жителів різних країн цей вид називається плодовою, банановою або оцтовою мухою.

Довжина дорослих мух біля 2 мм. У дикого типу – бурувато-жовте тіло та червоні складні очі.

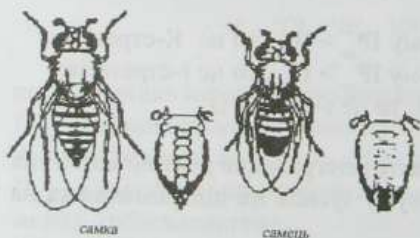


Рис. 32. Статевий диморфізм
Drosophila melanogaster Mg.

Drosophila melanogaster Mg. походить з Індो-Малайської області, в даний час майже космополіт, за винятком крайніх арктичних районів. У природі надає перевагу вологим, затіненим місцям.

У *D. melanogaster* Mg. яскраво виражений статевий диморфізм. Самців *D. melanogaster* Mg. легко відрізнити від самок за черевцем, яке закінчується зі спинного боку однією широкою чорною смугою (у самок серія смуг) (рис. 32). Крім того, самки більші за самців приблизно в 1,5 раза.

При температурі 25 °С ембріональний розвиток плодової мушки займає приблизно один день, після чого з яєць вилуплюється личинка. Ще через 4 дні після двох линьок зріла личинка стає лялечкою.

Приблизно через 4 дні після цього, звільняючись від покривів, вилуплюється молода муха або імаго. Так за свій життєвий цикл дрозофіла зазнає повного метаморфозу. Хоча здебільшого

спарювання відбувається протягом перших діб після вилуплювання мухи, відкладання яєць починається на наступний день, так що час однієї генерації складає приблизно 10 днів. При температурі 22-25 °C середня тривалість життя плодової мушки становить 3-4 тижні, проте деякі дорослі мухи можуть жити до 10 тижнів.

При температурі 10 °C личинковий період розтягується до 57 днів, але розвиток проходить ще нормально. При температурі вище 30 °C настає повна або часткова стерильність мух. Понижені температури (18-19 °C) використовують для утримання колекційного фонду.

Хоча *Drosophila melanogaster* Mg. відома як класичний об'єкт генетичних досліджень, проте вона з успіхом може застосовуватись для біоіндикації екологічного стану територій.

Для оцінки відтворення популяції плодової мушки автори пропонують використати когортні таблиці виживання.

Когорта – це група особин, які народились і проіснували протягом якогось невеликого проміжку часу.

Когортною таблицею виживання називається таблиця, в якій простежується історія існування однієї-єдиної когорти особин від моменту появи її на світ до моменту загибелі останнього індивіда.

За когортною таблицею можна виявити стадії розвитку дрозофіли, найбільш чутливі до комплексу специфічних факторів довкілля.

При оцінці частоти появи мутантних форм використовували літературні дані про найбільш поширені морфологічні дефекти плодової мушки в техногенних зонах.

Матеріали та обладнання: банки об'ємом 0,25 л, цупкий папір, поживне середовище, лупа або бінокляр, олівці, етикетки, ефір, вата.

Приготування поживного середовища. Суміш агару і дріжджів прокип'ятіть протягом 40 хв., додайте цукор та манну крупу і варіть ще близько 20 хв. У теплий розчин як антисептик додайте 1-3 мл пропіонової кислоти. Для отримання 1 л середовища потрібно 10 г агар-агару, 100 г свіжих дріжджів або 10 г сухих, 30 г цукру та 30 г манної крупи.

Хід роботи

Влітку за допомогою спеціальних пасток (банок об'ємом 250 мл) відловіть плодові мушки в реперних точках досліджуваної

території. Для цього в банки попередньо залийте по 20 мл поживного середовища. Зверху банку прикрийте цупким папером або марлею, в яких зробіть отвори для мух. Виставте пастки ближче до водойм, у затінених місцях.

Через 2 дні, коли мухи відкладуть яйця, звільніть пастки від дорослих особин, а банки закрийте марлею без отворів і залишіть для спостережень. Пастки у такому вигляді тримайте до появи перших дорослих особин, а від цього моменту ще два дні (для того, щоб дати можливість всім живим лялечкам дійти до стадії імаго). Щодня реєструйте кількість особин на різних стадіях розвитку.

Крім того, заповніть інші графи таблиці 45, обчисливши зазначені в ній показники. За коефіцієнтом смертності з'ясуйте, на якій із стадій розвитку відбувається найбільша загибель особин плодової мушки в досліджуваних зонах ґрунтової екосистеми.

У першому стовпчику перераховано і пронумеровано всі стадії життєвого циклу плодової мушки.

У другий стовпчик (a_x) занесіть загальну кількість особин, які дожили до початку відповідної стадії.

Визначте в частках одиниці частину когорти, яка дожила до початку відповідної стадії (l_x) і занесіть у третій стовпчик, беручи,

Таблиця 45

Таблиця виживання когорти *Drosophila melanogaster* Mg.

	Кількість особин на початку кожної стадії	Частина когорти, яка дожила до початку кожної із стадій	Частина когорти, яка загинула на кожній із стадій	Коефіцієнт смертності
Вікова стадія (x)	a_x	l_x	d_x	q_x
Яйця (0)				
Личинка (1)				
Лялечка (2)				
Дорослі особини (імаго) (3)				

значення l_0 за 1,000. Всі наступні значення l_x отримайте в результаті перетворення:

$$a_x \cdot \frac{1}{a_0}$$

Коефіцієнт смертності (q_x) занесіть у 5-й стовпчик, визначивши його як відношення частини когорти, яка загинула на відповідній стадії (d_x), до частини когорти, яка дожила до початку відповідної стадії (l_x).

Визначте швидкість відтворення популяції в досліджуваних зонах міста за формулою:

$$R_0 = \Sigma F/a_0,$$

де F – кількість дорослих особин, які розвилися із відкладених під час перших двох днів експерименту яєць;

a_0 – кількість яєць відкладена протягом перших двох діб перебування пасток у визначених місцях.

Одержаних наприкінці експерименту дорослих мух перенесіть у пастках до лабораторії та заморіть, вкинувши ватку з ефіром у пастки на 30 с. Роздивіться заморених мух під мікроскопом або бінокуляр. Виявіть патологічні мутації та підрахуйте частоту їх зустріваності. Дані занесіть до таблиці 46.

Таблиця 46

**Частота зустріваності патологічних мутацій
у *Drosophila melanogaster* Mg., частки одиниці**

Патологічна мутація	Досліджувана територія міста	
	№ 1	№ 2
Відсутність пігментації очей		
Недорозвинені крила		
Наявність потворної кінцівки замість антен		
Збільшення розмірів тіла		
Половина тіла набуває ознак іншої статі		
Інші дефекти		



Зміни тривалості життя людей у часовому плані під впливом антропогенних факторів*

Тривалість життя людей є інтегральним показником, який складається з багатьох факторів. Відомо, що за останні десятиліття тривалість життя в Україні і близько розташованих країнах постійно знижується. Основна причина цього – погіршення екологічного стану, загальне пониження рівня життя, яке зумовлює виснаження людського організму, зниження його імунітету. Так, під впливом чорнобильської аварії, викидів у деякі озера і ріки радіоактивних вод, забруднення наземних і водних екосистем важкими металами, пестицидами, нітратами відбувається збільшення захворюваності людей (онкологічні, шлунково-кишкові хвороби). Зростання стресових навантажень через неблагополуччя екологічних і соціальних умов призводить до підвищеного ризику і у відношенні серцево-судинних захворювань. При цьому в кожному окремому випадку впливу піддаються певні вікові групи населення. Так, радіоактивне опромінення, забруднення пестицидами, важкими металами в першу чергу згубно впливає на дітей і людей похилого віку; на перших тому, що будь-який вплив найбільш сильно впливає на клітини поділу, а на других – через послаблення опірності організму з віком, унаслідок зростання “помилки” у функціонуванні генетичного апарату клітинної тканини та ін.

Дана робота запропонована американським ученим і педагогом Б. Небелом (1993) і може бути проведена як практичне заняття зі збором матеріалу про тривалість життя людей на довго діючих кладовищах із наступною його обробкою у вигляді діаграм, графіків, з інтерпретацією отриманих даних у залежності від зміни екологічної ситуації (для різних вікових і статевих груп населення).

Хід роботи

Для збору матеріалу використайте старі кладовища, де збережені захоронення людей за останні 80-100 років (в окупованих у період Великої Вітчизняної війни районах у більшості випадків збереглися могили і надписи до них тільки за останні 50 років).

На кладовищах завжди є поділ на стару і нову частину. На кожній з них, проходячи по діагоналі в одному й іншому напрямку (це можна зробити за стрілкою компаса), довільно виберіть 80-100 могил, перепишіть дати народження, смерті, стать.

Побудуйте криву виживання в цілому для даної людської популяції або за статевою ознакою. При цьому показники розбийте на класи. По осі ординат відкладіть кількість людей (0, 5, 10, 15, 20, 30 людей), а по осі абсцис – вік, до якого вони дожили (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 50-60 років і т. д.)

Той же збір матеріалу проведіть на кладовищі з більш пізніми строками захоронення (нове кладовище) і побудуйте таку ж криву. Порівняйте криві на графіках і поясніть зміни в тривалості певних вікових груп.

Можна побудувати графік загальної смертності за роками: по осі ординат – кількість людей (як у попередньому випадку), а по осі абсцис – роки (1930-1935; 1935-1940; 1940-1945 і т.ін.)

Порівняйте криві на графіках і поясніть зміни в тривалості життя за останні 50-100 років.



Робота № 40

Фенотипічний поліморфізм людських популяцій в урбоекосистемах*

У межах досліджуваної урбоекосистеми виділіть методом конверта п'ять ЗНЗ, в яких проведіть фенотипічні та антропометричні дослідження учнів 11-х класів.

Фенотипічні дослідження проведіть за індивідним тестом "Словесний портрет" (табл. 47) та тестом кольору волосся та очей (табл. 49).

Відповідно до особливостей зовнішності досліджуваного виберіть одну з трьох ознак (А, В чи С) і помітьте хрестиком на спеціальному бланкові.

Примітка: Ознака "В" завжди означає "не зрозуміло", тобто описуваний елемент не може бути з повною упевненістю віднесений ні до варіанта "А", ні до варіанта "С".

Індивідуальний тест "Словесний портрет"

1. Стать: А - чоловіча; В; С - жіноча.
2. Волосся: А - пряме; В; С - хвилясте.
3. Волосся: А - темне; В; С - світле (блондини і русі).
4. Волосся: А - м'яке (тонке); В; С - щетинисте (товсте).

5. Череп



А - великий; В; С - малий.

6. Череп (вигляд зверху)



А - круглий; В; С - овальний

7. Череп:



А - високий; В; С - низький.

8. Потилиця:



А - плоска; В; С - опукла.

9. Потилична ямка:

А - прощупується; В; С - не прощупується.

10. Потиличний горб:

А - прощупується; В; С - не прощупується.

11. Зачіска:



А - коротка; В; С - довга.

12. Чоло:



А – високе;



В; С – низьке.

13. Лобна лінія волосся:



А – увігнута;



В; С – опукла.

14. Скроні:



А – прямі;



В; С – скошені.

15. Чоло:



А – скошене;



В; С – вертикальне.

16. Чоло:



А – плоске;



В; С – опукле.

17. Чоло:



А – одноповерхове;



В; С – двоповерхове.

18. Обличчя:



А – виличний діаметр дорівнює висоті до брів;



В – виличний діаметр перевищує висоту обличчя до брів;

С – широке

19. Обличчя:

А – жирне (блищить); В; С – сухе.

20. Обличчя:

А – червонувате; В; С – молочного кольору.

21. Ластовиння:

А – є (або було) В; С – немає.

22. Вертикальні профілювання обличчя:



А – виступаюча; В; С – плоска.

23. Горизонтальне профілювання обличчя:



А – виступаюча; В; С – плоска.

24. Обличчя:



А – прямокутне; В; С – овальне.

25. Ямочки сміху:



А – є; В; С – відсутні.

26. Обличчя:



А – яйцеподібне; В; С – у вигляді рівностороннього п'ятикутника.

27. Вилицева дуга:



А – згладжена; В; С – виступає.

28. Носогубна і носокрильна борозни:



A – не збігаються; В; С – збігаються.

29. Горизонтальна зморшка перенісся:



A – наявна; В; С – відсутня.

30. Щоки:

A – впалі; В; С – округлі.

31. Шия:

A – тонка; В; С – товста.

32. Кут щелепи:



A – виступас; В; С – згладжений.

33. Виличний горб:



A – згладжений; В; С – виступас.

34. Кут щелепи:

A – тупий; В; С – прямий.



35. Гілка щелепи:

A – висока; В; С – низька.



36. Надбрів'я:

A – опукле; В; С – зглажене



37. Брови:



A – низькі; В; С – високі.

38. Брови:



А – прямі;

В;



С – дугоподібні.

39. Брови:



А – кущисті;

В;



С – звичайні.

41. Брови:



А – косовнутрішні; В;



С – косозовнішні.

42. Брови розширюються:



А – назовні;

В;



С – всередину.

43. Брови:



А – короткі;

В;



С – довгі.

44. Брови:



А – широкі;

В;



С – вузькі.

45. Брови:



А – всередині
очниць;

В;



С – ззовні.

46. Міжбрів'я:



А – вузьке;

В;



С – широке.

47. Міжбрівна вертикальна зморшка:



А – відсутня;

В;



С – наявна.

48. Брови:

А – мохнаті; В; С – звичайні.

49. Очі:

А – маленькі; В; С – великі.

50. Очі:

А – темні; В; С – світлі.

51. Склера:

А – біла; В; С – голуба.

52. Очі:

А – впалі; В; С – випуклі.

53. Повіки:

А – товсті; В; С – тонкі.

54. Вії:

А – прямі; В; С – дугоподібні.

55. Вії:

А – короткі; В; С – довгі.

56. Вії:

А – тонкі; В; С – товсті.

57. Вії:

А – світлі; В; С – темні.

58. Складка верхньої повіки:



А – прикрита; В; С – видна.

59. Складка верхньої повіки:



А – наявна; В; С – відсутня.

60. Нижня повіка при погляді торкається райдужної оболонки:



А – так; В; С – ні.

61. Перенісся:



А – вузьке; В; С – широке.

62. Перенісся:



А – високе;

В;

С – низьке.



63. Перенісся:



А – коротке;

В;

С – довге.



64. Перенісся:



А – з виїмкою;

В;

С – без виїмки.



65. Перенісся:



А – вище зіниці;

В;

С – нижче.



66. Лобно-носовий кут:



А – відсутній;

В;

С – виражений.



67. Кінчик носа:



А – товстий;

В;

С – тонкий.



68. Кінчик носа:



А – суцільний;

В;

С – роздвоєний
(прямокутний).



69. Кінчик носа:



А – заокруглений;

В;

С – звичайний.



70. Кінчик носа:



А – опущений;



В – прямий; С – припіднятий.



71. Кінчик носа:



А – тупий;

В;

С – гострий.



72. Кінчик носа:

А – звичайний;

В;

С – відшліфований.

73. Ніс:

А – великий;

В;

С – малий.

74. Ніс:



А – широкий;

В;

С – вузький



75. Спинка носа:



А – широка;

В;

С – вузька.



76. Середня частина носа:



А – широка;

В;

С – вузька.



77. Спинка носа:



А – з горбинкою; В;

С – без горбинки.



78. Спинка носа:

А – опукла;

В – пряма;

С – увігнута



79. Крила носа:



А – широкі;

В;

С – вузькі.



80. Складки крил носа:



А – слабовиражені; В;



С – глибокі.

81. Борозна крил:



А – не торкається; В;



С – торкається середини
основи носа.

82. Ніс:



А – орлиний; В;



С – звичайний.

83. Ніс:



А – семітичний; В;



С – звичайний.

84. Носова перегородка:



А – схована; В;



С – виступає назовні.

85. Основа перегородки:



А – схована; В;



С – виступає назовні.

86. Основа крил носа:



А – пряма; В;



С – опукла догори.

87. Основа носової перегородки:



А – пряма; В;



С – опукла донизу.

88. Основа носа:



А – довга; В;



С – коротка.

89. Верхня губа:



А – висока;

В;



С – низька.

90. Фільтр:



А – прямокутний; В;



С – трикутний.

91. Фільтр:



А – глибокий;

В;



С – згладжений.

92. Верхня губа:



А – двовершинна; В;



С – одновершинна.

93. Губи:



А – вузькі;

В;



С – широкі.

94. Рот:



А – малий;

В;



С – великий.

95. Ротова щілина:



А – вигнута;

В – пряма;



С – увігнута.

96. Язик у трубочку:



А – не звертається;

В;



С – звертається.

97. Куточки рота:



А – припідняті;

В;



С – опущені.

98. Губи:



А – виступають; В;



С – втягнуті.

99. Губа виступає:



А – верхня;

В;

С – нижня.



100. Верхні зуби:



А – нахилені;

В;

С – вертикальні.



101. Ікла:



А – тупі;

В;

С – загострені.



102. Верхні внутрішні різці:



А – великі;

В;

С – не виділяються.



103. Проміжки між верхні внутрішніми різцями:



А – відсутні;

В;

С – є або прикриваються.



104. Зуби:

А – великі;

В;

С – дрібні.

105. Зуби:

А – циліндричні;

В;

С – плоскі.

106. Зуби:

А – напівпрозорі;

В;

С – непрозорі.

107. При напіввідкритому роті видно зуби:

А – нижні;

В;

С – верхні.

108. Ямочка на кістці підборіддя:



А – є;

В;

С – немає.



109. Горизонтальна зморшка на підборідді:



А – наявна;



В; С – відсутня.

110. Підборіддя:



А – високе;



В; С – низьке.

111. Підборіддя:



А – широкє;



В; С – вузьке.

112. Підборіддя:



А – виступаюче;



В; С – скошене.

113. Підборіддя:



А – одинарне;



В; С – подвійне.

114. Шия:



А – довга;



В; С – коротка.

115. Кадик:



А – виступає;



В; С – непомітний.

116. Вуха:



А – великі;



В; С – малі.

117. Вуха:



А – відстовбурчені;



В; С – притиснуті.

118. Вуха:

А – вертикальні; В;

С – нахилені.

119. Вуха:

А – тверді; В;

С – м'які.

120. Вуха:



А – широкі;



В;

С – вузькі.

121. Вуха:



А – кутасті;



В;

С – округлі.

122. Козелок:



А – трикутний;



В;

С – двохвершинний.

123. Козелок:



А – великий;



В;

С – малий.

124. Вуха:



А – трикутні;



В;

С – звичайні.

125. Мочка:



А – трикутна;



В;

С – звичайна.

126. Мочка:



A – приросла;

B;

C – відвисла.

127. Мочка:



A – велика;

B;

C – мала.

128. Мочка:



A – відстовбурчена;

B;

C – притиснута.

129. Мочка:



A – опукла;

B;

C – увігнута.

130. Зморшка мочки:



A – є;

B;

C – відсутня.

131. Козелкові зморшки:



A – є;

B;

C – немає.

132. Завиток:



A – закручений;

B;

C – розкручений.

133. Протизавиток:



A – виступаючий; B;

C – втягнутий.

134. На завитку бугорок Дарвіна:



А – є;

В;



С – немає.

135. Протикозелок:



А – нахилений;

В;



С – горизонтальний.

136. Кисті рук:

А – великі;

В;

С – малі.

137. Кисті:

А – широкі;

В;

С – вузькі.

138. Кисті:

А – довгі;

В;

С – короткі.

140. Вени на зовнішньому боці кисті:

А – рельєсні;

В;

С – згладжені.

141. Шкіра на зовнішньому боці кисті:

А – крупно-
комірчаста;

В;

С – дрібнокомір-
часта (ніжна).

142. Долоня:

А – мозолиста;

В;

С – без кератозу.

143. Долоня:

А – жорстка;

В;

С – м'яка.

144. Долоня:

А – частіше
комірчаста;

В;

С – частіше холодна.

145. Долоня поцяткована малюнком:

А – слабо;

В;

С – сильно.

146. Пальці:

А – вузлуваті;

В;

С – гладкі.

147. Великий палець руки:

А – довгий;

В;

С – короткий.

148. Перша фаланга великого пальця:



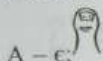
А – довга;

В;



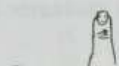
С – коротка.

149. Талія великого пальця:



A – є;

В;



С – немає.

150. Середній палець:



A – прямокутний; В;



С – гострий.

151. Нігті:



A – короткі;

В;



С – довгі.

152. Нігті:

A – чашоподібні; В; С – циліндричні.

153. Другий палець:

A – коротший, В; С – довший за четвертий.
ніж четвертий;

154. Згинальна складка I-го (великого) пальця:



A – довга;

В;



С – коротка.

155. П'ятипальцева складка:



A – довга;

В;



С – коротка.

156. Трипальцева згинальна складка:



A – довга;

В;

С – коротка.

157. Поздовжня згинальна складка третього пальця:



A – довга;

В;

С – коротка.

158. Згинальна складка четвертого пальця:



A – довга;

В;

С – коротка.

159. Згинальна складка п'ятого пальця:



А – довга;

В; С – коротка.

160. Чотирипальцева згинальна складка:



А – є;

В; С – немає.

161. Двопальцева згинальна складка:



А – є;

В; С – немає.

162. Складки першого пальця та п'ятипальцева:



А – з'єднуються; В; С – роз'єднуються.

163. Талія:



А – виражена;

В;

С – згладжена.

164. Тулуб:



А – вузький
(худий);

В;

С – широкий (повний).

165. Тулуб відносно ніг:



А – короткий;

В;

С – довгий.

166. Живіт:



А – виступаючий; В;

С – втягнутий

167. Талія зі спини:



А – виражена;

В;

С – згладжена.



168. Великий палець стопи:



А – коротший
від другого;

В;

С – довший за другий.



169. Щиколотки:



А – широкі;

В;

С – вузькі.



170. Плечі:

А – широкі;

В;

С – вузькі.

171. Плечі:

А – прямі;

В;

С – похилі.

172. Кінцівки:

А – з вираженими
м'язами;

В;

С – не виражені.

173. Таз.

А – вузький;

В;

С – широкий.

174. Ротові борозни:



А – є;

В;

С – немає.



175. Епікант (шкірна складка в кутку ока):



А – є;

В;

С – немає.



176. Дистальні фаланги великих пальців:

А – круглі;

В;

С – продовгуваті.

177. Крилоподібні складки ший:

А – відсутні;

В;

С – є.

178. П'ятипальцева складка:

А – довша за трипальцеву;

В;

С – коротша.

179. На куприку ямочки:

А – відсутні; В; С – є.

180. Міжбрівні зморшки:

А – є; В; С – немає.

181. Зморшки на скроні:

А – є; В; С – немає.

182. Лобні зморшки:

А – є; В; С – немає.

183. Брови:

А – роздвосні; В; С – звичайні.

У таблицю 49 занесіть дані щодо частоти зустріваності фенотипічних класів та рівня різноманіття (H_i) по кожній з 183 ознак.

Значення коефіцієнта Шенона, визначте в даній вибірці за формулою:

$$H_i = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i$$

Таблиця 49

Частота зустріваності особин із різним кольором волосся та очей у досліджуваній вибірці

Колір Вашого волосся		H_i
каштановий		
темно-русий		
світло-русий		
чорний		
попелясто-білий		
жовтувато-білий		
рудий		
Колір Ваших очей		H_i
голубий		
синій		
сірий		
зелений		
світло-карый		
темно-карый		
чорний		
жовтий		

де P_i – частота зустрітваності відповідного фенотипічного класу, яка визначається як відношення особин даного фенотипічного класу до загальної кількості обстежених особин.

n – кількість фенотипічних класів (А, В, С) за відповідною ознакою, наявна в досліджуваній вибірці.

У таблицю 49 занесіть дані щодо частоти зустрітваності фенотипічних класів та рівня різноманіття (H) особин даної вибірки за ознаками кольору волосся та очей. Визначте сумарне значення всіх індексів різноманіття (183 – за індивідним тестом “Словесний портрет” + 2 – за тестом кольору волосся та очей), а також усереднене значення цього індексу для даної вибірки: $UH_i / 185$. Зробіть порівняльний аналіз сумарних та усереднених значень внутрішньопопуляційного фенотипічного різноманіття для різних урбоєкосистем. За таблицями 47-49 виділіть найбільш часто зустрітвані фенотипічні класи і розробіть прототип адаптивного типу особин даної урбоєкосистеми за 185 ознаками.

Ті популяції, які характеризуються найменшими значеннями сумарного та усередненого показників біорізноманіття, заслуговують на особливу увагу як такі, що характеризуються високою генетичною замкненістю та пониженою стійкістю до навколишнього середовища.



Робота № 41

Оцінка рівня поліморфізму мешканців міських популяцій за антропометричними показниками

Крім якісних, для оцінки рівня поліморфізму людських популяцій важливі також кількісні показники. Методичні аспекти їх визначення розробляються антропометрією. *Антропометрія* (від грецького *anthropos* – людина, *metreo* – міряю) – це метод вивчення людини, який ґрунтується на вимірюванні морфологічних і функціональних ознак її тіла.

Для екологічних досліджень важливий рівень *варіабельності антропометричних показників* в даній популяції та їх *середні значення*. Останні віддзеркалюють риси так званого *адаптивного*

Таблиця 48
Частота фенотипічних класів та рівень різноманіття за ознаками тесту "Словесний портрет"

	A	E	C	H ₁	A	B	C	H ₁	A	B	C	H ₁	A	B	C	H ₁
1				38				75				112				149
2				39				76				113				150
3				40				77				114				151
4				41				78				115				152
5				42				79				116				153
6				43				80				117				154
7				44				81				118				155
8				45				82				119				156
9				46				83				120				157
10				47				84				121				158
11				48				85				122				159
12				49				86				123				160
13				50				87				124				161
14				51				88				125				162
15				52				89				126				163
16				53				90				127				164
17				54				91				128				165
18				55				92				129				166
19				56				93				130				167
20				57				94				131				168
21				58				95				132				169
22				59				96				133				170

23	60	97	134	171
24	61	98	135	172
25	62	99	136	173
26	63	100	137	174
27	64	101	138	175
28	65	102	139	176
29	66	103	140	177
30	67	104	141	178
31	68	105	142	179
32	69	106	143	180
33	70	107	144	181
34	71	108	145	182
35	72	109	146	183
36	73	110	147	$\Sigma H_1 =$
37	74	111	148	$H_{\text{gen}} =$

A, B, C – фенотипічні класи; H_1 – рівень різноманітття за відповідною фенотипічною ознакою в даній вибірці.

типу, тобто типу найбільш пристосованого до відповідних умов існування.

При проведенні антропометричного аналізу популяцій слід звернути увагу не лише на *абсолютні показники*, але й на *індекси*. Метод індексів полягає в тому, що один розмір обчислюється в відсоткових частках іншого (переважно більшого) розміру (наприклад, довжина кінцівок, ширина плечей від ширини тіла). Метод індексів більше використовується для виявлення рівня фізичного розвитку, ніж для характеристики пропорцій тіла.

Для грамотного виконання даної роботи необхідно володіти певним мінімумом антропометричних знань. Стислий виклад їх наводимо нижче.

При проведенні антропометричних вимірювань потрібно дотримуватися певних вимог, які забезпечують не тільки точність результатів, але й можливість їх порівняння.

Дослідження проводьте в один і той самий час доби – бажано в першій половині дня (оскільки до кінця дня поздовжні частини тіла можуть зменшуватися).

Ділянки тіла, на яких проводиться вимірювання, повинні бути цілком оголені. Досліджуваний стоїть на жорсткій рівній поверхні, босоніж або в тонких шкарпетках. Тому температура в приміщенні, де проводиться дослідження, повинна бути не нижче 18-20 °С.

Забезпечте на весь період дослідження (особливо поздовжніх розмірів) постійну позу досліджуваного: стоячи, тулуб випрямлений, руки вільно опущені, коліна випрямлені, п'ятки зближені, носки злегка розведені в сторони, живіт дещо підібраний, голова в положенні очно-вушної горизонталі (німецька горизонталь), коли нижній край очниці й козелкова точка вуха знаходяться на одному рівні.

Дослідження не повинно бути тривалим за часом.

Дотримуйтеся точності вимірювання. Межа допустимих відмінностей для більшості розмірів не повинна перевищувати 2-3 мм при двократних або трикратних вимірюваннях (для довжини тіла допускаються відмінності між двома вимірюваннями 4 мм). До протоколу дослідження занесіть середню величину. До початку проведення дослідження розробіть програми і форму протокольних записів, куди будуть заноситися результати дослідження.

Дослідження проводьте стандартним інструментарієм.

Розміри тіла можна поділити на: поздовжні, поперечні (діаметри) й обводи. Для забезпечення точності вимірювань використовують антропометричні точки, які повинні бути строго локалізовані. Цій меті відповідають кісткові виступи – відростки, горби, кісточки; складки шкіри – сіднична складка; специфічні шкірні утворення – грудні соски, пупок. Місце розміщення тієї чи іншої точки знаходять шляхом прощупування й безболісного натискання з наступним позначенням її дермографічним олівцем на період дослідження.

Найчастіше використовуються такі *антропометричні точки*:

Верхівкова – найвища точка тімені при положенні голови в очно-вушній горизонталі.

Верхньогрудинна – найбільш глибока точка яремної вирізки грудини по середній лінії тіла.

Нижньогрудинна – точка в ділянці основи мечоподібного відростка грудини по середній лінії тіла.

Акроміальна (плечова) – найбільш випнута зовні точка на нижньому краї акроміального відростка лопатки при вільно опущених руках.

Променева – найвища точка головки променевої кістки із зовнішньо-переднього боку передпліччя, в ділянці щілини плече-променевого суглоба (в ямці краси).

Шилоподібна радіальна – найнижча точка на шилоподібному відростку променевої кістки.

Пальцева (III) – найнижча точка на м'якості дистальної фаланги третього пальця.

Передня клубово-остиста – найбільш виступаюча вперед точка на передньо-верхній клубовій ості таза.

Лобкова – найвища точка лобкового з'єднання по серединній лінії тіла.

Клубово-гребенева – найбільш виступаюча назовні точка в ділянці клубового гребеня.

Верхньогомілкорова внутрішня – найвища точка внутрішнього краю проксимального епіфізу великогомілкової кістки (орієнтиром є щілина колінного суглоба з медіальної сторони від зв'язки наколінника).

Нижньогомілкорова внутрішня – найнижча точка внутрішньої кісточки.

П'яткова – найбільш виступаюча назад точка п'ятки.

Кінцева – найбільш виступаюча вперед точка стопи (на м'якоті дистальної фаланги першого, другого або інколи третього пальця стопи).

Хід роботи

Методом конверта виділіть у межах порівнюваних урбоєкосистем певного регіону 5 загальноосвітніх навчальних закладів, в яких проведіть дослідження учнів 11-х класів за комплексом антропометричних показників, характеристика і способи вимірювання яких подані нижче.

1) визначення поздовжніх розмірів тіла

Поздовжні розміри тіла людини визначають як проекційну відстань між антропометричними точками, зорієнтованими у вертикальній площині. Проекційні вимірювання можна проводити двома способами. Перший спосіб полягає в тому, що антропометром визначають висоту окремих антропометричних точок над опорною поверхнею, на якій стоїть досліджуваний, із наступним відніманням одного розміру від другого для визначення довжини відповідного сегмента (наприклад, різниця у висоті акроміальної і променевої точок дає довжину плеча). При другому способі з допомогою штангового циркуля вимірюють довжину сегмента між його крайніми точками (наприклад, довжина плеча – проекційна відстань між акроміальною і променевою точками).

Поздовжні розміри тіла

Довжина тіла (ріст) – висота верхівкової точки досліджуваного над точками опори.

Довжина тулуба – різниця між висотою над площею опори верхньогрудинної та лобкової точок (проекційна відстань між цими точками).

Довжина корпусу – довжина тіла за винятком довжини нижніх кінцівок.

Довжина верхньої кінцівки – різниця між висотою над площею опори плечової і пальцевої точок (проекційна відстань між акроміальною і променевою точками).

Довжина плеча – різниця між висотою над площею опори плечової і пальцевої точок (проекційна відстань між акроміальною і пальцевою точками).

Довжина передпліччя – різниця між висотою над площею опори променевої і шилоподібної точок (проекційна відстань між променевою і шилоподібною точками).

Довжина кисті – різниця між висотою над площею опори шилоподібної і пальцевої точок (проекційна відстань між шилоподібною і променевою точками).

Довжина нижньої кінцівки – сума висот над площею опори передньої клубово-остистої і лобкової точок.

Довжина стегна – довжина нижньої кінцівки мінус висота над площею опори верхньогомілкової точки.

Довжина гомілки – різниця між висотою над площею опори верхньогомілкової і нижньогомілкової точок (проекційна відстань між точками).

Довжина стопи – відстань між п'ятковою і кінцевою точками.

2) визначення поперечних розмірів тіла (діаметрів)

Поперечні розміри тіла визначають штанговим або ковзаючим циркулем як проекційну відстань між антропометричними точками у фронтальній або сагітальній площині.

Акроміальний діаметр (ширина пліч) – відстань між правою і лівою акроміальними точками (при вимірюванні плечі не повинні бути сильно підняті або опущені).

Тазогребневий діаметр (ширина таза) – відстань між правою і лівою клубово-гребневими точками.

Поперечний діаметр грудей – відстань між найбільш відступаючими боковими частинами ребер.

Передньо-задній діаметр грудей – відстань між нижньогрудною точками і остистим відростком хребця, який знаходиться у цій горизонтальній площині.

Поперечний діаметр нижньої частини плеча – найбільша відстань між зовнішнім і внутрішнім відростками плечової кістки.

Поперечний діаметр нижньої частини передпліччя – найбільша відстань між шилоподібним відростком променевої і ліктьової кісток.

Поперечний діаметр нижньої частини стегна – найбільша відстань між зовнішнім і внутрішнім відростками стегнової кістки.

Поперечний діаметр нижньої частини гомілки – найбільша відстань між кісточками великогомілкової та малогомілкової кісток.

3) визначення обводів тіла

Обводи тіла людини, або периметри, вимірюють сантиметровою стрічкою. При вимірюванні потрібно слідкувати за тим, щоб стрічка лежала в горизонтальній площині й нульова поділка знаходилася спереду, щоб стрічка щільно прилягала до ділянки тіла, яка вимірюється, не стискала м'які тканини і не змішувала шкіру (після її зняття на тілі не повинно залишатися сліду), рекомендується попередньо злегка натягнути стрічку, а потім трішки відпустити її.

Обвід грудей у спокійному стані вимірюється міліметровою стрічкою, яка накладається так, щоб ззаду вона проходила під нижнім кутом лопаток, збоку – між тулубом і руками, спереду закривала нижні сегменти біля соскових кружків (у жінок верхній край грудних залоз).

Обвід грудей при вдиху – вимірюється так само, але під час максимального вдиху. При цьому досліджуваний не повинен піднімати плечі.

Обвід грудей на видиху – вимірюється так само, але при максимальному видиху. Різниця між обводом грудей при максимальному видиху дає величину дихальної екскурсії грудної клітки.

Обвід плеча (в спокійному стані) вимірюється у горизонтальній площині в місці найбільшого розвитку двоголового м'яза плеча при вільно опущеній руці.

Обвід плеча (у напруженому стані) вимірюється так само, але при скорочених м'язах передньої поверхні плеча.

Обвід передпліччя вимірюється в горизонтальній площині в місці найбільшого розвитку м'язів передпліччя при вільно опущеній руці.

Обвід стегна вимірюється аналогічно. Стрічка накладається під сідничною складкою і замикається на зовнішній поверхні стегна.

Обвід гомілки вимірюється в горизонтальній площині в місці найбільшого розвитку триголового м'яза гомілки.

4) вимірювання товщини шкірно-жирової складки

Для вимірювання товщини шкірно-жирової складки використовують спеціальний прилад – каліпер. Тиск ніжок каліпера

не повинен перевищувати 10 г/мм² поверхні шкіри. Площа шкіри, яка захоплюється пальцями, повинна бути не менше 20-40 мм². Вимірювання проводьте у строго встановлених місцях. Переважно вимірюють товщину 8 шкірно-жирових складок:

у ділянці спини – під нижнім кутом лопатки;

у ділянці грудей – по підм'язевому краю великого грудного м'язу;

у ділянці живота – справа біля пупка;

на передній поверхні плеча – над двоголовим м'язом (приблизно на середині плеча);

на задній поверхні плеча – над триголовим м'язом (приблизно по середині плеча);

на тильній поверхні кисті – на середині III п'яної кістки;

на передній поверхні стегна – над прямим м'язом стегна, дещо нижче пахової зв'язки;

на задній поверхні гомілки в ділянці зовнішньої головки ікроножного м'язу.

За антропометричними даними обчисліть поверхню тіла, кістковий, жировий і м'язовий компоненти ваги тіла.

5) вимірювання антропометричних індексів.

Індекси тіла залежать перш за все від співвідношення скелетних розмірів, і лише незначно впливають на них товщина підшкірно-жирового шару, ступінь розвитку мускулатури, постава. Для оцінки індексів використовують матеріали, які отримують при антропометричному дослідженні, в основному з допомогою таких інструментів, як антропометр, сантиметрова стрічка, різні циркулі.

Для характеристики пропорцій тіла найчастіше використовують такі індекси: індекс скелії за Манувріє (IC).

$$IC = \frac{\text{Довжина ноги}}{\text{Ріст сидячи}} \times 100.$$

За цим індексом прийнята така класифікація:

до 84,9 – брахіскелія (коротконогість),

85,0 – 89,9 – мезоскелія (середньоногість),

90,0 і вище – макроскелія (довгоногість).

Відношення довжини кінцівки й ширини плечей до загальної довжини тіла

За відношенням цих розмірів виділяють три основні типи пропорції тіла:

- брахіморфний* (широкий й довгий тулуб і короткі кінцівки);
- доліхоморфний* (короткий й вузький тулуб, вузькі плечі, вузький таз і довгі кінцівки);
- мезоморфний* (проміжний тип – середньої довжини тулуб і середньої довжини ноги).

Кожен із цих типів пропорцій тіла має відповідні розміри частин тіла (в см):

- *доліхоморфний*: довжина тулуба – 29,5; ширина плечей – 21,5; ширина таза – 16,0; довжина ноги – 55,0; довжина руки – 46, – 46,5;
- *мезоморфний* (відповідно): 31,0; 23,0; 16,5; 53,0; 44,5;
- *брахіморфний*: 33,5; 24,5; 17,5; 51,0; 42,5.

Але, оскільки середня довжина тіла для *доліхоморфного* типу складає біля 170 см, то абсолютні розміри окремих частин тіла будуть інші:

- у *доліхоморфного* типу: довжина тіла – 170 см; довжина тулуба – 51; ширина плечей – 36,5; ширина таза – 27,5; довжина ноги – 93,5; довжина руки – 78,5;
- *мезоморфний* (відповідно): 165; 51; 36,0; 27,5; 87,5; 73,5;
- *брахіморфний*: 155; 51; 37,0; 27,5; 77,5; 67,0.

Антропометричні дані по кожному учню занесіть до таблиці 50.

Таблиця 50

Антропометричні показники людини

Вимірюваний показник	Величина показника	
	справа*	зліва*
Маса тіла (W)		
Довжина тіла (висота верхівкової точки)		
Висота антропометричних точок над підлогою		
верхньогрудинної		
нижньогрудинної		
акроміальної		
променевої		

шилоподібною радіальною		
пальцевою		
підвздошно-гребеневою		
передньої клубової-остистої		
лобкової		
верхньостегнової внутрішньої		
нижньостегнової внутрішньої		
Поздовжні розміри тіла		
довжина корпусу		
довжина тулуба		
довжина руки		
довжина плеча		
довжина передпліччя		
довжина кисті		
довжина ноги		
довжина стегна		
довжина гомілки		
довжина стопи		
Діаметри тіла		
акроміальний		
поперечний діаметр грудей		
передньо-задній діаметр грудей		
тазо-гребеневий		
нижньої частини плеча		
нижньої частини передпліччя		
нижньої частини стегна		
нижньої частини гомілки		
Обвідні розміри тіла (периметри, кола)		
Грудей:		
а) в спокійному стані		
б) при максимальному вдиху		
в) при максимальному видиху		
Експерсія грудної клітки		
Плеча:		
а) в напруженому стані		
б) в розслабленому стані		
Передпліччя		
Стегна		
Гомілки		

Товщина шкірно-жирової складки		
На спині		
На грудях		
На плечі:		
а) спереду		
б) ззаду		
На передпліччі		
На кисті		
На животі		
На стегні		
На гомілці		
Антропометричні індекси		
Індекс скелії за Манувріє (IC)		
Відношення довжини руки до загальної довжини тіла		
Відношення довжини ноги до загальної довжини тіла		
Відношення ширини плеч до загальної довжини тіла		
Відношення ширини таза до загальної довжини тіла		
Спеціальні антропометричні показники		
Поверхня тіла ($S \text{ м}^2$)		
Показник Порпера (W/S)		

* Антропометричні показники зліва і справа вимірюються лише на кінцівках.

Для кожної урбоєкосистеми зробить статистичний аналіз даних, об'єднавши дані з 5 вибірок. Визначте середнє арифметичне, стандартну похибку і коефіцієнт варіації.

Коефіцієнт варіації обчисліть за формулою:

$$V = \delta/M \times 100\%,$$

де V – коефіцієнт варіації,

δ – середнє квадратичне відхилення,

M – середня величина.

Для обчислення **середнього квадратичного відхилення** піднесіть значення $(x - M)$ до квадрата, а потім просумуйте і отримайте величину $\Sigma(x - M)^2$. Поділивши суми квадратів відхилень

на кількість спостережень мінус один, отримайте величину дисперсії, а вирахувавши з неї квадратний корінь, – середнє квадратичне відхилення:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{n - 1}}$$

На основі даних статистичного аналізу проведіть дослідження внутрішньопопуляційної та міжпопуляційної мінливості людини в порівнюваних урбоекосистемах.

Дослідження внутрішньопопуляційної мінливості

Зобразіть графічно коефіцієнти варіації антропометричних ознак в порівнюваних популяціях, як показано на рисунку 33. Виділіть популяції з найменшою варіабельністю. Ці популяції заслуговують

на найбільшу увагу, оскільки низька варіабельність ознак є свідченням генетичної замкненості популяції, а отже, низької стійкості до змін довкілля.

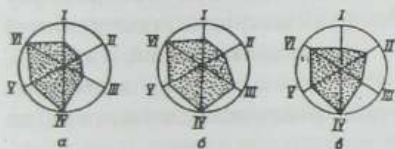


Рис. 33. Графічне зіставлення коефіцієнтів варіації трьох антропометричних ознак в шести популяціях людини

Дослідження міжпопуляційної мінливості

Виявіть найбільш варіабельні ознаки в рамках всіх порівнюваних популяцій загалом. Зазначте межі зміни коефіцієнта варіації за кожною антропометричною ознакою.

Виділіть ознаки з *низьким* та *середнім* рівнем мінливості. Саме вони зумовлюють географічну мінливість популяції і визначаються, як правило, їх генетичними особливостями.

Визначте антропометричну диференціацію людини в порівнюваних урбоекосистемах регіону за ознаками-маркерами з *низьким* та *середнім* ступенями варіювання.

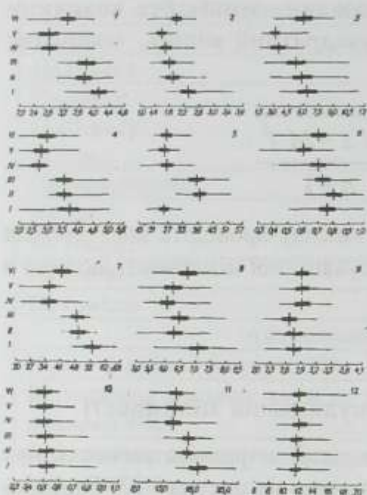


Рис. 34. Внутрішня і міжпопуляційна мінливість антропометричних ознак в 6-ти порівнюваних популяціях

Результати досліджень для наочності і зручності аналізу зобразить графічно, як це показано на рисунку 34. Вертикальною рисою позначте середнє значення ознаки, жирною горизонтальною рисою – стандартне відхилення, а тонкою горизонтальною рисою – діапазон мінливості. Для оцінки географічної мінливості людини порівняйте середні арифметичні значення ознак-маркерів за допомогою критерію Стюдента. Зробіть аналіз ступеня розходження між ознаками-маркерами, а отже, висновок про географічну роз'єднаність (замкненість) локальних популяцій. Популяції, які мешкають у відмінних

умовах, мають різний генофонд і різні ознаки внаслідок адаптації до їх специфічних екоотопів.

За антропометричними індексами встановіть адаптивні типи людини, притаманні різним урбоєкосистемам.

5.3. Аутоекологічні дослідження рослин

Аутоекологічні дослідження передбачають виявлення різних змін окремих організмів у відповідь на вплив антропогенних чинників. Здебільшого головною метою цих досліджень є біоіндикація довкілля.

Біоіндикація – це метод виявлення шкідливих чинників у довкіллі за станом окремих органів або систем органів живих організмів. У відповідності з цим організми, життєві функції яких особливо тісно корелюють із певними факторами середовища, називаються *біоіндикаторами*.

Існують різні форми біоіндикації. Якщо дві однакових реакції викликаються різними антропогенними факторами, то говорять про неспецифічну біоіндикацію. Якщо ж ті або інші зміни можна пов'язати тільки з одним фактором, то мова йде про специфічну біоіндикацію.

В історії біоіндикації морфологічні зміни рослин у відповідь на антропогенні впливи привернули до себе увагу дуже рано. У середині XIX ст. були зафіксовані пошкодження рослин димом навколо бельгійських та англійських поташевих фабрик, а вже в 1850 р. Штекхард опублікував свої спостереження про пошкодження димом ялин. Пізніше повідомлялось про характерні зміни забарвлення рослин під час військового застосування отруйних газів або їх витоків. Сьогодні в усіх промислово розвинених країнах відомо про видимі пошкодження рослинності димом або вуличних дерев сіллю.

Морфологічні зміни рослин зручні для біоіндикації, оскільки вимагають незначних затрат праці при спостереженні та оцінці явищ, що спостерігаються. Ці зміни найчастіше можуть проводитися без спеціальних лабораторій та навченого персоналу. В ряді країн морфологічні індикатори використовуються в національній системі моніторингу, в тому числі в Нідерландах це здійснюють уже понад 10 років. За допомогою методів біоіндикації, які ґрунтуються на морфології рослин, одержана більша частина картосхем антропогенного впливу. Морфологічні методи індикації знаходять також застосування при селекції стійких ліній лісових, плодових і декоративних дерев.

Дослідження змін листків



Робота № 42

Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста

При дослідженні змін листків у деревних рослин, насаджених у межах міста, слід звернути увагу на зміну їх забарвлення, наявність і тип некрозів, початок дефоліації тощо. Детальний опис різновидів цих змін наводиться нижче.

1. Зміна забарвлення листків – це здебільшого неспецифічна реакція на різні стресори:

- **Хлороз** – бліде забарвлення листків між жилками, наприклад, у рослин на відвалах, які залишаються після добування важких металів, або соснової хвої при слабкому впливі різних шкідливих газів (іноді зворотна в молодих листків);
- **Пожовтіння** країв або певних ділянок листків (наприклад, у листяних дерев під впливом хлоридів);
- **Почервоніння** – накопичення антоціану у вигляді плям на листках смородини та гортензії під впливом SO_2 .
- **Побуріння** або **побронзовіння** у листяних дерев – часто початкова стадія тяжких некротичних пошкоджень; у ялин та сосен слугує для подальшої розвідки зон димових пошкоджень;
- Зміни забарвлення, при яких листки справляють враження мовби **просякнутих водою** (часто – перші стадії некрозів; подібність із морозними пошкодженнями), а також поява **сріблястого забарвлення** поверхні листків.

2. **Некрози** – відмирання органічних ділянок тканини – важливі симптоми пошкоджень при індикації, іноді доволі специфічні. Необхідно розрізняти:

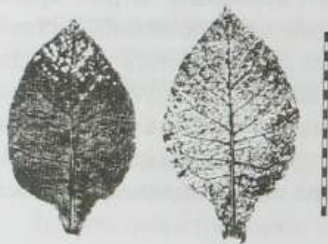


Рис. 35. Плямисті некрози (“сріблясті плями”) листків тютюну *Nicotiana tabacum* Bel W3 як характерний симптом пошкодження озоном. На молодих листках некрози утворюються лише біля верхівок. (фото FAFV)

➤ **Точкові та плямисті** некрози – відмирання тканин листової пластинки у вигляді точок або плям; наприклад, дуже характерні сріблясті плями після впливу озону в тютюну сорту *Bel W3* (рис. 35), а також у *Urtica urens* та *Begonia semperflorens*;

➤ **Міжжилкові** некрози – відмирання листової пластинки між боковими жилками першого порядку; часто при впливі SO_2 ;

➤ **Крайові** некрози – характерні, чітко відмежовані краї у

- листків лип, які пошкоджуються кухонною сіллю, що застосовується для танення льоду (рис. 36);
- **“Риб’ячий скелет”** – поєднання міжжилкових і крайових некрозів (рис. 37);

➤ **Верхівкові некрози** – характерні для однодольних та хвойних, темно-бурі, різко відмежовані некрози кінчиків хвої або верхівок листків (наприклад, у піхти та сосни після впливу SO_2 або у гладіолусів сорту “Snow Princess” під впливом HF (рис. 38).

➤ **Некрози оплодів**, наприклад, після впливу SO_2 на сім'янкові плоди, особливо поблизу квітів.

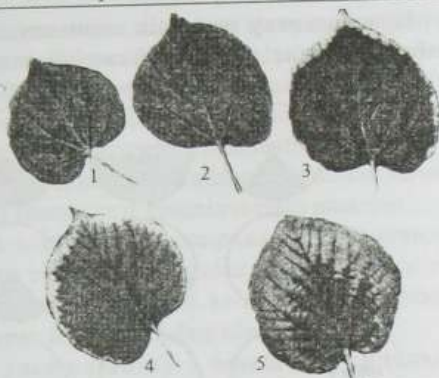


Рис. 36. Бонітувальна шкала крайових некрозів листків лип, пошкоджених сіллю для розтоплення льоду: 1 – пошкодження відсутні; 2 – крайовий хлороз; 3 – сильний хлороз листової пластинки, жовте забарвлення країв листка; 4 – сильний крайовий некроз із жовтою пограничною зоною; 5 – більша частина листової пластинки відмерла (за Р.Шубертом, 1988)

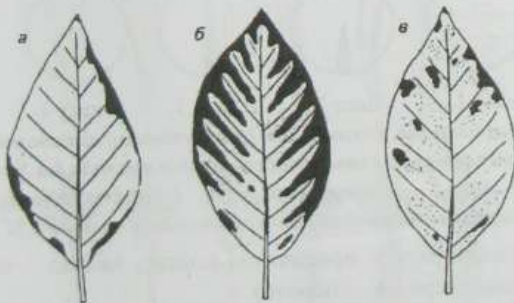


Рис. 37. Різновиди некрозів після дії SO_2 на листках різного віку бука (*Fagus sylvatica*): а – крайові некрози при пошкодженні молодих не повністю розгорнутих листків; б – некрози типу “риб’ячого скелету” в розвинутих листках; в – плямисті і точкові некрози у старих листків (за Haut, Stratmann, 1970, зі змінами)

При розвитку некрозів спочатку спостерігаються зміни в забарвленні (за дії SO_2 найчастіше утворюються брудно-зелені,

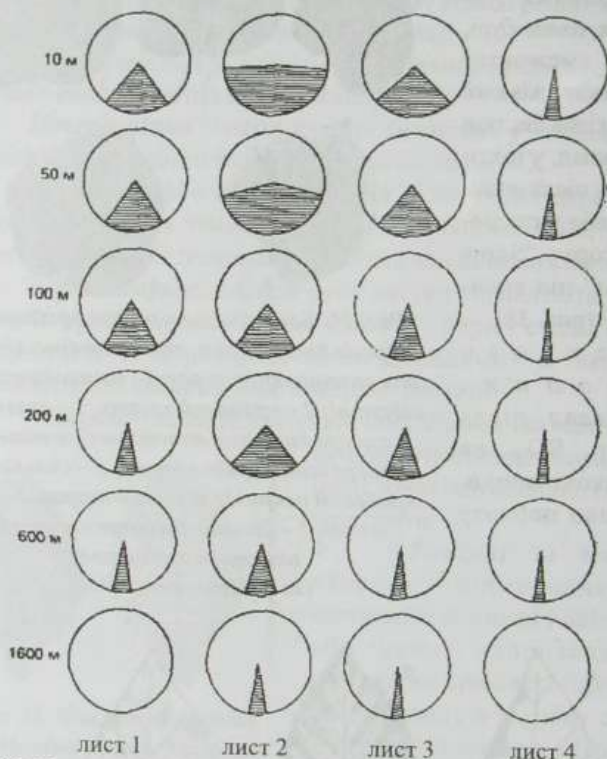


Рис. 38. Площа некрозів, викликаних газоподібними викидами флуору, на листках гладіолуса в залежності від віку листків (за Steubing, 1982) лист 1 – найстаріший лист; 4 – наймолодший. Заштрихованим позначено пошкоджену частину, %

пероксиацетилнітрату – просякнуті водою, кисню – металеві блискучі плями, хлоридів – хлорози).

Після загибелі клітин, ушкоджені ділянки осідають, висихають і можуть за рахунок виділення дубильних речовин забарвлюватися в бурий колір (часто у дерев) або через декілька днів вицвітати до білуватого забарвлення (тюльпани, цибуля, гладіолуси, зернові культури та інші однодольні). Некротичні плями часто мають темні краї,

особливо у дводольних. Пізніше в місцях некрозу можуть з'являтися розриви, подібні до погризів або до пошкоджень градом. Некрози можуть також вражати цілу бруньку (при радіоактивному опроміненні).

Кількісна оцінка некротів найчастіше здійснюється шляхом визначення процентної частки пошкодженої листової поверхні, для чого можуть бути використані допоміжні таблиці. Можливе також планіметрирування або бонітування за п'ятисхідчастою шкалою.

Передчасне в'янення відбувається, наприклад, під впливом етилену в теплицях. Квіти гвоздики (*Dianthus L.*) при цьому не розкриваються, а пелюстки орхідеї (*Orchis L.*) – в'януть; при впливі SO_2 зворотно в'януть листки малини (*Rubus idaeus L.*).

Опадання листків (дефоліація) у більшості випадків спостерігається після появи некротів або хлорозів. Прикладами може слугувати зменшення тривалості життя хвої (рис. 39), її осипання в ялини, скидання двоголкових вкорочених пагонів у сосни, передчасне опадання листя у лип та кінських каштанів (*Aesculus hippocastanum*)

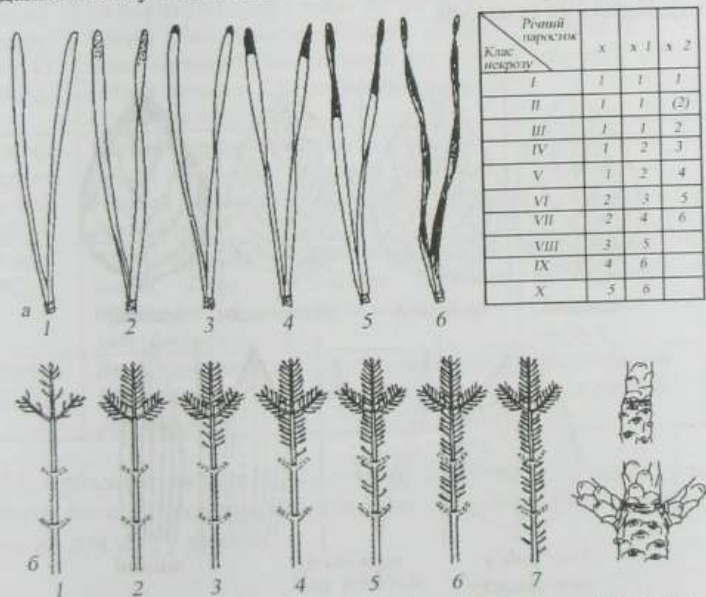


Рис. 39. Бонітувальна шкала некротів і довготривалості життя соснової хвої (за Jüger, 1980)

Л.) під впливом солі, яка застосовується для танення льоду або в агруса (*Grossularia* Mill.) або смородини (*Ribes* L.) під впливом SO_2 .

Дефоліація призводить до скорочення асимілюючої площі, а отже, до скорочення приросту, а інколи до пробудження бруньок і передчасного утворення нових пагонів. У хвойних порід легко можна визначити вік хвої, оскільки приріст пагонів у них іде строго ритмічно. Частіше за все при цьому оцінюється відсоток хвої, яка збереглася на ділянці пагона, що відповідає річному приросту (рис. 39). Тривалість життя листків у літньо-зелених рослин потрібно визначати шляхом мічення або більш частого спостереження.

Аномальна конфігурація листків може спостерігатися, наприклад, у листяних дерев після радіоактивного опромінення; внаслідок локальних некрозів також може виникати потворна деформація, перетягування, здуття та викривлення листової пластинки.

На рисунку 40 зображені **форми некрозів** на листках дводольних і однодольних та на хвої.



Рис. 40. Схема форми некрозів на листках дводольних і однодольних та на хвої (за Р.Шубертом, 1988)

При застосуванні листкової діагностики доквілля можна використати види рослин, чутливість листків яких до найбільш поширених політантів уже встановлена (табл. 51).

Таблиця 51

Рослини-біоіндикатори найбільш поширених забруднювачів міських екосистем

Компоненти забруднення	Біоіндикатори	Симптоми
Гідрогену флуорид (HF)	Гладіолус (<i>Gladiolus gandavensis</i> cv. <i>Snow Princess</i> , <i>Flowersong</i>), тюльпан (<i>Tulipa gesneriana</i> cv. <i>bluperrot</i> , <i>Preludium</i>), ірис (<i>Iris germanica</i>), петрушка кучерява (<i>Petroselinum crispum</i> var. <i>vulgare</i>)	Некрози верхівки і країв листків. Накопичення флуору в сухій речовині
Оксид сульфору (IV) (SO ₂)	Люцерна (<i>Medicago sativa</i> cv. <i>Du Purts</i>), гречка (<i>Fagopirum esculentum</i>), подорожник великий (<i>Plantago major</i> L.), горох (<i>Pisum sativum</i> L.), конюшина багряна (<i>Trifolium incarnatum</i>)	Міжжилкові некрози та хлорози
Оксид нітрогену (IV) (NO ₂)	Шпинат городній (<i>Spinacia oleracea</i> cv. <i>Subito</i> , <i>Dynamo</i>), махорка (<i>Nicotiana rustica</i>), селера пахуча (<i>Apium graveolens</i>)	Міжжилкові некрози
Хлор (Cl ₂)	Шпинат городній (<i>Spinacia oleracea</i> cv. <i>Subito</i> , <i>Dynamo</i>), квасоля звичайна (<i>Phaseolus vulgaris</i>), латук посівний (салат) (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Деформація хлоропластів, збліднення листків
Етилен (C ₂ H ₄)	Латук посівний (салат) (<i>Lactuca sativa</i> L.), помідор їстівний (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Закручування країв листків

Матеріали й обладнання: секатор садовий зі штангою для підйому його до крони дерева; паперові пакети великих розмірів; морилка для збору комах.

Хід роботи

Роботу доцільніше проводити на початку осені, коли чітко помітні всі пошкоджені листки на тій чи іншій ділянці вулиці, що дає

інформацію про стан деревних рослин у кінці вегетації в різних умовах середовища. Для порівняння дуже зручно брати дворові посадки, обмежені щільною забудовою без гаражів і автостоянок, а також приміські парки.

Проведіть збір показників за такими параметрами: 1) напрямок вулиці за сторонами світу і прив'язка її до рози вітрів; 2) визначення сторони вулиці (сонячна, затемнена); 3) ширина вулиці; 4) тип транспорту (одночасно можна підрахувати завантаженість автотранспортом (див. роботу № 14); 5) наявність високих будинків з обох боків вулиці; 6) наявність продувів між будинками (останні два положення особливо важливі, оскільки при щільній забудові й сильному завантаженні вулиць автотранспортом потік газів і пилу буде вдарятись об стіни будинків і вертатися назад на зелені насадження, викликаючи цим їх підвищене пошкодження); 7) посилений продув на перетинах розширених вулиць; 8) наявність стоянок автобусів, автотранспорту, світлофорів на перетинах (особливо на вузьких вулицях, бо при припиненні руху автотранспорту на холостих обертах проходить неповне згорання палива – сильний викид токсичних речовин); 9) близькість зелених насаджень до дороги (кількість рядів, номер ряду); 10) вид насаджень (вулична одно-, дво-, трьохрядна посадка, сквер, парк, двір); 11) найбільш стійкі та нестійкі види деревних порід.

Оцініть стан зелених насаджень за такими показниками (в дослідження повинні бути включені не менше 10-15 екземплярів однієї деревної породи).

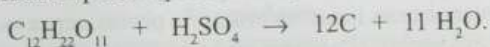
1. Наявність хлорозів, візуальна оцінка відсотка хлорозної тканини (пожовтіння тканини листка внаслідок руйнування хлорофілу). Позначте розміщення пошкоджених листків на дереві (по відношенню до дороги, по відношенню до поверхні землі – низ крони, середня частина, верх крони).

2. Наявність і відсоток точкових або крайових змін пігментації листків (поява червоних, жовтих, синьо-фіолетових, синіх точок і плям), які викликані попаданням на листки крапель сульфатної і нітратної кислот, солей тих чи інших важких металів. В умовах захисних зон такі зміни може викликати невеликий вітлік радіоактивних речовин (наприклад, у зоні впливу АЕС).

3. Наявність некрозів (відмерлої тканини), їх відсоток у порівнянні із загальною поверхнею листків. Типи некрозів: а)

точковий; б) краєвий; в) міжжилковий; г) проходить променями від жилок листка. Часто найбільший відсоток пошкоджених тканини спостерігається безпосередньо в жилках листка, ближче до черешка.

Точкові некрози виникають внаслідок попадання на листок крапель сульфатної або нітратної кислот (особливо першої), що можливо під час смогу, туману і випадання на досліджуваній території кислотних дощів. Одне із пояснень появи крайових некрозів – це накопичення солей важких металів по краю листової пластинки, цим же пояснюється відмирання кінчиків хвоїнок. Міжжилковий некроз виникає в результаті попадання на листок через продиhi або дрібних крапель сульфатної кислоти, або оксидів сульфуру, які в цитоплазмі перетворюються в сірчану кислоту. Остання – сильно гігроскопічна речовина – дуже швидко забирає воду від вуглеводів, які утворюються в процесі фотосинтезу:



Наслідком утворення вільного карбону є те, що частина листка (точка або ділянка) обвуглюється, вільна вода випаровується, вугілля вимивається опадами й утворюється суха чорнувато-коричнева тканина (внаслідок утворення із фенольних сполук опорної тканини, листка окиснених форм – хінонів).

У випадку, якщо хлорози, а потім і некрози йдуть променями від жилки листка і їхня площа збільшується до жилки і черешка (що дуже наочно видно у каштана (*Castanea Mill.*), клена (*Acer L.*) з певною часткою вірогідності можна стверджувати, що ці зміни викликані або рухом токсичних розчинів із кореневої системи по провідних шляхах, або більшою концентрацією цих розчинів при ксилемному транспорті.

4. Рівень пошкодження фіто- і ентомошкідниками, який є інформативною ознакою стану деревних насаджень у міському середовищі (в порівнянні з чистою зоною), оскільки зазвичай шкідники вражають особин, в яких порушений імунітет. Навіть відносно стійка до загазованості тополя вражена рядом комах, серед яких найбільш розповсюджена мінуюча міль. Що стосується фітошкідників, то їх оцінка неоднозначна. Так, у модельних дослідах із вихлопними газами автотранспорту було помічено, що відсоток пошкодження модрина черню та іншими захворюваннями в умовах забруднення понижується в порівнянні з відносно чистим повітрям (в умовах достатнього зволоження).

Водночас з'явилися повідомлення про пошкодження каштанів на вулицях міст бурою плямистістю листків, яка приводить до передчасного їх опадання, послаблення і подальшої загибелі дерев.

5. Корисно зрізати секатором листки з тим чи іншим ступенем пошкодження, зібрати ентомошкідників у морилку, щоб більш детально розібратися в характері і причинах пошкоджень.

У зоні впливу різних підприємств обстеження зелених насаджень проводиться аналогічно. Зберіть додаткові дані про характер і кількість атмосферних викидів того чи іншого підприємства, висоту труби, можливу дальність розсіювання забруднення у зв'язку з типом клімату, який характеризується вітрами й іншими факторами.

В результаті проведеного обстеження та обміну інформацією між групами студентів зробіть таке домашнє завдання: оформіть дану роботу, враховуючи всі виявлені параметри; опишіть на 1-2 сторінках картину пошкоджень і оцініть стійкість різних деревних порід у тих чи інших екологічних умовах; обґрунтуйте причини виявлених пошкоджень.



Робота № 43

Виявлення уражених і відмерлих тканин листка різними способами

Тканини листків деревних рослин, пошкоджені в результаті антропогенного забруднення повітряного середовища, вибувають із процесу фотосинтезу і перестають виконувати свої основні функції: синтез органічних речовин, виділення кисню та фітонцидів. Послаблена і їх пілозатримуюча роль, оскільки основна маса пилу осідає на дещо вологій поверхні листка.

Функція фотосинтезу великою мірою залежить від площі листової поверхні (листового індексу). Візуальні методи оцінки площі листків і відсотка пошкодженої листової тканини мають малу точність, хоча в цілому і відображають загальну картину пошкоджень.

Запропоновані методи оцінки дають більш точне визначення пошкодженої й мертвої тканини, оскільки жовтіюча тканина,

визначена візуально як жива, може бути оцінена як мертва діагностичними методами.

Для об'єктивної характеристики пошкоджень вимагається наявність великої кількості листя (біле 50) з кожної точки, точний відбір проб, який характеризує всю сукупність, виділення частин дерева за ступенем зіткнення із забруднювачами (наприклад, крона дерева спрямована в бік дороги або в протилежний бік: перший ряд, другий, третій і т.д.)

Матеріали й обладнання: торзійні ваги, лінійки, листки кальки, мікроскоп, чашки Петрі, лезо, препарувальні голки, 0,2 н НСІ, тепла вода, розчин метиленового синього (100 мг/л) в 2,5%-й KN_2PO_4 або акридиновий оранжевий (200 мг/л), 10%-й розчин цукрози.

Хід роботи

Обчислення відсотка ураженої тканини листка

Зібрані листки розпряміть, покладіть на квадрат кальки, в якого довжина й ширина відповідають розмірам листка. Кальку зважте ($P_{\text{кв}}$), листок обкресліть по контурах на кальці, виріжте його силует. Цю частину кальки також зважте ($P_{\text{л}}$). Визначте площину листка ($S_{\text{л}}$):

$$S_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}} \cdot S_{\text{кв}}}{P_{\text{кв}}}$$

Застосування кальки зумовлено її прозорістю, що необхідно для подальшої роботи.

Конттури листка на кальці сумістіть із листком і обкресліть всі пошкоджені зони, виріжте, зважте. Вирахуйте відсоток пошкодженої тканини:

$$S_{\text{пош}} = \frac{S_{\text{л}} \cdot P_{\text{пош}}}{P_{\text{л}}} \cdot 100 \%$$

Діагностика живих і мертвих тканин

1. **Метод кислотного просякнення.** Листя витримайте 20-30 хв. у теплій воді (35-37 °С) для пом'якшення тканин, потім помістіть на 20 хв у 0,2 н НСІ. Відмерлі та пошкоджені зони

забарвляться в бурий колір у результаті вільного проникнення кислоти в уражені клітини та феофітинізації хлорофілу.

2. *Метод забарвлення.* Приготуйте зрізи різних частин листка, помістіть у краплю метиленового голубого в KN_2PO_4 . Через декілька хвилин розчин забарвить мертві й нежиттєздатні клітини у синій колір. Живі клітини забарвлюються значно повільніше. При забарвленні акридиновим оранжевим через 5-10 хв. живі клітини флюорисціюють зелено-жовтим світлом, а уражені й мертві – оранжево-червоним.

3. *Плазмолітичний метод.* Зрізи соковитих тканин помістіть на 1-2 год. в 10 %-й розчин цукрози. У мертвих клітин плазмоліз не настає, що можна спостерігати за допомогою мікроскопа.

Оцініть відсоток пошкоджень у різних екологічних умовах.



Робота № 44

Визначення стану довкілля за площею листків дерев на вулицях міста*

Усі метамерні органи рослин реагують на забруднення середовища або абіотичні фактори. Ростові процеси у рослин складаються із численних підпроцесів і фактично є сумарними. Рослини здатні до великої мінливості (особливо розміри листя) і діапазон їх, норми-реакції дуже широкий.

Існує декілька методів вимірювання площі листків: ваговий, за допомогою світлочутливого паперу, підрахунок квадратиків на міліметровому папері, планіметричний. Модифікацією вагового методу є розробка Л.В. Дорогань (1994), де попередньо для деревної породи визначають перевідний коефіцієнт, а потім шляхом вимірювання довжини й ширини листка проводять підрахунок площі листка.

Хід роботи

Зріжте 20-25 листків (найкраще на початку вересня) з кожної деревної породи, що ростуть у різних екологічних умовах, складіть у пакети, а потім засушіть між листками газетного паперу. Це дає можливість провести роботу в зимовий період.

Встановлення перевідного коефіцієнта базується на порівнянні маси квадрата паперу з масою листка, який має таку саму довжину й ширину. Для цього візьміть папір (краще в клітинку), обкресліть квадрат, що дорівнює довжині та ширині листка, а потім акуратно обмалюйте його контур. Обчисліть площу квадрата паперу, виріжте й зважте його, потім виріжте контур листка і також зважте.

З одержаних даних обчисліть перевідний коефіцієнт за формулами:

$$K = \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{кв}}}; \quad S_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}} \cdot S_{\text{кв}}}{P_{\text{кв}}},$$

де K – перевідний коефіцієнт;

S – площа листка (л) або квадрата паперу (кв);

P – маса квадрата паперу (кв) або листа (л).

Обчислення коефіцієнта проведіть на основі вимірювання 7-8 листків. Таким ж підрахунком установіть його окремо для кожного виду рослин. Приблизно він дорівнює для берези – 0,64; для яблуні – 0,71-0,72; для тополі – 0,60-0,66.

Потім виміряйте довжину (A) та ширину (B) кожного листка і помножте на перевідний коефіцієнт (K):

$$S = A \cdot B \cdot K.$$

Отримайте ряд значень площі листків для кожної деревної породи в різних екологічних умовах. Для кожного ряду підрахуйте середньоарифметичні величини і порівняйте між собою.

У випадку великої вибірки побудуйте варіаційні криві зустріваності листків певної площі в різних умовах середовища. При цьому всі ряди по площі листків розбийте на класи від самого маленького листка до самого великого з однаковим кроком між класами. Установіть різницю в діапазоні зустріваності для маленьких і великих листків.



Асиметрія листків берези як метод біоіндикації атмосферного повітря*

Цей метод базується на флуктуаційній асиметрії. Відхилення в білатеральній симетрії може бути показником забруднення навколишнього середовища.

Хід роботи

Зберіть по 10 листків берези опушеної *Betula pubescens* Ehrh. з 10 дерев (загальна кількість листків 100) на кожній дослідній ділянці. При підборі матеріалу враховуйте:

- належність дерев до *одного виду* беріз *Betula pubescens* Ehrh.;
- положення листків у кроні (збирати листки необхідно з *других гілок знизу*, причому *передостанні два листки на пагоні*);
- вік дерев (об'єкти повинні бути приблизно одного віку, який визначте за допомогою вимірювання діаметра стовбура);
- розмір листків (збирайте листки приблизно одного розміру: в ширину – не більше 6 см, а по довжині 8 см);
- рівень пошкодження листків (усі листки повинні бути без видимих уражень, одного кольору, без плям, не ушкоджені комахами);
- однорідні умови проростання в кожній досліджуваній зоні (поділіть умовно дерева на три групи: дерева першої групи ростуть на вулицях міста, другої – в парках міста, третьої – у приміській зоні (в області)).

Дослідження відібраних листків проведіть за такими *параметрами*:

- ширина половини листка;
- довжина другої від основи листка жилки другого порядку;
- віддаль між основою 1-ї та 2-ї жилок 2-го порядку;
- віддаль між кінцями 1-ї та 2-ї жилок 2-го порядку;
- кут між основною і другою від основи листка жилками 2-го порядку;
- визначте відсоток асиметрії за цими параметрами.

Значення виміру ознаки з лівого та з правого боку позначте як X_n та X_n' . Для кожного з 10 листків одного дерева визначте відносну відмінність у вимірах кожної з 5-ти ознак з обох сторін листка за формулою:

$$y_i = \frac{X_n - X_n}{X_n + X_n}.$$

Потім визначте середню відносну відмінність на одну ознаку для кожного окремого листка. Для цього суму відносних відмінностей за кожною з п'яти ознак поділіть на 5, тобто на число виміряних ознак:

$$Z_i = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}.$$

Нарешті, визначте середню відносну відмінність на одну ознаку для даної вибірки листків (тобто для 10 листків одного дерева):

$$X = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10}}{10}.$$

Цей показник характеризує ступінь асиметрії організму. Для даного показника розроблена 5-ти бальна шкала відхилення від норми, у якій 1 бал – відносна норма, а 5 балів – критичне значення:

1 бал – до 0,055;

2 бали – 0,055 – 0,060;

3 бали – 0,060 – 0,065;

4 бали – 0,065 – 0,070;

5 балів – більше 0,070.



Робота № 46

Біоіндикація рівня біогенних елементів та гербіцидів у ґрунтах флоріценозів за станом листків троянд*

Усі відомі сорти троянд належать до сорту *Rosa L.* Під *Rosa* налічує 200 видів. Селекціонери різних країн отримали близько 25 000 сортів троянд. На клумбах перед фасадною частиною житлових будинків можна нерідко побачити чайно-гібридні сорти троянд, за станом листків яких можна зробити висновки про вміст біогенних елементів і гербіцидів у ґрунтах.

Матеріали й обладнання: садові ножиці, аркуші альбомного паперу, нитки.

Хід роботи

Знайдіть клумбу неподалік від Вашого житлового будинку, зріжте садовими ножицями декілька ушкоджених листків і пришійте їх до аркуша альбомного паперу. Використовуючи рисунок 41, визначте й підпишіть чинник, причетний до ушкодження листків.



Робота № 47

Визначення вмісту хлорофілу в листках рослин для біоіндикації довкілля

Відомості відносно використання вмісту хлорофілу та інших пігментів як біоіндикаційних ознак у літературі суперечливі. Ряд учених вважає цю ознаку недостатньо інформативною та специфічною, хоча першою стадією видимих хлорозів листків якраз і є руйнування хлорофілу під впливом несприятливих факторів. Однак інші вчені показали, що в чутливих до забруднення видів (липи і клена) спостерігається пониження вмісту хлорофілу ще до появи видимих змін і це може слугувати досить надійною неспецифічною біоіндикаційною ознакою.

Неспецифічність цього індикатора в тому, що нестача в ґрунті нітрогену, а також феруму та інших елементів впливає на колір листя в результаті руйнування в них хлорофілу, і, такий прояв дуже часто використовується для оцінки низької родючості ґрунту. Це треба враховувати і використовувати даний показник при біоіндикації в поєднанні з іншими ознаками.

Для оцінки ступеня забруднення наземних екосистем або їх складових листя потрібно брати із середньої частини крони в першій половині вегетації, з огляду на умови проростання (освітленість, мінеральне харчування, оводненість та ін.). Як біоіндикатори у міській сфері рекомендують використовувати такі газочутливі види: липу дрібнолисту, клен платанolistий, каштан кінський, ялину звичайну, сосну звичайну.

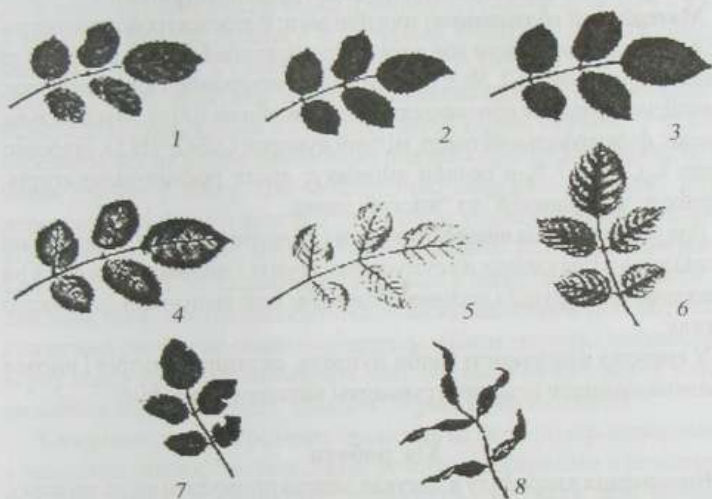


Рис. 41. Діагностика рівня біогенних елементів і гербіцидів у ґрунтах за станом листків троянд: 1 – дефіцит нітрогену (молоді листки дрібні та блідо-зелені, передчасно опадають; іноді на них з'являються червоні плями); 2 – дефіцит фосфору (молоді листки дрібні й темно-зелені, знизу червоно-фіолетові, передчасно опадають); 3 – дефіцит калію (молоді листки червонуваті, дорослі листки зелені, з коричневими висохлими краями); 4 – дефіцит магнію (середина листка бліда, біля центральної жилки тканина листка відмирає; найсильніше дефіцит калію спостерігається на старих листках; листки передчасно опадають); 5 – дефіцит феруму (великі жовті плями на листках; особливо сильно страждають молоді листки, які жовтіють майже суцільно); 6 – дефіцит мангану (жовті смуги між жилками на листках; сильніше проявляється на старих листках); 7 – підмерзання (уражені листки зморщуються та рвуться, на них з'являються коричневі або жовті плями); 8 – ураження гербіцидом (черешки листків спіралеподібно закручені, листки вузькі та перекручені)

Метод ґрунтується на добуванні хлорофілу з листя розчинниками (спирт, пропанон-2, ацетон) і визначення його кількості на фотоелектроколориметрично або спектрофотометрично.

Матеріали й обладнання: торсійні ваги; фотоелектроколориметр – ФЕК; насос Камовського або електричний; колба Бунзена з корком та скляним фільтром № 2, № 3; ступки малі з маточками; скляні палички; ножиці; потовчене та просіяне скло; мірні колби на 100 та 50 мл; калъка, вазелін; фільтрувальний папір, мідний купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; біхромат калію $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 7 %-й розчин амоніаку; листя рослин-індикаторів, зібране в “забруднених” та “чистій” зонах.

Для роботи можна використовувати і кімнатні рослини, вирощувані спеціально в посудинах на гумусному ґрунті з поливом водою та на малородючому ґрунті з поливом розчином солі якого-небудь важкого металу.

У випадку відсутності колби Бунзена, скляних фільтрів і насоса їх можна замінити центрифугуванням витяжки хлорофілу.

Хід роботи

Визначення хлорофілу в листках можна проводити як на свіжому, так і на фіксованому матеріалі. Фіксацію здійснюють плинною парою (5 хв.) чи сухим жаром (при 105 °С протягом 5-10 хв.).

Т.Н. Годнев (1963) запропонував такий спосіб фіксації для збереження хлорофілу. Листя наріжете дрібними шматочками, заверніть в марлю та занурте у киплячий насичений розчин кухонної солі на 1-2 хв. За цей час матеріал зневоднюється і ферменти руйнуються. Потім матеріал промийте проточною водою протягом 30 с, струсіть для вилучення вологи. Висушіть у тіні не менш 2-х діб чи в термостаті при температурі 40 °С. Н.А. Шлик (1971) вважав, що найкращі результати дає взаємодія фіксації матеріалу гарячим паром (2 хв.) із проведенням якомога швидшої екстракції на холоді.

При роботі з сухим матеріалом візьміть наважку 0,5-1 г, зі свіжим – 1-2 г. Попередньо визначте вологість листя. Наважку рослинного матеріалу добре подрібніть у фарфоровій ступці з битим склом, додаючи крейду чи вуглекислий магній. Отримання хлорофілу із сухого матеріалу можна проводити 90 %-м спиртом або 80-85 %-м пропаном-2, а з свіжого – 96-98 %-м спиртом або абсолютним пропаном-2, або 98 % ацетоном.

До розтертого рослинного матеріалу додайте трохи розчинника і матеріал продовжуйте розтирати разом із розчинником.

У колбі Бунзена в отвір корка прикріпіть скляний фільтр № 2 чи № 3 (діаметр фільтра повинен відповідати кількості досліджуваного матеріалу). Колбу з'єднайте з насосом і проведіть відсмоктування рідини. Рідину зі ступки злийте по скляній паличці в лійку-фільтр, попередньо змастивши вазеліном зовні носик ступки. У ступку перелийте 4-5 мл розчинника і знову розітріть протягом хвилини, потім знову злийте у лійку. Цю маніпуляцію повторіть 2-3 рази, потім перенесіть на фільтр всю розтерту масу, ущільніть її паличкою та відсмокчіть. Ступку обполосніть декілька разів розчинником, виливаючи його на ущільнений матеріал у лійку, дайте постояти 2-3 хвилини, після чого відсмокчіть. Обполіскування проводьте доти поки стікаючий розчин не стане безбарвним. Потім екстракт перенесіть у мірну колбу на 50 мл, сполосніть декілька разів Бунзенівську колбу і вилийте в мірну. Витяжку доведіть до риски розчинником.

Колориметрування розчину проведіть на фотоелектроколориметрі з червоним світлофільтром. Якщо речовина забарвлена в інтенсивно зелений колір, її необхідно розбавити, оскільки при великих концентраціях величини на ФЕКу можуть виходити за межі роздільної здатності приладу.

Для перерахунку хлорофілу на стандартні величини використовуйте розчин Гетрі, який має такий склад: 1%-й розчин $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (візьміть лише сині кристали), 2%-й розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 7%-й розчин амоніаку (на 7 мл 18 %-го амоніаку потрібно взяти 11 мл води).

Для виготовлення стандарту в мірну колбу ємністю 100 мл точно відміряйте розчини $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 28,5 мл, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 50 мл, NH_4OH – 10 мл, доведіть дистильованою водою до мітки і перемішайте. Розчин Гетрі за забарвленням колориметрично еквівалентний розчину 85 г кристалічного хлорофілу в літрі. Методом розбавлення стандартного розчину побудуйте калібрувальну криву, де по осі абсцис відкладіть вміст хлорофілу (мг/л), а по осі ординат – оптичну густину. Калібрувальну криву побудуйте від концентрації 0,085 мг/л (1 мл вихідного розчину та 99 мл води) до 7,65 мг/л (90 мл вихідного розчину та 10 мл води).

Вимірювання на ФЕКу проведіть декілька разів, потім вирахуйте середнє. За отриманими даними визначте концентрацію хлорофілу в

дослідних зразках за калібрувальною кривою. Потім вирахуйте кількість хлорофілу в мг/г листка (за сирою чи сухою масою), одержані результати занесіть у таблицю 52. У насадженнях сосни (*Pinus L.*) кількість хлорофілу коливається від 0,08 до 0,14 мг/г. Можна також виразити кількість хлорофілу у відсотках (0,3-1,3% абсолютної сухої маси листа).

Таблиця 52

Схема запису результатів аналізів

Дослід	Наважка, мг	Показники ФЕКу	Кількість хлорофілу за калібрувальною кривою, мг/50 мл	Вміст хлорофілу в листках	
				мг/г	%

Максимум поглинання в червоній області спектра хлорофілу *a* знаходиться при 662 нм, а максимальне поглинання в червоній області хлорофілу *b* при 644 нм. Визначити концентрації цих пігментів можна за такими рівняннями:

$$C_a = 9,78 \cdot D_{662} - 0,9 \cdot D_{644},$$

$$C_b = 21,43 \cdot D_{644} - 4,65 \cdot D_{662},$$

$$C_{a+b} = 5,13 \cdot D_{662} + 20,44 \cdot D_{644},$$

де D_{644} – оптична густина суміші при 644 нм і товщині шару 1 см.

Виходячи із знайдених концентрацій пігментів розрахуйте вміст їх у досліджуваному зразку за формулою:

$$X = \frac{0,1 \cdot C \cdot A}{n},$$

де X – вміст пігменту у досліджуваному зразку, мг/100 г речовини;

C – концентрація пігменту мкг/мг;

A – об'єм екстракту пігмента, мг;

n – наважка досліджуваної речовини, г;

0,1 – коефіцієнт перерахунку концентрації пігменту мг/мл на 100 г речовини.



Визначення забруднення навколишнього середовища пилом за його накопиченням на листових пластинках рослин

В умовах міст та інших обжитих територій одним із потужних забруднювачів повітря є пил, який переноситься на великі відстані при розпушенні ґрунтів, при викидах від цементних, керамічних заводів, підприємств з виробництва силікатної цегли, а також від автотранспорту, який рухається. В останньому випадку – це дрібні частинки ґрунту і різних солей, продукти зношування шин і подрібнення асфальтового покриття. Всі ці частинки, які складають пил, осідають на листках, вдихуються людиною, викликаючи порушення роботи дихальних шляхів, силікози, які провокують кашель і плач. Найбільша затримка пилу листками спостерігаються в різних видів тополі, які поширені в озелених посадках міст. Тополя взагалі найбільш стійка із деревних порід до різних типів повітряних забруднень.

Матеріали й обладнання: торсійні ваги; термостат; калька; вата; пінцети; фільтрувальний папір; лінійки карта частини міста; садовий секатор на збірній штанзі; мікроскоп.

Хід роботи

Листки одного виду тополі, найбільш поширеного в місті (тополі чорної (*Populus nigra* L.) або тополі бальзамічної (*Populus balsamifera*), відберіть на попередньо відмічених по карті місцях з висоти 1,5-2 м (висота шару повітря, яке вдихає людина) в 10-15-кратній повторності. Для цього використовуйте садовий секатор на збірній штанзі. Одночасно відберіть листки тополі, які проростають у чистій зоні (контроль). Листки помістіть у пакети з кальки і обережно доставте в лабораторію, уникаючи стряхування пилу.

1. У лабораторних умовах на торсійній вазі або аналітичних терезах зважте шматочок вологої вати, загорнутої в кальку (до 0,001 г). Листок тополі добре вимокайте цією ватою з обох боків (розверніть кальку за допомогою пінцета), після чого вату зважте в кальці

повторно. Масу пилу (Р) розрахуйте як різницю між другим і першим зважуванням ($P = P_2 - P_1$). Площу листка вирахуйте шляхом обмірювання листових пластинок вздовж (а) і впоперек (b), і помножте на перевідний коефіцієнт (К):

$$S = a \cdot b \cdot K$$

Коефіцієнт коливається для різних видів тополь від 0,60 до 0,66 (визначення коефіцієнта К див. у роботі № 44). Кінцевий результат виглядає так:

$$m = \frac{P}{S} \text{ мг / см}^2,$$

M – маса пилу на 1 см² листка.

2. Фільтрувальний папір добре змочіть водою до стікання. Помістіть на нього листок верхньою поверхнею, а потім поряд – нижньою і прикрийте листком кальки або плівки. На фільтрі отримаєте відбиток, який оцініть візуально за ступенем забруднення (суцільне – 100%, наполовину – 50%).

Для цієї ж мети можна використовувати клейку плівку “скотч”, яку накладіть на листок рослини, зніміть і приклейте до білого аркуша паперу.

3. Зважте упарювальну чашку, налійте в неї дистильовану воду. Пил змийте з 30-50 листків добре змоченим пензликом в упарювальну чашку, після чого сполосніть пензлик у цій воді. Воду випаруйте, чашку з пилом висушіть у сушильній шафі при температурі +105 °С до постійної ваги, а потім зважте. Вирахуйте різницю у вазі чашок у кінці та на початку дослідів. Кількість пилу розрахуйте в мг на см² листка.

Отримані дані занесіть у таблицю 53.

Таблиця 53

Схема запису результатів дослідження

Місце відбору	Площа листків тополі, см ²	Кількість пилу	
		мг/см ²	% від контролю

Визначення токсичності пилу

Сухий пил розітріть скляною паличкою в чашці з розрахунку 1 г пилу на 25 см³ води, профільтруйте, оцініть токсичність за реакцією з найпростішими.

Побудова карти забруднення пилом певної території

Отримані дані про забрудненість листків у різних екологічних умовах випишіть на дошку, порівняйте з контролем (береться за 100%). Візьміть приблизну карту району або ділянки міста, на неї нанесіть дані по забрудненню листків, подібні за ступенем забруднення ділянки з'єднайте ізолініями. Розфарбуйте різними олівцями: червоний – зона найбільшого забруднення; *оранжевий* – сильного; *рожевий* – середнього; *світло-рожевий* – слабого і *зелений* – чиста зона.

Робота № 49

Вивчення впливу парів сульфатної та нітратної кислот на листки молодих рослин

Матеріали й обладнання: концентрована сульфатна та нітратна кислоти; скляні чашки Петрі; скляний акваріум або інша широкогорла скляна посудина (наприклад, ковпак від ексикатора); зразки рослин (молоді пагони в горшечках згідно зі списком (див. нижче).

Увага! Ця робота повинна проводитись лише у витяжній шафі!

Хід роботи

Заздалегідь виростіть у горшечках зразки рослин (молоді пагінці з 2–4 листочками). Розмістіть дослідні зразки рослин (вибраних представників із трьох указаних нижче груп) у такій кількості, щоб групи горшечків можна було накрити скляним перевернутим догори дном акваріумом або іншою скляною посудиною. У чашку Петрі без кришки налейте 10–20 мл концентрованої сульфатної кислоти й поставте під акваріумом поряд із горщиками. Накрийте горщики й чашку Петрі акваріумом чи ковпаком. За рослинами спостерігайте протягом 7–10 днів, регулярно відмічайте в журналі спостережень зміни, які з ними відбуваються (пожовтіння і всихання листя тощо).

Визначте у кожній експериментальній групі рослин найбільш і найменш стійкі до дії парів H_2SO_4 .

Групи рослин за стійкістю до впливу H_2SO_4 :

1) клен (*Acer L.*), хризантема (*Chrysanthemum L.*), жито (*Secale L.*), картопля (*Solanum tuberosum L.*), бузок (*Syringa L.*), цибуля (*Allium L.*), троянда (*Rosa L.*);

2) люцерна (*Medicago L.*), ячмінь (*Hordeum L.*), квасоля (*Phaseolus L.*), морква (*Daucus L.*), цикорій (*Cichorium L.*), конюшина (*Trifolium L.*), салат посівний (*Lactuca sativa L.*), лишайник (принести з лісу зі шматком деревини), овес (*Avena L.*), гарбуз (*Cucurbita L.*), редька (*Raphaus L.*), ревінь (*Rheum L.*), сальвія (*Salvia seguiev L.*), буряк столовий, тютюн (*Nicotiana L.*), турнепс (*Brassicarapa L.*), пшениця (*Triticum L.*);

3) яблуня (*Malus L.*), абрикос (*Armeniaca Scop.*), айстра (*Aster L.*), бегонія (*Beta vulgaris L.*), капуста (*Brassica L.*), вишня (*Cerasus Mill.*), гладіолус (*Gladiolus L.*), виноград (*Vitis L.*), груша (*Pyrus L.*), слива (*Prunus L.*), цукровий буряк, помідор (*Lycopersicon Mill.*), диня (*Melo Mill.*).

Установіть, яка з цих груп найбільш і яка найменш стійка до впливу парів H_2SO_4 .

Повторіть весь процес з іншими рослинами і з азотною кислотою.

Групи рослин за їхньою стійкістю до впливу парів HNO_3 :

1) ячмінь (*Hordeum L.*), квасоля (*Phaseolus L.*), синій баклажан, салат посівний (*Lactuca sativa L.*), цибуля (*Allium L.*), петрушка (*Petroselinum Hill.*), редька (*Raphaus L.*), ревінь (*Rheum L.*), помідор (*Lycopersicon Mill.*), турнепс (*Brassicarapa L.*), сосна (*Pinus L.*);

2) капуста (*Brassica L.*), диня (*Melo Mill.*), огірок (*Cucumis L.*), гладіолус (*Gladiolus L.*), кабачок (*Cucurbita pepo L.*);

3) люцерна (*Medicago L.*), селера (*Apium L.*), овес (*Avena L.*), петунія (*Petunia Luss.*), шпинат (*Spinacia L.*), цукровий і столовий буряки, тютюн (*Nicotiana L.*).

Визначте, яка із цих груп складається з найбільш стійких до дії парів HNO_3 рослин і яка – з найменш стійких.



Робота № 50

Вивчення впливу вихлопних газів автомобілів на листки молодих рослин

Матеріали, рослини й процес такі самі, як описано вище, але замість парів кислот на рослини діють вихлопними газами автомобіля. Їх потрібно зібрати за допомогою установки Едукіп або просто пластикового пакету, що надягається на вихлопну трубу автомобіля, двигун працює вхолосту. Пакет зав'яжіть й перенесіть до лабораторії. Його вміст помістіть під скляний ковпак із піддослідними рослинами. Визначте стійкість різних рослин до дії вихлопних газів і рівень чутливості різних груп рослин.



Робота № 51

Визначення стійкості деревних порід до шкідливих газів у лабораторному експерименті з ізольованими листками

Вихлопні гази автотранспорту складають на теперішній час 60 – 80 % від суми викидів токсичних речовин у міських екосистемах. Усі їх компоненти (а їх більше 200) діють синергічно, а інколи виявляють і емерджентні властивості. Від вихлопних газів страждають як автотрофи (зелені рослини), так і гетеротрофи (людина та тварини). Водночас деякі рослини очищують атмосферу від шкідливих домішок.

До складу вихлопних газів входять такі токсичні речовини як чадний газ, оксиди нітрогену, сірчаний газ, сполуки свинцю та різноманітні канцерогенні алкани.

Матеріали й обладнання: насос Камовського або електричний; автомобільна гумова камера, попередньо наповнена газами від вихлопної труби карбюраторного мотору з використанням автомобільного насоса; спеціально змонтовані скляні камери на 750 – 1000 мл, гумові корки до них із двома вмонтованими скляними трубками (рис. 42), гумові шланги, затискачі лабораторні, скляні заглушки, довгі пінцети, пластилін, ваги технічні; різноважки; фольга; вата; зелені

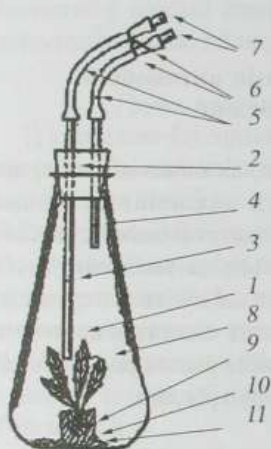


Рис. 42. Змонтована камера для вивчення газостійкості деревних рослин: 1 – камера; 2 – пробка; 3, 4 – скляні трубки; 5 – гумові шланги; 6 – затискачі; 7 – заглушки; 8 – досліджувані рослини; 9 – ватний тампон; 10 – фольга; 11 – камені (за Г.О.Білявським, Р.С.Фурдусь, 1997)

непошкоджені листки різноманітних деревних рослин.

Завчасно необхідно принести невеликі гілки деревних рослин із листками. Кінці гілок повинні бути загорнуті в мокру вату і в полістилен.

Хід роботи

8 г листків деревних рослин зважте на техніхімічних вагах, складіть черешками разом, останні обгорніть мокрою ватою, а потім фольгою – для збереження у рослин нормального водообміну та фотосинтезу. Фольгу сформуйте так, щоб утворилась плоска поверхня, яка прилягає до дна колби, а листки стояли вертикально.

Колби і гумові корки зі скляними корками стерилізуйте 5 хв. над киплячою водяною банею горлом вниз, потім переверніть горлом догори і висушіть над закритою нагрітою водяною банею (щоб скло колби не було запотілим). На дно колби довгим пінцетом вертикально опустіть пучки листків різних деревних рослин фольгою вниз,

закрийте корком, всі можливі щілини (колба – корок або корок – трубка) заклейте пластиліном, всі трубки закріпіть затискачами і заглушками. Камеру обгорніть поліетиленом, щоб запобігти її розколу при роботі зі скляними ємностями, непередбаченими для вакууму.

Насосом у колбі створіть вакуум. Час для отримання вакууму визначте дослідним шляхом. Це приблизно 30 прокачувань насосом Камовського. Потім трубку, яка йде до насоса, затисніть затискачем і відкрийте трубку, що проходить від автомобільної гумової камери з газом. При цьому добре чутний хлопок показує, що вихлопні гази увійшли в безповітряну камеру. Якщо хлопка не було, то треба перевірити герметичність камери і створити вакуум заново. Потім,

знявши затискач, прокачайте газу через камеру. При використанні насоса Камовського для цього потрібно 40 прокачувань. Після цього всі трубки затисніть затискачами і для гарантії зберігання в колбі газів трубку на кінці ще закрийте скляними запаяними заглушками. При надійності всіх етапів досліду накачка однієї колби-камери зі створенням вакууму становить 10 хв.

Таким чином у камеру можна накачати різні гази, в тому числі із загазованих робочих приміщень цехів або з вулиці. Однак в останньому випадку дослід із рослинами значно продовжується в часі через меншу концентрацію газів.

Колби з рослинами в газовому середовищі встановіть на природному або штучному сильному світлі, оскільки поглинання шкідливих газів рослинами в природі відбувається в процесі фотосинтезу.

Спостереження за рослинами проводьте по чергово через 1–2–3–5 днів і більше під контролем лаборанта. Результати запишіть на папері, що лежить біля кожної камери. Зазначте всі помітні зміни: пожовтіння листків, почервоніння, некрози, вирахуйте відсоток цих змін. Зафіксуйте, з якого боку в рослин відбуваються найбільш сильні зміни (з оберненого до світла чи з протилежного). Потім складіть ряд стійких рослин до токсичного компонента. Наприклад, у дослідях Федорової зі збільшенням стійкості до вихлопних газів рослини розміщувались так: липа дрібнолиста, клен платанолистий, береза повисла, тополя чорна, ясен зелений, в'яз перестогілчастий.

За результатами досліду зробіть висновки щодо газостійкості різних видів рослин.



Робота № 52

Визначення токсичності оксиду сульфуру (VI), ґрунту, води, пестицидів для різних видів рослин методом висічення листків (за руйнуванням хлорофілу)

Вміст хлорофілу в листку – дуже мінлива величина і з його руйнуванням пов'язана хлоротичність (зникнення темно-зеленого кольору і поява жовтизни). На круглій висічці листка (в більшості

випадків по краях) у міру тривалості досліду зростають хлоротичні і некротичні ділянки. Таку появу можна простежити візуально і доволі швидко визначити токсичність того чи іншого компонента або їх суми в тих чи інших поєднаннях, які зустрічаються в природі. Інкубація висічок проводиться на 2 %-й цукрозі (поживне середовище для більшості біотестових досліджень) із додаванням токсикантів. Контроль – 2 %-на цукроза.

Для різних видів рослин і типів листків потрібен різний час інкубації, який необхідно визначити експериментальним шляхом, хлорофіл у висічках може бути визначений візуально в порівнянні з контролем, який береться за 100 відсотків, а також інструментально (фотоколориметрично).

Матеріали й обладнання: ексикатори; фільтри або фільтрувальний папір; чашки Петрі; пробкове свердло або гільзи діаметром 10 мм; пінцети; піпетки; колбочки на 100 мл; лійки; пляшечки з-під пеніциліну або пробірки в штативі; олівець для скла; Na_2SO_3 ; H_2SO_4 ; 2 %-й розчин цукрози; пестицид концентрації 10^{-3} або 10^{-4} %; забруднена вода водойми; ґрунт, який знаходиться біля автодороги; листки рослин, які знаходяться в стадії вегетації. Все обладнання та матеріали простерилізуйте.

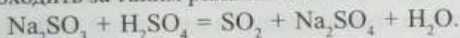
Хід роботи

Дослідження впливу оксиду сульфору (VI).

На дно ексикатора насипте Na_2SO_3 в об'ємі взятого тигелька, біля нього встановіть тигельок із концентрованою H_2SO_4 . На решітчастий круг ексикатора покладіть однакові шматки фільтрувального паперу, змоченого відстояною водою до повної вологості, на папір покладіть диски (діаметром 2 см) міжжилкової тканини листків нижньою стороною догори, щоб вільно проходив процес надходження газу через продихи, розміщені більшою частиною з нижньої сторони листка. Диски висікають пробковим свердлом або гільзою (10 дисків на кожний варіант). Кришку ексикатора щільно закрийте, краї кришки попередньо змастіть вазеліном.

Проведіть різкий рух ексикатором так, щоб всередині тигельок із кислотою перекинувся на сульфат натрію, зазначте час появи реакції.

Реакція проходить за таким рівнянням:



Через деякий час спостерігається зміна кольору висічок листків різних рослин. Ця реакція може бути дуже швидкою (у чутливих видів рослин) або більш повільною. Виражається вона в появі хлоротичної облямівки по краю висічок, відшаровуванні краю від фільтрувального паперу, а потім у появі некротичної бурої тканини, яка поступово поширюється на всю висічку.

Врахуйте час початку хлорозів і некрозів, кількість уражених дисків (із 10), відсоток ураження, порівняйте з контролем (взятим за 100 відсотків). Контроль поставте у великій кількості повторностей (не менше 30 дисків у ексикатор із чистим повітрям). Визначити пошкодження хлорофілу в дисках листків можна і фотоколориметрично.

Побудуйте криві пошкодження листків сірчистим газом у порівнянні з контролем; на осі абсцис відкладіть час експозиції (год), а на осі ординат – відсоток пошкодженої тканини у висічках листка.

Кількість газу потрібної концентрації вище ГДК, кількість реактивів, які потрібно взяти для визначення, можна розрахувати. Для цього попередньо виміряйте об'єм ексикатора, наливши в нього води мірним циліндром. Потім розрахуйте, скільки газу необхідно для отримання в ексикаторі потрібної концентрації, наприклад 0,1 %-ї (тобто по 1 мл газу на кожний літр об'єму ексикатора). Далі, виходячи із того, що одна грам-молекула газу займає за нормальних умов об'єм 22,4 л, розрахуйте масу потрібного об'єму газу. Потім, виходячи із вищенаведеного рівняння і молекулярної ваги сполуки, розрахуйте наважку сульфиту натрію, який дасть потрібну кількість газу. Сірчану кислоту для отримання газу візьміть у кількості 2-3 мл. Бажано використовувати більш високі концентрації газів (у декілька разів вищі від ГДК) і нетривалі експозиції.

Дослідження витяжки із ґрунту

Взяті зразки ґрунту (наприклад, однакові типи ґрунтів під вуличними посадками в різних частинах міста, які розрізняють по завантаженню вулиць автотранспортом) розітріть у ступці і просійте через дрібне сито. Зважте на кальці 10 г ґрунту в трьохкратній повторності, пересийте в колбочку або склянку, додайте 25 мл дистильованої води. Добре збовтайте 10-15 хвилин на качалці або вручну, залишіть на ніч.

Потім рідину відфільтруйте через лійку зі складчастим фільтром. Рідину з колбою простерилізуйте в киплячій водяній бані методом занурення і кип'ятіння 10-15 хвилин, шийку колби закрийте фольгою. Охолодіть, потім цією витяжкою змочіть 2 фільтри до повної вологості. Фільтри простерилізуйте разом із чашками Петрі. На фільтри розкладіть диски листків наземних рослин нижньою стороною вниз. Повторність трьохкратна (по 10 дисків).

Чашки Петрі закрийте кришками і поставте в термостат у темноту при температурі +25-26 °С. Спостереження проводьте через 1 добу вранці і ввечері кожного дня.

Контролем служать диски, поміщені на чисту простерилізовану воду. Результати виразіть у відсотках від контролю, взятого за 100, або абсолютно (за площею пошкодженої тканини). Графік побудуйте так, як і в досліді з газом.

Дослідження токсичності забрудненої води

Взяту для дослідження воду упарте на водяній бані в 10 разів, нею до повної вологості змочіть 2 фільтри, на які покладіть диски, висічені із листків рослин. Чашки Петрі з дисками покладіть у термостат, інкубацію й оцінку проведіть так, як і в попередньому досліді. Кількість хлорофілу у висічках можна також визначити фотометрично.

Дослідження пестицидів та інших токсичних речовин

Як токсичну речовину візьміть який-небудь пестицид і покажіть, що різні його концентрації можуть мати як інгібуючий, так і стимулюючий ефект. Найбільш зручний у цьому відношенні 2,4 Д, який у малих концентраціях діє як ауксин, а у великих – як гербіцид.

Відомо, що всі пестициди діють на біоту в мільйонних частках відсотка, тому як вихідний розчин 2,4 Д візьміть 10^{-3} – $10^{-4}\%$ (0,001 %–0,0001 %) у 2 %-й цукрозі. Розчин приготуйте в невеликому об'ємі (50 мл на групу), потім розведіть до потрібних концентрацій. При розведенні деяких пестицидів можуть бути певні труднощі. У зв'язку з цим їх краще розводити спочатку в невеликому об'ємі цукрози (наприклад, у малій уварювальній чашці, з розтиранням скляною паличкою, а потім розбавити потрібним об'ємом розчинника в мірній колбі). Деякі пестициди старого виробництва (особливо довго лежачі)

потребують для свого первинного розчинення декілька крапель абсолютного або 80 %-го етанолу, а потім, після розтирання в ньому, вводять основний розчинник. Вихідний розчин пестициду (2,4 Д) розлийте в пеніцилінові пляшечки по 5 мл. Наступні розчини приготуйте розведенням вихідного розчину. Наприклад, 1 мл 10^{-3} %-го розчину та 9 мл розчинника – отримуємо 10^{-4} % розчину. Кожний збовтайте, наступний розчин приготуйте із попереднього, чим отримаєте різні концентрації: 10^{-5} %, 10^{-7} %, 10^{-10} %.

Розчинами змочіть 2 фільтри, покладіть у чашки Петрі, на фільтри розкладіть диски листків наземних рослин, чашки помістіть у термостат. Спостереження і підрахунок варіантів, побудову графіків проведіть згідно з попередніми описами.

Зауважимо, що робота з поживним середовищем, яке містить цукрозу і елементи мінерального живлення (із ґрунту і води) без стерильних умов, може призводити до хибності результатів через бактеріальне забруднення. У зв'язку з цим поживне середовище краще простерилізувати в автоклаві.



Робота № 53

Біоіндикація стану довкілля за цитогенетичними показниками зачаткових етіюльованих листків тополі (*Populus L.*)

Перебуваючи в умовах багаторічної експозиції на різних територіях, деревні види мають цілий ряд переваг перед трав'янистими тест-об'єктами при індикації довготермінових тенденцій, а також при оцінці буферної здатності біологічних систем по відношенню до комплексу стресорів середовища. Особливо перспективні для біоіндикації деякі інтродуковані представники роду *Populus L.* Серед них тополя берлінська (*Populus berolinensis* (C.Koch) та тополя китайська (*Populus simonii* Carr.). Зазначені види мають високу газопоглинальну й акумулятивну здатність стосовно деяких поліотантів. При здійсненні біоіндикації довкілля за допомогою деревних порід особливу увагу необхідно звернути на цитогенетичні показники вегетативних бруньок.

Матеріали й обладнання: вегетативні бруньки тест-рослин, суміш Карнуа (хлороформ, оцтова кислота, 96° спирт), 4 %-й ацетоферумгематокселин, суміш Гоєра, мікроскопом МБИ-11.

Хід роботи

Для дослідження цитогенетичної активності комплексу факторів довкілля використайте клітини меристеми зачаткових етіолозованих листків вегетативних бруньок тест-рослин. Внутрішньобруньковий листовий зачаток зафіксуйте в суміші Карнуа (96° спирт, хлороформ, льодяна оцтова кислота у співвідношенні 6:3:1).

Фарбування проведіть 4%-й ацетоферумгематокселином з наступним просвітленням і консервуванням у суміші Гоєра. Зафарбовані листочки помістіть на предметне скло. Відділіть від листочка його основу, де найчастіше зустрічаються мітози, а іншу частину викиньте. Основу листочка роздавіть під покривним скельцем і продивіться препарат під мікроскопом. Підрахунок аберацій хромосом проведіть анателофазним методом за методикою З.П. Паушевої (див. роботу № 58, с. 240). Паралельно для встановлення цитотоксичності факторів довкілля дослідіть мітотичну активність меристеми зачаткових листків і проаналізуйте співвідношення кількості клітин у фазах мітозу.



Робота № 54

Біотестування токсичності розчинених речовин за допомогою відрізків колеоптилів пшениці*

Терміни та визначення

Колеоптіль – перший (безбарвний, зелений або червонуватий) листок при проростанні насіння злаку (рис. 43). Колеоптіль не має листової пластинки і являє собою замкнуту трубку, в яку вкладені листові зачатки і конус наростання рослини. Після того, як колеоптіль пробиває ґрунт, він розривається і через отвір, що утворився, виходить перший листок, а колеоптіль гине.



Рис. 43. Колептиль
пшениці

Біотест із відрізками колеоптилів пшениці також добре розроблений і базується на розтягуванні певної зони колеоптиля під дією тієї чи іншої речовини в порівнянні з контролем, який береться за 100%. Розроблено тест для визначення ауксинів та інгібіторів, серед останніх і фенольні речовини, які в живій рослині найчастіше пригнічують ріст, а у великих кількостях (наприклад, у стічних водах целюлозно-паперових комбінатів) є токсичними речовинами, які забруднюють питні води.

Нормальний ріст колеоптилів проводиться на 2%-му розчині цукрози в дистильованій воді, в якому і розчиняють ту чи іншу токсичну речовину. Застосування даного методу дає можливість показати, що дія багатьох токсикантів двояка: в дуже малих концентраціях вони стимулюють ріст, а у більших – інгібують. Так, широковідомий гербіцид 2,4Д у концентрації нижче 10^{-8} – $10^{-9}\%$ проявляє стимулюючий ефект, а вже в концентраціях 10^{-6} – $10^{-7}\%$ – інгібуючий.

Матеріали й обладнання: термостат; кювети; пінцет; вата; фільтрувальний папір; плівка; лезо; предметні скельця; пеніцилінові пляшечки з кришками; чашки Петрі; піпетка на 1–5 мл; склограф; міліметровий папір; досліджувані речовини: вода, вихідний розчин гербіциду, 12 %-й розчин цукрози, насіння пшениці.

При індивідуальній роботі можна використовувати для нарізки відрізків колеоптилів спеціальний станочок, в якому виточені борозенки для вкладання проростків. Вкладені проростки затиснуть з обох боків гумками. У поперечні борозенки, зроблені через 5 мм, вставте лезо і наріжте дуже швидко 10–12 штук відрізків колеоптилів. При нарізці можна використовувати спеціальний різачок. У разі відсутності різачка використовуйте міліметровий папір, покритий скельцем, і лезо.

Хід роботи

Підготуйте проростки пшениці. Для цього насіння замочіть на 18–20 год. у воді, на наступний день розкладіть пінцетом у кювети зародками догори і в одному напрямку на шар мокрої вати (2–3 см),

на яку помістять два шари фільтрувального паперу. Вату зволожте до повної вологоємності (це можна регулювати, заливаючи надлишок води через край кювет). Кювету закрийте плівкою, підігнувши її краї під дно, поставте в термостат при температурі 25-27 °С зародками на північ (це забезпечить рівніше проростання).

Проростки середнього розміру 1,5-2,5 см (не більше), великі проростки втрачають чутливість. Для встановлення необхідного часу замочування і пророщування проведіть пробні роботи, оскільки на ці процеси впливає багато факторів: сорт пшениці, схожість, розмір насіння, пора року. В процесі проростання насіння існує певна періодичність, зумовлена генетично, і зовнішні фактори тут відіграють незначну роль. Насіння рослин, що не вимагає стратифікації, добре і швидко проростає у весняний період, гірше – в осінній і дуже погано – в період глибокого спокою (з половини листопада до половини січня).

Із вихідного розчину гербіцидів або інших досліджуваних речовин приготуйте серію розчинів на 2 %-ій цукрозі методом послідовного розведення. Останній із розчинів повинен бути нижче ГДК (для гербіцидів <10⁻⁶%). Зробіть витяжку із ґрунту: 10 г розтертого ґрунту залийте 25 мл дистильованої води, сильно збовтайте 10-15 хв., покладіть, щоб відстоялося і профільтруйте. Для біотестування можна взяти воду з річки або водосховища.

Проростки пшениці зріжте при основі лезом або пінцетом із заточеними кінчиками, складіть у чашку Петрі. Використовуючи міліметровий папір і предметне скло, розділіть колеоптилі на фракції: по 1,5-2 мм та 2-2,5 мм. Працюйте з переважаючою фракцією. Потім від колеоптиля лезом відріжте кінчик 0,5 мм, виріжте наступні 5 мм – зону розтягування – і помістять на 10-15 хв. у чашку Петрі з дистильованою водою для видалення ауксинів і ліпшої реакції на досліджувану речовину. Помістять вирізані зони колеоптилів (по 10 шт.) у пеніцилінові баночки з досліджуваним розчином, закрийте гумовими корками. Повторність дослідів – трикратна. Пеніцилінові пляшечки обережно поверніть на бік, відрізки колеоптилів розправте так, щоб вони не плавали в розчині. У такому стані помістять їх у термостат при температурі 25-26 °С на 2-3 дні (можна на тиждень).

По закінченні вказаного терміну зніміть результати вимірювання довжини відрізків колеоптилів. Ріст їх на чистій 2 %-ій цукрозі візьміть

за контроль (100%), реакцію на досліджувані розчини підрахуйте відносно контролю.

Побудуйте гістограму інгібування (а іноді стимулювання) росту окремими токсичними речовинами або їх сумішами (витяжка з ґрунту, вода) у різних розведеннях.

Дослідження змін коренів



Робота № 55

Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів цибулі (*Allium cepa* L.)*

Цибулина – видозмінений підземний дуже вкорочений пагін (денце), до якого кріпляться зближені листки. Останні мають вигляд лусочок, в яких накопичуються органічні речовини та вода. На верхівці денця є брунька, яка може розвиватися в надземний пагін або нову цибулину. Вниз від денця відходять корінці, які і є тест-об'єктом у даних дослідженнях.

Цей тест оцінює тільки водорозчинні компоненти зразка. Він є легким і чутливим способом виміру загальної токсичності, викликаной хімічними чинниками ґрунту або криничної води. Показником токсичності виступає пригнічення росту коренів цибулі. Встановлено, що ріст корінців пригнічується при більш низьких концентраціях токсиканту, ніж проростання насіння.

Хід роботи

Підготуйте водні витяжки ґрунту або проби колодязної води з різних місць даної урбоєкосистеми. Для одержання водних витяжок ґрунту проби залийте водою на одну добу. Потім воду відфільтруйте і використовуйте для досліджень. Криничну воду не фільтруйте. Як контроль застосуйте відстояну протягом доби водопровідну воду.

Відберіть по 12 цибулин звичайної цибулі *Allium cepa* L. розміром 1,5 см у діаметрі для кожного варіанта досліду. Для запобігання висиханню коренів неочищені цибулини одна за одною зберіть у банку

з чистою водою. Таким чином Ви підготує цибулини до експерименту.

Видаліть гострим ножом жовто-коричневі зовнішні луски.

Для кожного досліджуваного варіанта підготуйте по 12 пробірок у штативі.

Вийміть усі цибулини з банки, помістіть їх на сухий папір і злегка підсушіть. Розмістіть по одній цибулині на верхівку кожної пробірки таким чином, щоб денце торкалося рідини в пробірці.

Через 24 годин замініть старі водні витяжки ґрунту на нові з тих же пунктів забору. Повторіть цю процедуру ще через 24 години. На цей раз відкиньте з кожного варіанта по 2 цибулини з найменш розвинутими коренями. Отже, в кожному варіанті у Вас залишиться тепер по 10 цибулин.

Ще через 24 години (тобто через 3 доби від початку експерименту) виміряйте за допомогою лінійки довжину всіх 10 пучків коренів у кожному варіанті. Відкиньте особливо короткі або довгі корінці і розрахуйте середній показник довжини коренів 10 цибулин для кожного варіанта.

З метою вивчення можливості зворотного впливу, продовжте дослідження ще на додаткові 24 години. При цьому в кожному варіанті замініть воду в 5 пробірках на відстоюну водопровідну воду, а в інших 5 пробірках знову зробіть заміну на свіжу воду відповідного варіанту. Через 24 години подивіться чи поліпшився ріст коренів у 5 перших пробірках порівняно з 5 останніми. Якщо так, то це свідчить про відновлення коренів і про більш-менш зворотний вплив токсичних речовин водної витяжки ґрунту чи криничної води.

Накресліть криву росту коренів для кожного варіанта. Середню довжину коренів відкладіть по осі ординат, а вздовж осі абсцис зазначте доби експерименту. Можна також зобразити результати у вигляді стовпчастих гістограм у відсотках від контролю.

Відмітьте витяжки, які зумовили найбільше пригнічення росту кореня.

Результати експерименту бажано сфотографувати. Для цього візьміть по одній найбільш репрезентативній цибулині з кожного варіанта. Розріжте їх навпіл. Покладіть половинки цибулинок зрізаним боком на фотопapіp і сфотографуйте. Підпишіть номери варіантів та відповідні місця забору.



Робота № 56

Біоіндикація ґрунтів за допомогою кореневої апікальної меристеми проростків *Allium cepa* L.

Стійкий інтерес до вивчення механізмів токсичної та мутагенної дії сполук металів на рослини з використанням кореневої апікальної меристеми, як модельної системи, пояснюється тим, що саме кінчики коренів першими безпосередньо контактують із різними хімічними речовинами в ґрунті та у воді.

Класичним методом для дослідження токсичного впливу забруднювачів довкілля на живі об'єкти є тест на кореневих клітинах цибулі-батуна (так званий *Allium*-тест), який дозволяє здійснювати відносно швидкий скрінінг хімічних сполук із зазначенням їх потенційного біологічного ризику. Важливою перевагою цього методу цитогенетичного моніторингу є добра кореляція його результатів із результатами, одержаними на інших тест-системах. *Allium*-тест дає можливість вивчати два аспекти токсичності: а) загальну токсичність (або фітотоксичність) на основі пригнічення росту корінців цибулі (*Allium cepa* L.); б) цитотоксичність, документовану мікроскопічним дослідженням хромосомних аберацій та ядерних аномалій у клітинах корневих меристем (рис. 44).

Матеріали й обладнання: чашки Петрі, фільтрувальний папір, насіння цибулі батуна, дистильована вода для поливу проростків, оцтовий алкоголь, етанол, ацетоорсеїн, 45 %-на оцтова кислота, молочна кислота.

Хід роботи

Як модельну систему використайте кореневу меристему тричотири-денних проростків *Allium cepa* L. Для цього насіння цибулі проростіть у чашках Петрі (по 10 насінин на чашку) на зволоженому дистиллятом фільтрувальному папері в термостаті при 25 °С. Відріжте кінчики корінців на стадії найбільшої мітотичної активності (8-10-та год ранку). Перед зануренням у тестові розчини виміряйте початкову довжину коренів, після експозиції з розчинами солей металів

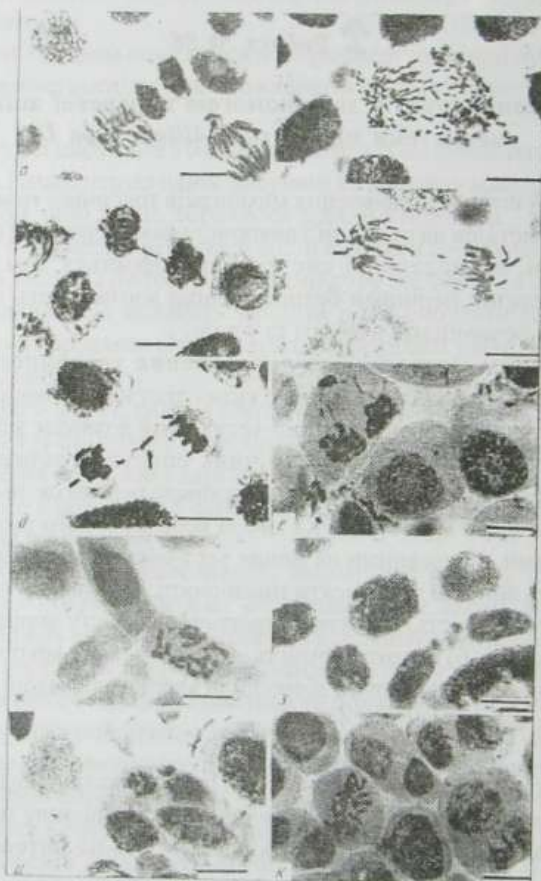


Рис. 44. Види цитогенетичних аномалій: а – норма; б – незафарбовані ділянки хромосом («сегментування»); в – хромосомний міст у телофазі; г – фрагментація хромосом; ґ – відставання хромосом; д – триполюсний мітоз; е – К-мітоз; ж – клітини з мікро ядрами; жс – багатоядерна клітина; з – двоядерні клітини. Масштаб 10 мкм (за Довгалою А.І., 2001)

протягом 24 год. проведіть повторний морфометричний аналіз матеріалу: виміряйте кінцеву довжину коренів, відмітьте видимі морфологічні зміни (потемніння меристематичних ділянок). Відносний приріст коренів проростків цибулі порівняно з контрольним проростом, взятим за 100%, визначте за формулою:

$$\text{Відносний приріст} = 100\% \cdot (l_2 - l_1) \cdot l_{01} / ((l_{02} - l_{01}) \cdot l_1),$$

де l_1 – середня початкова довжина коренів у певному варіанті;

l_2 – середня кінцева довжина коренів у певному варіанті;

l_{01} – середня початкова довжина коренів у контролі;

l_{02} – середня кінцева довжина контрольних коренів.

Для визначення рівня мітотичної активності клітин кореневої меристеми проростків цибулі зразу ж після завершення експозиції матеріал зафіксуйте в оцтовому алкоголі (1:3) протягом 18 год. при 10 °C і перенесіть у 70° етанол. Для цитогенетичного аналізу матеріал зафарбуйте ацетоорсеїном протягом 48 год. при кімнатній температурі (18 °C), проведіть мацерацію в киплячій 45 %-й оцтовій кислоті протягом 1 хв. та приготуйте тимчасові давлені препарати кореневих кінчиків цибулі в молочній кислоті. Особливості цитотоксичної дії солей металів оцініть за зміною мітотичного індексу, індексу аберацій, відсотків пікнотичних ядер на препаратах, а також частоти зустрітваності злипання хромосом у мітотичних клітинах. Вищезазначені цитологічні параметри визначте за допомогою таких формул:

$$\text{Мітотичний індекс} = \frac{\sum \text{клітин на всіх стадіях мітозу}}{\sum \text{обстежених клітин}} \cdot 100\%$$

Індекс

$$\text{хромосомних аберацій} = \frac{\sum \text{клітин з абераціями}}{\sum \text{клітин на стадіях мітозу}} \cdot 100\%;$$

$$\text{Відсоток пікнозу} = \frac{\sum \text{клітин з пікнотичними ядрами}}{\sum \text{обстежених клітин}} \cdot 100\%;$$

$$\text{Відсоток злипання} = \frac{\sum \text{клітин з хромосомами, що злиплися}}{\sum \text{обстежених клітин хромосом}} \cdot 100\%$$

Для всіх досліджених параметрів попередньо розрахуйте репрезентативні об'єми вибірок, довірчі інтервали – з використанням критерію Стюдента. Достовірність відмінностей між параметрами встановіть у відповідності до методики Лакіна.



Робота № 57

Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом крес-салату (*Lepidium sativum* L.) *

За допомогою цього тесту, як і попереднього, можна оцінити загальну токсичність ґрунту або криничної води. В даному випадку як тест використовують насіння крес-салату *Lepidium sativum* L.

Хід роботи

Підготуйте і підпишіть необхідну кількість чашок Петрі з фільтрувальним папером (покладеним в 2 шари).

Відберіть насіння однакового розміру, форми і кольору для тестування, використовуйте 20-25 насінин для однієї чашки Петрі.

В кожную чашку влийте 5-7 мл досліджуваної криничної води або водної витяжки ґрунту. Об'єм повинен бути таким, щоб папір фільтру зволожився, але без надлишку вологи. Як контроль використовуйте відстояну протягом доби водопровідну воду.

Розмістіть насіння в кожную чашку Петрі рядами, 4-5 рядів у залежності від кількості насінин, що використовуються. Потім закрийте чашки Петрі. Поставте чашки Петрі в темний, вологий термостат, установіть температуру на рівні 22 ± 2 °C на 120 год. (5 днів).

Після інкубації запишіть кількість контрольних і дослідних насінин, які проросли. Ця інформація може дати приблизну оцінку токсичності зразка. Виміряйте довжину корінців від потовщення (гіпокотіля) до їх

кінця (в мм). Для кожного варіанта вирахуйте середнє значення довжини корінців і стандартну похибку за програмою STATIST.

Відкладіть по осі Y дані довжини корінців. На осі X підпишіть варіанти, які відповідають різним місцям забору зразків (грунту або криничної води).



Робота № 58

Біоіндикація ґрунтів за цитогенетичними показниками кореневих меристем проростків *Pisum sativum* L. (за З.П. Паушевою, 1988)

Мала кількість хромосом ($2n = 14$), чітко означена меристематична зона кореня, здатність до активного проростання в лабораторних умовах у будь-яку пору року роблять горох посівний (*Pisum sativum* L.) зручним об'єктом для цитогенетичних досліджень.

Матеріали й обладнання: чашки Петрі; фільтрувальний папір; насіння гороху; дистильована вода; слабкий розчин перманганату калію (KMnO_4); середньозмішані проби ґрунту; марлеві серветки; твердий глянцеви́й папір; спирт-оцтовий фіксатор (3:1); бюксики з притертою кришкою; 70° спирт; 1н HCl; реактив Шиффа; сірчисті води, основний фуксин; метабісульфат натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$); цитаза із зобної рідини виноградних равликів; конічна колба, загорнута чорним папером; мікроскоп МБІ-11.

Хід роботи

Насіння відмийте 5-6 об'ємами водопровідної води від механічних решток і поламаних насінин. Потім промийте дистильованою водою. Залийте насіння слабким розчином перманганату калію (KMnO_4) на 5-7 хвилин. Знову промийте дистильованою водою. Залийте горох 2-3 об'ємами дистильованої води і помістіть на 20-24 год. у темне місце. Через зазначений термін часу воду злийте й промийте насіння 2-3 об'ємами дистильованої води. Візьміть середньозмішані проби ґрунту з 4-х місць даної реперної точки і насипте в 4 чашки Петрі. У кожену з них покладіть по 10 насінин гороху посівного.

Насіння проростить у термостаті при 25 °С протягом 3-х діб. Обережно при допомозі пінцета вийміть проростки з ґрунту і відріжте кінчики корінців. Зробіть це на стадії найбільшої мітотичної активності (8-10 год ранку). Матеріал з кожної чашки Петрі помістіть на окрему марлеву серветку, в яку вкладіть значок певної форми, вирізаний із твердого глянцевого паперу (V, ♦, ♥, ●, ■, □, –). Корінці проростків, одержані на ґрунтах із різних місць однієї реперної точки, позначте різною кількістю значків однієї форми. Марлеві серветки з вкладеними в них корінцями та значками перев'яжіть ниткою. Марлеві вузлики помістіть у бюксики зі спирт-оцтовим фіксатором (3:1) на 1,5 год. так, щоб нитка звисала назовні. Фіксувати необхідно в темноті при щільно закритій кришці, об'єм фіксатора повинен бути приблизно в 50-100 разів більше за об'єм біологічного матеріалу. Після фіксації корінці промокніть фільтрувальним папером. Усі подальші операції проводьте у бюксиках із притертою кришечкою! Промийте матеріал в 70° спирті (70 мл 96° етилового спирту + 26 мл дистильованої води), а потім помістіть у чистий 70° спирт для тривалого зберігання. Корінці із 70° спирту перенесіть у дистильовану воду для промивання на 5-10 хв., промокніть фільтрувальним папером. Потім помістіть матеріал в 1н НСІ кімнатної температури на 4 хв. Одразу після цього – в 1н НСІ із температурою 60 °С на декілька хвилин для гарячого гідролізу (для гороху – на 10 хв.). Слідкуйте за постійним підтриманням температури 60 °С на водяній бані! (поруч із водяною банею постійно тримайте кип'яток). Після гарячого гідролізу швидко перенесіть матеріал у 1н НСІ кімнатної температури на 3-4 хв. Згодом перенесіть корінці в дистильовану воду для промивання на 4 хв. Помістіть матеріал у реактив Шиффа на 1,5 год. для фарбування. Після цього промийте зразки в сірчистих водах I, II, III по 4 хв. у кожній воді, зразки не витирайте. Промийте матеріал у проточній воді 10-15 хв. (зразки помістіть в склянку під струмінь води), а потім у дистильованій – 1-2 хв. Промокніть зразки і помістіть в 70° спирт на зберігання або одразу ж приготуйте давлені препарати. На давлених препаратах корінців проведіть підрахунок патологій мітозу анафазним методом та визначте мітотичну активність меристематичних клітин шляхом обчислення профазного, метафазного, анафазного, телофазного, а також мітотичного індексів. Підрахунки проведіть під мікроскопом МБІ-11 із загальним збільшенням x700.

Реактив Шиффа (фуксин-сірчану кислоти) приготуйте так: 1 г основного фуксину розчиніть в 200 мл киплячої води, охолодіть до 50 °C і додайте 20 мл 1н HCl; охолодіть до 25 °C і додайте 1 г сухого метабісульфату натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Розчин помістіть у циліндр або конічну колбу, загорнуту чорним папером (крім дна). На другу добу рідина знебарвиться. Щоб визначити це, посуд покладіть на білий папір, відкрийте кришку і подивіться в середину. Іноді рідина має світло-жовтий колір. Якщо колір дуже жовтий, то додайте на кінчику пінцета метабісульфіт натрію.

Після фарбування реактивом Шиффа може виникнути необхідність провести мацерацію рослинних об'єктів. В цьому випадку використовують цитазу із зобної рідини виноградних равликів, одержану методом Фаберже, доповненим А.Б. Іорданським.

Зобну рідину добувають із равликів *Helix lucorum taurica*, вбитих швидким заморожуванням. Очистіть її центрифугуванням при 20 тис. обертів за хвилину, протягом 30 хв. І зберігайте у замороженому вигляді при -4 °C. Корінці, зафарбовані реактивом Шиффа, помістіть спочатку на фільтрувальний папір, а потім у пробірки, що щільно закриваються, об'ємом 1,5 мл. У пробірки додайте цитазу по 0,05 мл на 10 корінців. Мацерація продовжується 20 год. при кімнатній температурі.

Сірчисті води приготуйте так: до 200 мл дистильованої води додайте 10 мл 10 %-го розчину метабісульфіту натрію і 10 мл 1н HCl. Використовуйте в роботі лише свіжо-приготовлений розчин!

Відсоток аберантних анафаз A_a визначте за формулою:

$$A_a = \frac{a}{A} \times 100,$$

де a – кількість аберантних анафаз;

A – загальна кількість клітин на стадії анафази.

Мітотичний індекс M_i визначте за формулою:

$$M_i = \frac{M}{K} \times 100,$$

де M – кількість клітин, які знаходяться на різних стадіях поділу;

K – загальна кількість обстежених клітин.

Профазний індекс визначте за формулою:

$$P_i = \frac{P}{K} \times 100,$$

де P – кількість клітин на стадії профазі;

K – загальна кількість клітин.

Дослідження змін пилку рослин



Робота № 59

Біомоніторинг атмосферного забруднення за реакцією пилку різних рослин-індикаторів

Відомо, що найбільш чутливими процесами, на які впливають несприятливі та стресові умови (в тому числі й забруднення середовища), є репродуктивна діяльність і тривалість життя рослин. При дії несприятливих факторів можуть спостерігатися зсуви як у чоловічій (пилок), так і в жіночій (зародковий мішок) сферах. У першому випадку це виражається у збільшенні стерильності пилових зерен, що призводить до пониженого проростання й зменшення росту пилової трубки, в результаті чого вона не досягає зародкового мішка і не відбувається запліднення. У другому випадку гине сам зародковий мішок на перших етапах поділу після запліднення. Відомо, що клітини, які діляться, володіють високою чутливістю до несприятливих впливів. При сильних антропогенних впливах (забруднення повітря) у клітинах зародкового мішка підвищується кількість мутацій і хромосомних аберацій.

Роботи, проведені різними авторами з різними рослинами (тютюн (*Nicotiana L.*), мишачий горошок (*Vicia cracca L.*), підбіл (*Tussilago L.*), подорожник (*Plantago L.*), кукурудза (*Zea mays L.*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*) і модрина сибірська (*Larix sibirica Ledeb.*) та ін.) показали, що в зоні впливу заводів, автомобільних доріг збільшується кількість стерильних пилових зерен рослин.

Для аналізу готують тимчасові давлені препарати пилових зерен; останні обробляють ацетокарміном за Джессеном (1965). Ацетокармін

широко застосовується для фарбування хромосом. Можна використовувати як пророслий, так і непророслий пилок (життєздатні пилкові зерна – червоні). Цей барвник у життєздатних пилових зерен забарвлює зернисту цитоплазму та спермій у густий карміново-червоний колір, тоді як стерильні пилкові зерна майже не забарвлюються карміном або забарвлюються нерівномірно. Зазначені відмінності між життєздатними та стерильними пиловими зернами неважко встановити, якщо пилок має тонку екзину. У деяких культур, наприклад у гречки, пилкові зерна мають товсту екзину, через яку важко побачити спермії за допомогою ацетокармінового забарвлення. Тому більш зручним та універсальним виявився йодний метод.

В основі цього методу лежить визначення крохмалю за допомогою йодної реакції (реакція з йодом у йодистому калії), наявність якого показує його фертильність (синє забарвлення) (З.П. Паушева, 1988). Фертильні та стерильні пилкові зерна відрізняються вмістом крохмалю. Фертильне пилове зерно повністю заповнене крохмалем. В ряді випадків забарвлення може бути від темно-пурпурового до чорного. Крохмаль, що тільки утворився, буде мати забарвлення від червоного до світло-бурого кольору.

Методика визначення проростання пилку й росту пилових трубок пропонується згідно з У.Х. Смітом (1985). При збиранні пилку необхідно враховувати, що в деревних видів викид пилку відбувається відносно швидко: за час від декількох год. до декількох діб. Зібраний пилок може зберігатися в холодильнику досить довго (в окремих видів хвойних – до року і більше).

Зерно пилку, що попало на приймочку або овулярний конус, повинно прорости й утворити трубку довжиною в декілька міліметрів, щоб досягти зародкового мішка. Численні домішки в повітрі пригнічують розвиток пилку й ріст пилової трубки. При цьому деякими авторами встановлена синергічна дія двооксиду сульфуру і нітрогену, озону й альдегідів на зниження росту трубки (для птюну, що ріс біля дороги, ріст знизився на 89-98 %).

Матеріали й обладнання: мікроскоп, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, чашки Петрі, термостат, ацетокармін 45 %-на оцтова кислота, розчин йоду в йодистому калії, агар, 15 %-й розчин сахарози, пилок різних рослин.

Хід роботи

Зібрані квіти в марлевих вузликах зберігайте в холодильнику в маленькій скляній тарі, в 40⁰ спирті до аналізу. Візьміть декілька квітів з одного вузлика. Струсіть пилок із квітів на предметне скельце шляхом різких дотиків квітки до предметного скла. На пилок капніть краплю йодного розчину, видаліть зайві тканини, накрийте покривним скельцем.

Роздивіться пилок при збільшенні мікроскопа 10 x 40. Нежиттєздатні пилові зерна в йодному розчині будуть знебарвленими або буруватими. Синє забарвлення з йодом у йодистому калії свідчать про наявність крохмалю в пилку, а отже, про його життєздатність. Спочатку в полі зору мікроскопа підрахуйте кількість зерен, забарвлених в темно-фіолетовий колір, а потім – безбарвних або слабо забарвлених. Підрахунок проведіть в декількох (хоча б в 3-х) полях зору. Підрахуйте відсоток темно-фіолетових (життєздатних) пилових зерен від загальної кількості обстежених зерен.

Розчин йоду в йодистому калії приготуйте так: у 100 мл дистильованої води розчиніть 2 г йодистого калію, після чого в цьому розчині розчиніть 0,2 г кристалічного йоду.

Визначення проростання пилку і подовження пилових трубок

Пилок рослин, що рано цвітуть, зберіть і висійте на агар у стерильні чашки Петрі. Проростіть пилок у термостаті при температурі 25-26 °С декілька діб, потім продивіться під мікроскопом. Підрахуйте кількість пророслих пилових зерен. Визначте довжину пилових трубок у різних варіантах досліду. Підрахуйте відсоток інгібування (проростання пилку і подовження пилових трубок) у порівнянні з контролем, взятим за 100%.

Пилок можна також пророщувати на 15 %-му розчині сахарози, яким змочують 2 фільтри. Пилок хвойних може прорости дуже швидко (1 доба).

2 %-й агар приготуйте так: у 100 мл дистильованої води внесіть 2 г агару, нагрійте на киплячій водяній бані до повного розчинення. Гарячий розчин швидко розлийте по 20-30 мл у простерилізовані чашки Петрі, дайте застигнути.

Дослідження змін насіння та проростків рослин



Робота № 60

Біоіндикація стану довкілля за відсотком зрілого насіння стручків робінії звичайної (акації білої) (*Robinia pseudoacacia* L.)*

У жовтні зберіть стручки робінії псевдоакацієвої (акації білої) (*Robinia pseudoacacia* L.) біля певного джерела техногенного забруднення та на одній із відносно чистих вулиць, розміщених у тому ж кварталі. У зібраних стручках визначте загальну кількість утворених насіннєвих зачатків і ту кількість з них, які перетворилися на зріле насіння. Результати занесіть до таблиці 54.

Таблиця 54

Схема запису результатів дослідження

Місце відбору	Загальна кількість утворених насіннєвих зачатків	Кількість насіннєвих зачатків, які перетворилися на зріле насіння	Відсоток зрілих насінин
Техногенне джерело:			
Назва відносно чистої вулиці:			



Робота № 61

Біотестування токсичності летких речовин, води, витяжок ґрунту, пестицидів за проростанням насіння*

Тест на проростання насіння добре розроблений і дуже давно застосовується для встановлення впливу різноманітних фізіологічно

активних речовин. Біологічні проби можна використовувати і для токсичної оцінки різних компонентів навколишнього середовища (в тому числі й повітряного забруднення). Так, А.М. Гродзинський та Д.М. Гродзинський (1973) описують ряд біологічних проб для дослідження газоподібних речовин, які або накачуються в різного роду камери з ємностей, де вони містяться, або виділяються безпосередньо в камеру в результаті хімічної реакції.

Використовують дрібне насіння льону (*Linum L.*), крес-салату (*Lepidium sativum L.*), маку (*Papaver L.*), кропу (*Anethum L.*), ріжкія (*Camelina Crants*). Для достовірної оцінки необхідно використовувати не менше трьох тестів із різними видами насіння. Ліпше використовувати свіжозібране насіння, оскільки при його зберіганні на насінні розвивається сапрофітна мікрофлора і при проростанні в умовах вологих камер (колби, чашки Петрі, пробірки) воно може загнитися і випадати з досліду.

З метою профілактики насіння протравить. Сухе насіння занурте в 1%-й розчин перманганату калію на 30 хв., промийте дистильованою водою, використовуючи два шари марлі, обсушіть на фільтрувальному папері на повітрі.

Біотестування стічних вод, які ідуть на повторне використання (Федорова А.І., 2001), показало, що стічні води в неочищеному вигляді пригнічують проростання насіння і ріст проростків на 22 %, після очисних споруд – на 12 %, розведені у співвідношенні 1:1 або 1:2 – на 9 %. Контролем у всіх випадках була відстояна водопровідна вода.

Матеріали й обладнання: широкогорлі колби з пробірками; чашки Петі; дротики; вата; пінцети; великі пробірки; пеніцилінові баночки; піпетки; фільтри; склограф; насіння тест-рослин; токсичні летючі речовини (амоніак, бензен, ксилол, пропанон-2, скіпідар); водна витяжка ґрунту; забруднена вода; вихідний розчин гербіциду (0,001%). Якщо гербіцид погано розчиняється у воді, попередньо розведіть його у крапельці спирту, а потім розбавте.

Хід роботи

1. На дно широкогорлої колби помістіть вату або фільтрувальний папір, що виділяє токсичні пари тих чи інших речовин, якими вони

просочені. До корка підвісьте на дротику шароподібну грудку сильно зволоженої вати, в яку попередньо вдавіть насіння тест-рослин. Іншу колбу без токсичних парів, але з ватою і насінням використовуйте як контроль. Поставте обидві колби в термостат при температурі 25-26 °C до початку проростання, а потім виставте на світло.

Спостерігайте за появою проростків (кількість проростків, розвертання листочків), потім виміряйте довжину і масу кожного проростка.

2. У великі пробірки на дно помістіть джерело газоподібних токсичних виділень (змочені ватки). Пробірки розмістіть під нахилом, поблизу горловини кожної покладіть складений втрое фільтр, який зволожте 1-2 мл води і засійте дрібним насінням маку, салату. Пробірки закрийте корками. Через декілька днів проведіть оцінку проростання насіння і росту проростків шляхом вимірювання останніх.

3. Два фільтри, змочені 2 мл витяжки ґрунту або забрудненої води (у випадку слабого забруднення потрібне концентрування води), або розчином гербіцидів (10^{-4} - $10^{-6}\%$) помістіть на дно чашки Петрі, розкладіть на них 50 насінин, закрийте кришкою, поставте в термостат при температурі +25-26 °C. Через деякий час оцініть ступінь проростання насіння і величину проростків по відношенню до контролю, взятого за 100%. Контроль зробіть на дистильованій воді. Оцінку проводьте, коли насіння на контролі проросте на 50%.



Робота № 62

Визначення токсичності опадів у зонах забруднення за допомогою насіння або проростків біоіндикаторів*

Матеріали й обладнання: чашки Петрі, водяні бані, скляні палички, пробірки, дистильована вода, насіння біоіндикаторів.

Хід роботи

Сконцентровану рідину (біля 5 мл) можна використовувати для визначення токсичності опадів. У стерильні чашки Петрі на дно покладіть кружечки фільтрувального паперу, на які налейте рідину. На фільтри розсіпте 50 штук дрібних насінин: крес-салату (*Lepidium*

sativum L.), маку (*Papaver* L.), гірчиці (*Sinapis* L.) або редиски (*Raphanus sativus* L. *subs radicola* (Pers) DC).

Чашки Петрі закрийте кришками і помістіть у термостат при температурі 25-26 °С. Контроль – чашки з тим же насінням, фільтри яких зволожені 5 мл дистильованої води. Після проростання насіння в контролі на 50% проведіть підрахунок. Дані щодо схожості зерна в дослідних варіантах виразіть у відсотках по відношенню до контролю, який береться за 100%. Застосовують таку градацію: 100% – нема токсичності; 80-90% – дуже слабка токсичність; 60-80% – слабка; 40-60% – середня; 20-40% – висока токсичність; 0-20% – дуже висока токсичність, близька до летальної.

Як біотестор можна використовувати однакові проростки гороху, квасолі, які відбирають з партії після їх проростання. У горошин зріжте половинки обох сім'ядоль, щоб у них було рівне ложе. Фільтрувальний папір помістіть на дно стакана ємністю 200-250 мл, змочіть 5 мл дослідного розчину, на дно помістіть по 5 підготовлених горошин, закрийте кришкою від чашки Петрі. Повторність повинна бути трикратною. Після того як проростки виростуть до висоти 5-7 см і більше (до кришки стакана), проведіть їх вимірювання. Контроль – горошини на дистильованій воді. Підрахунок проведіть так само, як і при біотестуванні з проростання насіння.



Робота № 63

Біотестування токсичності субстратів за проростками різних рослин-індикаторів*

Запропонований метод біологічної оцінки субстратів або розчинів проводиться в трьох варіантах:

I. Вирощування рослин на субстратах, токсичність яких потрібно оцінювати (грунт, вода).

II. Полив проростків досліджуваними розчинами (витяжка із ґрунту або стічні води різних підприємств) з певним ступенем їх концентрації й очистки.

III. Накрапування досліджуваного розчину між сім'ядолями дводольних рослин.

У перших двох варіантах можна використовувати різні тест-рослини: пшеницю (*Triticum L.*), овес (*Avena L.*), ячмінь (*Hordeum L.*), проростки деревних порід.

Як тест-рослини у третьому варіанті використовують лише проростки дводольних: крес-салат (*Lepidium sativum L.*), салат травневий, редис (*Raphanus sativus L. subsp. radicola (Pers) DC*) та інші.

Вирощування рослин на досліджуваному субстраті

Матеріали й обладнання: для дослідження твердих субстратів – пластмасові склянки; пінцети; трубочки для поливу; плівка; досліджуваний об'єкт; проростки тест-рослин. Для дослідження води або інших рідких субстратів, наприклад витяжки із ґрунту – кювети (як невеликі пластмасові кювети можна використовувати чотирикутні ємності з-під сметани); пластмасові кришки до кювет з отворами; пінцет; проростки тест-рослин.

Хід роботи

Дослідження твердих субстратів(ґрунт, подрібнений торф)

Субстрат закладіть у склянки, зволожите однаковою кількістю води. Насіння тест-рослин попередньо змочіть у відстояній і очищеній водопровідній воді, розкладіть на два шари фільтрувального паперу у велику кювету, помістіть у термостат для пророщування при температурі +25-26 °С. Коли довжина колеоптилів досягне 10-15 мм і з'являться корені, проростки розділіть на фракції по довжині і розсадіть по 10 рослин кожної фракції в склянку на досліджуваний субстрат. Контроль – субстрат, який беруть у відносно чистій зоні. Полив проводьте через трубочку відстояною і очищеною водопровідною водою. Коли проростки досягнуть довжини 6-10 см (через 1-2 тижні), проведіть їх вимірювання і зважування. Проростки розділіть на частини (надземна частина, корені) і кожен частину виміряйте і зважте окремо. Як тестові рослини можна використовувати практично будь-які насінини.

Дослідження води та інших рідких субстратів (витяжка з ґрунту, опади, розчини гербіцидів та ін.)

Воду можна використовувати в тому вигляді, в якому вона міститься у водоймі або сконцентровану упарюванням (тоді

результати будуть особливо чіткими), а стічні води підприємств можна розбавляти.

Воду налийте у кювету, в кришці якої просвердліть отвори, трохи менші від досліджуваного насіння. Кришка повинна ледь торкатись води. В отвори вставте проростки так, щоб їхні корені досягали води, і вирощуйте до довжини 6-10 см. Контролем служить відстояна й очищена водопровідна вода (пропущена через фільтр для очистки питної води).

Якщо досліди проводяться у жарку погоду, то досліджувану воду необхідно прокип'ятити для запобігання зараженню її мікрофлорою, а над проростками створити каркас із нещільним плівковим покриттям. Це дасть можливість залишати проростки без нагляду на вихідні дні. Воду необхідно доливати по мірі використання її проростками. Після того як проростки виростуть, виїміть їх з води. Обсушіть фільтрувальним папером, визначте довжину і масу окремо надземної та кореневої частини. Результати опрацюйте статистично, виразіть у відсотках по відношенню до контролю, взятого за 100 %. Побудуйте діаграми біотестових досліджень.

Так само можна провести дослідження розчинених у воді токсичних речовин.

Метод поливу проростків тест-рослин досліджуваною забрудненою водою

Матеріали й обладнання: стаканчики, кювети, фільтрувальний папір, промитий та прожарений пісок, проростки тест-рослин (пшениці, вівса, кукурудзи тощо).

Хід роботи

У стаканчики помістіть однакову кількість промитого та прожареного піску, висадіть у нього по 10 однакових проростків тест-рослин. Пісок поливайте зверху однаковими кількостями досліджуваної води. Повторність досліду – трикратна. Контроль – полив відстояною і очищеною водопровідною водою.

Після досягнення проростками висоти 8-10 см, викопайте їх, обсушіть фільтрувальним папером, розділіть лезом на частини (стебло і корені), виміряйте і зважте. Дані опрацюйте статистично, виразіть у відсотках до контролю.

**Метод накрапування досліджуваної води
(або розчинів) між сім'ядолями**

Матеріали й обладнання: водяна баня, стаканчики, пісок або гумусний ґрунт, трубочки для поливу, насіння дводольних тест-рослин (редис, салат і т.д.).

Хід роботи

Забруднені природні або стічні води концентруйте упарюванням у 10 разів, зберігайте в холодильнику. Можна також досліджувати витяжку ґрунту, водні розчини токсичних речовин тієї чи іншої концентрації (солей важких металів), пестицидів.

Стаканчики наповніть однаковою кількістю промитого і прожареного піску або ґрунту, вставте скляну трубочку до дна, через яку проводьте полив відстояною водопровідною водою.

18-20 штук пророслого насіння висійте на невелику глибину. Після того як проростки зійдуть і розкриються сім'ядолі, в стаканчиках залишіть по 10 однакових рослин, решту вищипайте пінцетом. Усі стаканчики поставте в ящикок із фанери або картону з бортиками, на 5 см вище проростків у стаканчиках.

У мікропіпеток на 1 мл витягніть кінчик за допомогою пінцета, нагріваючи кінчик на полум'ї спиртівки. Потім загостріть кінчик на тонкозернистому брусочку, щоб утворився отвір, який дає невелика крапля. Накапайте по 1 краплі досліджуваної речовини між сім'ядолями, прикрийте ящикок плівкою, не зрушуючи стаканчик з місця. Операцію повторіть 2-3 рази через 1-2 дні (до появи третього справжнього листка). Контроль – накрапування дистильованою водою.

Полив субстрату для вирощування проводьте однаковими кількостями води через трубочку, використовуючи лійку з фольги.

Через 2-3-4 тижні обережно викопайте проростки, промийте, обсушіть фільтрувальним папером, виміряйте і зважте окремо надземну частину й корені. Дані опрацюйте статистично, виразіть у відсотках до контролю.



Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) як тест – об'єкт для оцінки забруднення ґрунтів та повітря*

При сприятливих умовах середовища крес-салат відрізняється швидким і майже 100% проростанням. Саме ця властивість зумовила його популярність в екологічних дослідженнях. Він рекомендується як для дослідження ґрунту на шкідливі речовини, так і для визначення забруднення повітря, наприклад вихлопними газами. Реакції крес-салату не є специфічними, тобто не можна зробити висновків відносно природи стресора, який впливає. Проте можна виявити наявність шкідливих поліютантів у ґрунті та повітрі, а також установити інтенсивність їхнього, впливу на живий організм.

Матеріали та обладнання: 8 чашок Петрі; фільтрувальний папір; 80 насінин крес-салату; дистильована вода для поливу проростків.

Хід роботи

Покладіть по 10 насінин крес-салату в 4 чашки Петрі та проростіть. Щоб виключити вплив поліютантів, наявних у воді, полив здійснюйте лише дистильованою водою.

Візьміть *ґрунт* із 4 місць даної реперної точки, де брали його на хімічний аналіз, і насипте в 4 чашки Петрі. У кожену з них покладіть по 10 насінин крес-салату.

Спостерігайте протягом 10 днів. Підрахуйте відсоток схожості насіння, зніміть виміри довжини пагонів і зародкових коренів, визначте суху біомасу проростків.

Стан насіння та проростків, вирощених на фільтрувальному папері, засвідчить інтенсивність впливу шкідливих чинників із повітря, а результати другого експерименту продемонструють інтенсивність дії поліютантів, наявних у ґрунті.

Оцінка комплексу морфофізіологічних змін рослин



Робота № 65

Визначення стану навколишнього середовища за комплексом морфологічних ознак (хвої, пагонів, бруньок) у хвойних*

Відомо, що на забруднення середовища найбільш сильно реагують хвойні деревні рослини. Характерними ознаками неблагополуччя навколишнього середовища, і особливо газового складу атмосфери, слугує поява різного роду хлорозів і некрозів, зменшення розмірів ряду органів (довжини хвої, пагони поточного року і минулих років, їх товщини, розміру шишок, скорочення величини й кількості закладених бруньок), зменшення галуження. Через менший ріст пагонів і хвої в довжину в забрудненій зоні спостерігається зближення відстані між хвоїнками (їх на пагоні більше, ніж у чистій зоні). Спостерігається потовщення самої хвої, зменшується тривалість її життя (1-3 роки в забрудненій зоні і 6-7 років – у чистій). Вплив забруднення викликає також стерильність насіння (зменшення його схожості). Всі ці ознаки не специфічні, але в сукупності дають доволі об'єктивну картину.

Хвойні зручні тим, що можуть слугувати біоіндикаторами цілий рік. У лісознавстві давно розроблена оцінка стану навколишнього середовища за комплексом ознак у хвойних, при якій використовуються не тільки досить мінливі морфологічні ознаки, але і ряд біохімічних змін.

Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на великих територіях. Хвойні – основні індикатори, які застосовувались для оцінки стану лісів Європи. Їх використання також досить інформативне на малих територіях (наприклад, вплив автодороги на прилеглу зону, якщо вона прилягає до хвойного лісу; стан навколишнього середовища в міських екосистемах різного рангу і характеру).

Матеріали й обладнання: ваги технічні; різноважки; лінійки; вимірювальні й прості лупи зі збільшенням в 4-10 разів; міліметровий

папір; термостат; гілки одного виду хвойних, які проростають у міських посадках або в зоні впливу металургійних підприємств, ТЕС та ін.; гілки, взяті у відносно чистій зоні позаміських територій.

Хід роботи

За завданням викладача, за тиждень до заняття, зріжте гілки умовно одновікових хвойних дерев, найбільш поширених у даній місцевості (наприклад, для міських умов – ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst) і ялина сиза (*Picea glauca* (Moench) Voss). Гілки зріжте на висоті 2 м із певної частини крони, повернутої до зон із забрудненим повітрям (поблизу автодоріг, підприємств, особливо з викидами у повітря оксиду сульфуру (VI), на який хвойні сильно реагують). Контролем слугують гілки з умовно одновікових дерев, зібраних у чистій зоні заповідника, зеленій зоні міста або в посадках лісових культур.

Вивчення хвої

Хвою розгляньте за допомогою лупи, замалюйте виявлені хлорози, некрози кінчиків хвоїнок і всієї поверхні, їх відсоток і характер (точки, крапчастість, плямистість, мозаїчність). Найчастіше пошкоджуються дуже чутливі молоді голки. Колір пошкодження може бути дуже різним: червонувато-бурим, жовто-коричневим, буровато-сизим. Ці відтінки є інформативними якісними ознаками.

Виміряйте довжину хвої на пагоні минулого року, а також її ширину (всередині хвоїнки) за допомогою вимірювальної лупи. Використовуйте міліметровий папір, встановіть ціну поділки лупи. Повторність 10-20-кратна, оскільки біометричні ознаки доволі мінливі.

Встановіть тривалість життя хвої шляхом огляду пагонів із хвоею по мутівках (рис. 45).

Обчисліть масу 1000 штук абсолютно сухих хвоїнок. Для цього відрахуйте 2 рази по 500 штук хвоїнок, висушіть їх у термостаті до абсолютно-сухого стану і зважте.

Зближення хвоїнок. В результаті погіршення росту пагона в забрудненій зоні пучки хвоїнок більш зближені і на 10 см пагона їх більше, ніж у чистій зоні. Якщо пагін менше 10 см, підрахунок

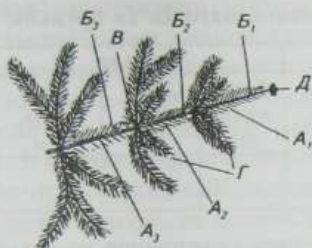


Рис. 45. Частинки гілки хвойного дерева, що служать біоіндикаторами: A_1, A_2, A_3 – осьові пагони першого, другого та третього років; B_1, B_2, B_3 – хвоя першого, другого та третього років; V – кільце; G – бокові пагони; D – бруньки (за А.І. Федоровою, А.Н. Нікольською, 2001)

проведіть по існуючій довжині й переведіть на 10 см. У всіх випадках вимірювань виведіть середнє. Дані занесіть у таблицю 55.

Дослідження пагонів

Виміряйте довжину приросту кожного року, починаючи від останнього, рухаючись послідовно по міжвузлях від року до року.

- Встановіть товщину осьового пагона (на прикладі дворічного).
- В місцях кілець підрахуйте розгалуження, виведіть середнє.
- На пагонах установіть наявність некрозів (точкове чи іншої форми відмирання кори).

Таблиця 55

Схема запису результатів вимірювань хвої

Місце відбору зразка	Довжина, мм	Ширина, мм	Тривалість життя, роки	Кількість хвоїнок на 10 см пагона, шт.	Вага 1000 шт., г	Некрози	
						%	характер

Дослідження бруньок

- Підрахуйте кількість сформованих бруньок, вирахуйте середнє.
- Виміряйте довжину і товщину бруньок вимірювальною лупою.

Дані, одержані в результаті досліджень пагонів та бруньок занесіть, до таблиці 56.

Схема запису результатів вимірювань пагонів та бруньок

Місце збору	Пагони			Бруньки		
	Довжина осьових пагонів	Товщина осьових пагонів	Розгалуження, шт.	Кількість, шт.	Довжина, мм	Товщина, мм

Примітка. Для побудови карти стану середовища на певній території за реакцією хвойних всі біометричні показники виражайте в балах (найвищий бал – в чистій зоні – 5) і нанесіть на карту, а потім контурними лініями виділіть зони ступеня забруднення.

**Робота № 66****Зміни феноритмів у рослин – інтегральний індикаційний показник. Проведення фенологічних спостережень.****Побудова феноспектрів та їх аналіз**

Фенологічні спостереження – це основа всіх екологічних прогнозів. Так, зміна мікроклімату в міській екосистемі одразу позначиться на строках сходження снігу, прильоту птахів або їх зимівлі, на динаміці популяції міських тварин, на строках розпускання листків дерев, а також на ході вегетації, термінах цвітіння ряду видів і т.д.

Під впливом несприятливих змін абіотичних, біологічних і антропогенних факторів середовища у рослин в межах генетично зумовленої норми реакції проходить зміщення фенофаз, інколи – накладка однієї фенофази на іншу, випадання фенофаз. Наприклад, при сильному суховії пшениця, посіяна на полях із полезахисними смугами оптимальної конструкції, буде проходити послідовно всі фенофази впритул до формування повноцінного насіння. А на полях без захисту смуг може бути скорочення строків проходження фенофаз, їх неповне протікання, в результаті ж – формування неповноцінного зерна і його раннє осипання.

При сильній дії антропогенних факторів середовища (шкідливі викиди підприємств і автотранспорту) в деревних видів з'являються пігментні плями, хлорозні й некротичні зміни та пошкодження листків і плодів, раннє опадання листової пластинки без повного її розцвітання і головне – скорочення вегетаційного періоду на дуже відчутні величини (за нашими спостереженнями – інколи до 1-1,5 місяців).

В умовах міських екосистем при великому завантаженні вулиць автотранспортом найбільш сильно на антропогенні дії реагують такі деревні породи, як каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.), всі види липи, клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst) і сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.). Вони можуть слугувати біоіндикаторами, хоча на ряд антропогенних факторів реагують тією чи іншою мірою всі види. І тільки комплексна оцінка по ряду ознак у різних видів при великій вибірці принесе бажаний результат.

Розрізняють такі фенофази рослин:

– у **трав'янистих злакових**: сході, кушіння, вихід у трубку, утворення листків, цвітіння, початок дозрівання плодів, повне їх дозрівання, початок розсіювання плодів і насіння.

– у **деревних рослин**:

Зимовий спокій (починається тоді, коли восени майже у всіх листках змінюється забарвлення, характерне для літнього стану). Розрізняють стадії спокою: передспокій, глибокий спокій, змушений спокій.

Початок весняного руху соку – “весняний плач” (у кленів, беріз, винограду). Ознакою початку фази є поява крапель соку після проколу кори.

Набування бруньок. Наступає тоді, коли бруньки помітно збільшуються в розмірах, покривні луски, розходяться.

Розпускання бруньок. З'являються кінчики найперших листків (хвоїнок), опадають брунькові луски.

Розгортання листків. З'являються перші листочки, які можуть бути ще дуже маленькими, мати складчасту поверхню, світло-зелене забарвлення.

Ріст пагонів. У одних видів (сосна) починається до появи листків-хвоїнок, у інших (тополя, липа) – під час росту листків, у третіх (вільха, береза, модрина) – після появи перших листків.

Літня вегетація. Починається тоді, коли перші за часом появи листки набувають характерних для їхнього літнього стану розмірів і забарвлення.

Осіньне розцвітання листків. Починається з часу появи перших по-осінньому забарвлених листків. Часто першою ознакою фази слугує поява в кронах дерев окремих гілок із повністю жовтими листками. У вічнозелених рослин фаза характеризується відмиранням самих старих листків (хвої).

Осіньне опадання листків. Зазвичай починається одночасно з розцвітанням листків. У рослин із роду вільхових, тополевих – із часом опадання перших зелених листків.

Розрізняють також *репродуктивні фази*, які можна показати і на окремому феноспектрі. У деревних рослин вони такі:

Бутонізація. Розпізнається при появі перших ознак бутонів (яблуня, слива, черемшина) або розрихлення сережок (вільха, береза).

Цвітіння. Ознака початку фази – розкриття кінчиків у перших квітів (клен, яблуня, глід) або висипання пилку (вільха, береза, ялина, сосна).

Дозрівання плодів. Починається з часу досягнення плодами розмірів, характерних для їх зрілого стану.

Розсіювання плодів. Ознакою вступу рослини в цю фазу є опадання зрілих плодів і поїдання їх тваринами.

Для рослин за початок масового наступання фенофази вважають момент, після якого у фазу вступило не менше 40-50% складу взятої під нагляд популяції.

Найбільш інформативною сумарною ознакою впливу антропогенних або інших (абіотичних і біотичних) факторів середовища є довжина вегетаційного періоду. За початок вегетаційного періоду в метеорології умовно береться момент, коли середньодобова температура повітря перевищує +5 °С. При цьому потрібно розрізняти місце проведення спостережень. Так, в Сибіру, при сильному промерзанні ґрунту в зимовий період, весною, навіть при середньодобовій температурі повітря, яка перевищує +5 °С, вегетація у рослин часто не спостерігається. У районах, де не промерзає ґрунт (Ставропольський, Краснодарський краї) весною при температурі повітря вище нуля в деяких рослин може починатися вегетація.

Біологи за початком вегетації в рослин вважають перші ознаки набухання бруньок, рідше – появу кінчиків листків. Інші вчені за початок вегетації приймають ті весняні зміни в рослин, при яких обов'язкове надходження води. У багатьох рослин такою ознакою може бути набубнявіння бруньок, тобто період дуже помітного і майже безперервного росту.

У вічнозелених рослин, крім відновлення тургору (якщо він був утрачений), достовірною ознакою початку вегетації слід вважати добре помітне набування листками багна, брусниці і хвої ялівця, сосни, ялини типового для літа темного забарвлення. В лісах початок весняного плачу в берези, клена є першою ознакою початку вегетації. Така ж інформативна ознака – розвертання перших листків у весняних ефемероїдів. Кінцем вегетації метеорологи вважають утворення снігового покриву, а чимало дослідників – опадання листків у деревних порід. На думку деяких учених кінець вегетації у літньо-зелених рослин збігається з моментом, коли закінчується фаза осіннього розцвітання листків, тобто фактично – руйнування хлорофілу і закінчення фотосинтезу. У вічнозелених рослин – це дата початку зміни літнього забарвлення листків або хвої.

Індикаторами осінніх заморозків служать сільгоспкультури: картопля, помідори, огірки, на півдні – бавовна, а також декоративні види – геогріни, чорнобривці, на півдні – кани. Для кожного виду відмічають перші пошкодження і дату повної загибелі рослин від даного виду заморозків.

Фенологічні спостереження за індикаційними об'єктами проводяться або на окремих модельних екземплярах (при цьому зазвичай ускладнений вибір середньої моделі), або на всій популяції чи групи особин. Зауважимо, що всі весняні фенофази проходять у більш короткі строки в порівнянні з осінніми. Так, фази опадання листків і зацвітання здебільшого проходять дружно і закінчуються за 9-11 діб і менше, а фази розпускання листків, осіннього їх опадання, дозрівання плодів можуть бути розтягнутими на 1-1,5 місяця.

Очевидно, що спроба схарактеризувати осіннє пожовтіння листків по випадково вибраному модельному дереву приречена на невдачу. В ряді методик за початок фази рекомендується брати день, коли у фазу вступило 5-10% складу популяції, а за початок

масового проходження фенофази прийнято вважати момент, коли у фазу вступило не менше 40-50% складу взятої під нагляд популяції.

Матеріали та обладнання: міліметровий папір; лінійки; кольорові олівці або фломастери; гербарні зразки листків покритонасінних деревних рослин різного ступеня жовтуватості з хлорозами і некрозами; ростучі пагони; пагони із закладеними бруньками; розроблений зразок побудови феноспектрів для одних і тих же видів, які проростають у різко відмінних екологічних умовах; розроблені завдання для студентів.

Хід роботи

Аркуш міліметрового паперу розміром 20 x 30 см поділіть навпіл лінією по довшій стороні. Лінію поділяють на рівні відрізки, які позначають 12 місяців (або 6-7 місяців вегетації); кожний місяць поділіть на декади. Подекадно нанесіть на тому ж листку графіки: у вигляді стовпчиків (опаді) і ламаної лінії (температура повітря). Ці дані необхідні для пояснення характеру проходження фенофаз у залежності від кліматичних або мікрокліматичних умов (наприклад, рік посушливий чи вологий). У випадку однакових абіотичних факторів і розбіжностей тільки під антропогенним впливом показники температури й опадів можна опустити.

Виберіть умови, позначені для окремих фенофаз, згідно з легендою і завданням побудуйте графік, який називається феноспектром. Як приклад на дошці накресліть зразок феноспектра, дайте можливість студентам ознайомитися з рядом вже побудованих феноспектрів (рис. 46). Поясніть, що кожна фенофаза поступово переходить в іншу фенофазу, тому лінії розділу між фенофазами похилі (це означає, що рослини переходять із однієї фази в іншу неодноразово). Продовження строків тих чи інших фенофаз можливі через зміни екологічних умов: наприклад, перезволоження ґрунту в зимовий період, великої кількості опадів на фоні тривалого теплого літа та ін. Скорочення фенофаз спостерігається у випадку стресових ситуацій: раптовий легкий заморозок або суховій, аварійні викиди підприємств. У цих випадках перехід однієї фенофази в іншу може бути різким.

Після пояснення принципів побудови феноспектрів студенти повинні виконати завдання, а також обдумати відповіді викладача

щодо характеру проходження фенофаз у тих чи інших умовах середовища.

Зразок завдання

Побудувати і пояснити феноспектри (проходження фенофаз) для однієї і тієї ж деревної породи (наприклад, каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.)) при її проростанні в районі водозбереження з великою акваторією (типу Воронезького), розміщеного в межах міської екосистеми, і при проростанні цього ж виду в посадках центральних вулиць міста (табл. 56). Однак у таблиці 56 і на рисунку 46 не наводяться фенофази 1 (зимовий спокій) і 2 (початок руху соку), оскільки для вказаних деревних рослин і характеру завдання вони мало інформативні.

Побудувати і пояснити феноспектри (проходження фенофаз) для липи, яка росте у вуличних посадках міського середовища і в заміському паркові.

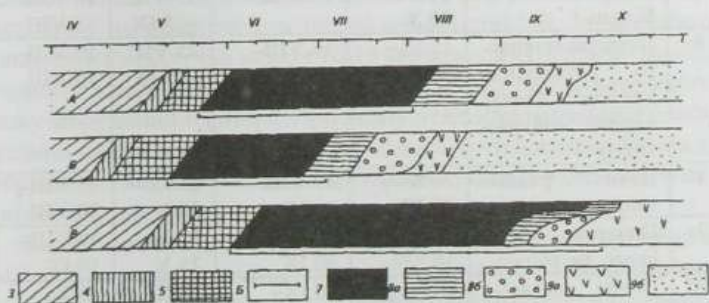


Рис. 46. Зразок феноспектрів (проходження фенофаз) модри́н різного географічного походження в культурах у 60 км на північ від м.

Красноярська: А – модрина сибірська південного походження, Б – модрина сибірська північного походження, В – модрина японська. Фенофази: 3 – набухання бруньок, 4 – поява перших кінчиків хвоїнок, 5 – розвертання хвоїнок, 6 – ріст пагона, 7 – фаза літньої вегетації, 8а – початок осіннього розцвічування хвої, 8б – повне розцвічування, 9а – початок осіннього листопаду, 9б – повне опадання хвої (за А.І.Федоровою, А.Н.Нікольською, 2001)

**Строки початку і закінчення фенофаз у деревних видів
у різних екологічних умовах**

№ фенофази	Назва фенофази	Строки проходження фенофаз			
		Завдання 1а (порода – каштан)		Завдання 1б (по- рода – липа)	
		Поблизу водозбе- реження	Централь- ні вулиці	Замі- ські парки	Центра- льні ву- лиці
3	Початок набуб- нявіння бруньок	10.IV– 30. IV	30.III–10. IV	10.IV– 25.IV	5.IV– 10.IV
4	Початок опадан- ня листків	30.IV–5. V	10.IV–20. IV	25.IV– 5.V	10.IV– 20. IV
5	Розгортання листків	5.V– 20.V	20.IV– 15.V	5.V– 20.V	20.IV– 22. IV
6	Ріст пагонів	20.V– 10.IX	10.V– 15.VIII	10.V– 25.VIII	5.V–30. VII
7	Фаза літньої ве- гетації: Початок Кінець	10.VI– 15.VI 15.IX– 20.X	1.V–20.V 16.VIII– 20.VIII	25.V– 30.V 25.VIII –15.IX	20.V– 25.V 10.VIII– 15.VIII
8а	Початок осінньо- го розквітання листків (поява першої жовтува- тості)	15.IX– 20.X	16.VIII– 20.VIII	25.VIII –15.IX	10.VIII– 15.VIII
8б	Повне розкві- тання листків	20.X– 20.XI	30.VIII– 10.IX	25.IX– 20.X	25.VIII– 30.VIII
9а	Початок осін- нього листопаду	20.IX– 10.XII	30.VIII– 30.IX	10.X– 25.X	30.VIII– 10.IX
9б	Повне опадання листків	Не про- росло	30.IX– 30.X	25.X– 25.XI	10.X– 10.XI

Нанести на феноспектр довжину вегетаційного періоду деревних порід у різко відмінних умовах середовища.

Висунути версію – пояснення феноритмів при проростанні деревних порід у різних екологічних умовах і можливості цього інтегрального показника як інформативного біоіндикатора.

Вплив антропогенних чинників на хімічний склад рослин



Робота № 67

**Визначення зольності листків, хвої, бруньок і кори
деревних рослин як індикаційної ознаки забруднення
повітряного середовища важкими металами**

Дослідження, проведені на деревних рослинах, показали, що важкі метали, сульфур та інші елементи накопичуються в органах рослин і за їхнім складом можна оцінити екологічну обстановку. Особливо сильне накопичення забруднюючих речовин спостерігається в зимовий період при відсутності рідких опадів.

Це накопичення відбувається як шляхом дифузії, так і внаслідок зв'язування важких металів або їх розчинних солей у менш рухомі комплекси з білками, дубильними речовинами та ін. За відсотковим складом золи, до якої входять важкі метали, можна судити про екологічну несприятливість тієї чи іншої території. За достатньої кількості матеріалу (не менше 10-15 зразків однієї деревної породи в одному місці) і статистичній обробці можна побудувати карту-схему забрудненої території. При цьому дуже відповідальним є вибір рослини-біоіндикатора. Ці рослини повинні бути досить стійкими до забруднення атмосфери, здатними накопичувати їх у своїх органах і широко розповсюдженими.

Листки хвої або кору деревних рослин-біоіндикаторів зберіть за 7-10 днів до заняття в різних частинах місцевості з метою охопити різні екологічні умови, висушіть до повітряно-сухого стану, подрібніть і висушіть до абсолютно сухої ваги в термостаті при температурі 100-105 °C.

Зразки кори і листя (по 5-10 г) зважте, подрібніть та проведіть озолення: сухі та подрібнені зразки деревини, кори, листя, відібрані методом середньої проби, зважте до 0,01 г на кальці. Помістіть їх у пропалені й зважені фарфорові тиглі або в упарювальні чашки ($d = 5-7$ см). Тиглі поставте на розігріту електроплитку у витяжній шафі і прогрійте до обвуглювання та зникнення чорного диму. При наявності великої кількості рослинного матеріалу можна його

доповнювати з попередньо зваженого зразка.

Потім тиглі поставте в муфельну піч при температурі 400-450 °С і спалюйте ще 20-25 хв. до такого стану, коли попіл стане сіро-білим. При більш високій температурі прожарювання можуть бути суттєві втрати сульфуру, фосфору, калію та натрію. Може також спостерігатися сплавлення з кремнієвою кислотою, що заважає повному озоленню. В цьому випадку припиніть прокалювання, охудіть тиглі й додайте у ємність декілька крапель гарячої дистильованої води; підсушіть на плитці і продовжуйте прокалювання.

Можливі такі варіанти кольору золи:

- червоно-бурий (при великому вмісті в зразку окислів феруму);
- зеленуватий (у присутності мангану);
- сіро-білий.

Після припинення спалювання, тиглі охолодіть в ексікаторі з кришкою і зважте, вирахуйте відсоток золи з піском та кремнієвою кислотою. Для того, щоб визначити вагу чистої золи в тиглі, додайте 1 мл дистильованої води і 2 мл розчину хлоридної кислоти (1:1), перемішайте, випаруйте до суха на повітряній бані і підсушіть при температурі 120-130 °С для зневоднення кремнієвої кислоти. До сухого залишку в тиглі додайте 2 мл розчину HCl (1:1), 3 мл води, перемішайте, підігрійте і профільтруйте гарячим через беззолний фільтр середньої щільності, $d = 7$ см у конічну колбу на 100-200 мл або в стакан такої ж ємності, промийте тигель і фільтр гарячою водою (5 разів по 5 мл), кожен раз даючи розчину повністю стекти. В кінці процедури один раз промийте крапельним способом, направляючи краплі на краї фільтра. Фільтр, на якому знаходиться пісок та кремнієва кислота, помістіть у той же тигель, висушіть, прокаліть, охолодіть і зважте. Різниця між одержаною масою й масою порожнього тигля дає вміст піску і кремнієвої кислоти в наважці. З одержаних даних вирахуйте вміст золи за формулою:

$$X = \frac{100 \cdot (A - B)}{N} \%,$$

де X – вміст золи (%);

A – маса золи з піском і кремнекислотою (г);

B – маса кремнієвої кислоти й піску (г);

N – абсолютно суха неважка (г).



Накопичення фенольних сполук в органах квіткових рослин, мохах, лишайниках як прояв захисної реакції на несприятливі фактори середовища

Фенольні речовини являють собою велику й різноманітну групу ароматичних сполук, надзвичайно розповсюджену в рослинному світі. Їх частка становить до 2-3% маси органічної речовини, а в деяких випадках – до 10% і більше. В окремих органах рослин їх кількість різко зростає: в синьо-фіолетових пелюстках братків (*Viola hybrida hort.*) їх 33%, а у садових форм барвінку (*Vinca L.*) – 24% (Блажей, Шутий, 1978; Барабой, 1985; Лебедєва, Ситник, 1986).

До групи фенольних сполук належать флавоноїди (фізіологічно активні речовини багатьох плодів, ягід, овочів і дикорослих рослин). Вони поділяються на катехіни (основні активні речовини чаю), лейкоантоціани (безбарвні речовини, часто попередники флавоноїдних пігментів), флавони і флавоноли (жовті речовини багатьох квітів), а також антоціани (сині, червоні, фіолетові пігменти). До полімерних фенольних сполук відносять дубильні речовини (їх багато в корі дуба та верби), лігнін (деревина), меланіни (чорне забарвлення квітів і їх частин, а також поверхневий покрив комах). Халкони і аурони також надають квітам жовтого забарвлення або відтінок слонової кістки.

Одним із можливих шляхів утворення фенольних речовин є їх біосинтез із вуглеводів, які утворюються в процесі фотосинтезу.

У рослинах фенольні речовини мають захисну функцію. Вони накопичуються в органах рослин при несприятливих умовах середовища. Прикладом цього може слугувати накопичення антоціану і почервоніння пагонів, бруньок і молодих листочків у деревних рослин на Півночі і у високогір'ях (особливо в період весняних заморозків), а також накопичення інших груп фенольних сполук у деревних рослин восени та взимку (Барабой, 1984). Фенольні сполуки відіграють велику роль в імунитеті рослин до різних захворювань і пошкоджень комахами. Нерідко захисні феноли у здорових рослин відсутні й утворюються лише як реакція-відповідь

на ураження збудником (фітоалексини). Фенольні сполуки відіграють важливу роль при загоснні механічних ушкоджень, в захисті клітин від проникаючої радіації, при появі вільних радикалів, мутагенів, окислювачів. Так, у хвої ялини підвищення вмісту фенольних речовин під впливом оксиду сульфуру (VI) спостерігалось за місяць до ушкодження хвої, тобто було ніби попередником видимих хлорозів і некрозів (Артамонов, 1986).

Флавоноїдні пігменти, що зумовлюють природне забарвлення квітів, плодів, ягід, листків, кори, покривних лусочок бруньок, забезпечують приваблювання тварин-опилювачів. Ця група речовин виділяється в природне середовище з відмерлих залишків рослин і має велике значення в алелопатії.

Багато захисних фенолів, пройшовши генетичний відбір, стали невід'ємними властивостями рослин (наприклад, переважання червоношишкових форм хвойних в умовах півночі і гірських систем), в інших випадках вони проявляються у відповідь на несприятливі умови як попередники лейкоантоціанів (безбарвні пігменти), які постійно містяться в листках, корі рослин. При нестачі нітрогену листки картоплі починають продукувати антоціани.

Накопичення фенольних речовин під впливом несприятливих і стресових умов середовища забезпечує стійкість виду. Ці речовини виконують роль захисних бар'єрів на шляху механічних, хімічних, термічних факторів середовища, а також хвороботворних впливів. Звичайно деревна кора, оболонки насіння, плодів, ягід, клубнів та інші покривні тканини містять підвищену кількість фенольних сполук (дубильні речовини, флавоноїди, фенолокислоти) і утворюють захисний покрив, що захищає клітини, які діляться (меристеми апікальних частин камбію), і насіння (майбутні зародки життя) від всякого роду ушкоджень, запобігають їх проникненню всередину тканин.

Фенольні глікозиди клітин мохів, лишайників попереджують їх гниття, а після відмирання сприяють утворенню торфу. Фенольні лишайникові кислоти пригнічують розмноження багатьох бактерій і плісняви.

Багато фенольних сполук виконують фітонцидну роль. Катехіни, антоціани, фенолокислоти і дубильні речовини належать до антибіотиків рослинного походження. Фітонцидний (антибіотичний)

ефект виявляють і прості феноли (пірокатехін, гідрохінон, пірогалон та їхні окиснені хінонні форми). Так, галати (метилові та етилові ефіри галової кислоти), виділені з плодів клена, пригнічують ріст туберкульозної палички, ряду плісень та грибів, деяких бактерій, патогенних для рослин, мають противірусну дію.

Отже, дослідження багатьох авторів показали, що основна функція фенольних речовин – захисна, вони накопичуються в органах рослин у несприятливих, стресових умовах середовища і можуть слугувати надійною біоіндикаційною ознакою. В даній роботі пропонується метод визначення суми фенольних сполук за Левенталем у модифікації А.Л. Курсанова (1937).

Матеріали й обладнання: ступки, ваги торзійні, склянки на 100 мл, водяна баня, випарювальні чашки на 800-1000 мл або стакани такого самого об'єму, бюретки, колби на 50 мл, розчин індигокарміну, 0,1 н розчин KMnO_4 , дистильована вода, перемолотий рослинний матеріал (листки дуба, клена), зібраний у різних екологічних умовах.

Приготування розчину індигокарміну: розчиніть 1 г індигокарміну в 50 мл концентрованої сульфатної кислоти і доведіть водою до 1 л.

Хід роботи

Наважку в 1-3 г сухої речовини перемелену або 4-10 г свіжого розтертого в ступці з битим склом рослинного матеріалу нагрійте у склянці на 100 мл із 40 мл дистильованої води протягом 15 хв. на киплячій водяній бані при інтенсивному помішуванні. Екстракт охолодіть, профільтруйте і доведіть до мітки в колбі на 50 мл. Частину отриманого екстракту (10 мл) перенесіть у фарфорову чашку або склянку об'ємом 800-1000 мл, додайте 750 мл дистильованої води і 25 мл розчину індигокарміну. Суміш відтитруйте 0,1 н розчином KMnO_4 (3,16 г KMnO_4 в 1 л води), ретельно помішуючи. Закінчення титрування встановіть за появою в розчині золотисто-жовтого відтінку. Результат титрування помножьте на перерахунковий коефіцієнт для переведення мілілітрів 0,1 н KMnO_4 в міліграми фенольних сполук, які містяться в 10 мл взятого на титрування екстракту.

Для більшої точності паралельно проведіть контрольне титрування, в якому 10 мл екстракту замініть 10 мл дистильованої води й отримане значення вирахуйте з основного визначення.

Найчастіше користуються перерахунковим коефіцієнтом 4,16 (визначений для китайського таніну), однак для аналізу чайного листка в нашій країні використовується коефіцієнт 5,82, а в Індії – 4,62.

5.4. Ауतेкологічні дослідження людини

Дослідження цитогенетичних змін



Робота № 69

Оцінка рівня генетичного ризику територій за мікроядерним індексом

Мікроядра – це невеличкі структури округлої форми, які виявляються в цитоплазмі клітин і мають колір, аналогічний ядру при забарвленні ядерними барвниками.

Утворюються мікроядра з ацентричних фрагментів або відстаючих цілих хромосом унаслідок порушення ахроматинового веретена. Більшість дослідників вважає, що верхня межа розмірів мікроядер $1/4 - 1/5$ діаметра ядра клітин. Визначення частоти зустрічальності клітин із мікроядрами, або мікроядерного індексу ($I_{\text{МЯ}}$), є широко розповсюдженим експрес-методом оцінки мутагенної дії довкілля. Упровадження даного методу в практику біоіндикації пов'язують з іменем В. Шміда (W. Schmid). Саме він започаткував застосування мікроядерного тесту для дослідження мутагенності різних агентів *in vivo*. Цей метод не поступається за чутливістю метафазному або анафазному аналізу, проте значно менш трудомісткий. Мікроядерний індекс букального епітелію (клітин слизової оболонки ротової порожнини) зручний у зв'язку з доступністю матеріалу. Його можуть застосовувати в дослідженнях біоекологи без залучення медичного персоналу, оскільки цей спосіб забору матеріалу не належить до інвазійних методів. Здебільшого мікроядерний індекс визначають у дітей, оскільки їх спадковий матеріал більш чутливий до несприятливих чинників. Крім того, серед дітей не в такій мірі поширене паління, яке може підвищувати відсоток клітин із мікроядрами.

Матеріали й обладнання: мікроскоп, набір косметичних паличок із ватними наконечниками, предметні скельця, фіксатор, барвник (ацетокармін або ацетоорсеїн), кип'ячена вода.

Хід роботи

Перед початком роботи необхідно підписати кожне предметне скельце. Для цього наклейте смужку паперу на нижній бік предметного скла. Складіть список дітей у класі (вказіть прізвище та ім'я кожної дитини, а також зробіть відмітки про хвороби). Зашифруйте цей список так: 1.1, 1.2, 1.3 і т.д. – перша цифра, означатиме номер села в загальному списку населених пунктів, а друга – відповідатиме порядковому номеру дитини в класному журналі). Перед узяттям проб простежте, щоб усі діти сполоснули рот кип'яченою водою. Потім косметичною паличкою, змоченою водою, візьміть *зіскоб* із внутрішньої сторони порожнини рота (з внутрішнього боку лівої та правої щік, а потім із нижньої губи). Зробіть декілька відбитків на предметному склі, *висушіть*. Паличку віддайте дитині, щоб вона сама її викинула. Цим Ви продемонструєте як дитині, так і її батькам, що даний спосіб виключає можливість перенесення інфекцій між досліджуваними особинами. Проведіть *попередню фіксацію* зібраного матеріалу: помістіть скельця в 96° етиловий спирт на 15 хв. *Висушіть*. Після цього застосуйте *основну фіксацію*: помістіть предметні скельця у фіксатор на 1,5-2 год. Склад фіксатора: спирт, хлороформ і льодяна оцтова кислота у співвідношенні 6:1:1.

Після основної фіксації матеріал знову *висушіть*. Тепер *фарбуйте* ацетоорсеїном або ацетокарміном (1%-й розчин орсеїну або карміну в 45 %-й оцтовій кислоті) протягом 15 хв. *Висушіть*.

Мікроядра аналізуйте під мікроскопом типу МБИ-11 при збільшенні $\times 900$. *Підрахуйте* кількість клітин із мікроядрами та загальну кількість клітин. При підрахунку використовуйте метод паличок (клітини з одним мікроядром позначайте - \perp^1 клітини з двома мікроядрами позначте \perp^2 , з трьома - \perp^3 і т.д., а клітини без мікроядер - $|$). Перегляньте всі клітини в полі зору мікроскопа, запишіть одержані результати, потім перемістіть препарат в інше поле зору. Для розрахунків зручно, коли загальна кількість клітин дорівнює 1000 на кожного індивіда. Підрахуйте кількість клітин з мікроядрами і кількість мікроядер у них.

Мікроядерний індекс розрахуйте за формулою:

$$I_{\text{МЯ}} = \frac{n}{N} \times 100,$$

де $I_{\text{МЯ}}$ – мікроядерний індекс;

n – кількість клітин із мікроядрами;

N – загальна кількість клітин.

Розрахуйте *середню кількість мікроядер (МЯ)* в клітинах із мікроядрами, вираховавши її як співвідношення загальної кількості виявлених мікроядер до кількості клітин із мікроядрами.

Підрахуйте *частоту клітин із різною кількістю мікроядер* ($x_{\text{МЯ1}}$, $x_{\text{МЯ2}}$ і т.д.) як співвідношення кількості клітин з n -ю кількістю мікроядер (одним, двома, трьома і т.д.) до загальної кількості клітин із мікроядрами.

Показник пошкодження генетичного матеріалу в досліджуваній реперній точці оцініть за методикою А.І. Горової. Для цього визначте такі показники:

$P_{\text{комф}}$ – фонове значення мікроядерного індексу для даного фізико-географічного району. Це найменше середнє значення $I_{\text{МЯ}}$ серед досліджених Вами реперних точок даного фізико-географічного району;

$P_{\text{кр}}$ – критичне значення $I_{\text{МЯ}}$ для даного фізико-географічного району. Це найбільше середнє значення $I_{\text{МЯ}}$ серед досліджених Вами реперних точок даного фізико-географічного району;

P_i – середнє значення мікроядерного індексу в дітей конкретної реперної точки;

ППГ – показник пошкодження генетичного матеріалу в конкретній реперній точці, який розрахуйте за формулою:

$$\text{ППГ} = \frac{P_i - P_{\text{комф}}}{P_{\text{крит}} - P_{\text{комф}}}.$$

Оцініть рівень пошкодження генетичного матеріалу за шкалою А.І. Горової (табл. 58).

Дослідження фізіологічних змін

За визначенням ВООЗ, здоров'я – це не тільки відсутність хвороб, але й певний рівень фізичної тренуваності, підготовленості,

**Рівень пошкодження генетичного матеріалу
за шкалою А.І. Горової**

№ п/п	ППГ	Рівень пошкодження генетичного матеріалу
1	0,00 - 0,15	Низький
2	0,16 - 0,30	Нижче середнього
3	0,31 - 0,45	Середній
4	0,46 - 0,60	Вище середнього
5	0,61 - 0,75	Високий
6	0,76 - 1,00	Максимальний

функціонального стану організму, який є фізіологічною основою фізичного, психічного благополуччя.

Виходячи з концепції фізичного здоров'я, основним його критерієм можна вважати енергопотенціал біосистеми, оскільки життєдіяльність будь-якого живого організму залежить від його акумуляції й мобілізації для забезпечення фізіологічних функцій.

Оскільки частка аеробної енергопродукції найбільша в сумі енергопотенціалу, то максимальна величина аеробних можливостей організму є основним критерієм його фізичного здоров'я й життєдіяльності. Отже, основним критерієм здоров'я можна вважати розшифрувати МСК, а його величину – кількісним виразом стану здоров'я.

Максимальне споживання кисню (МСК) – це найвищий досяжний рівень аеробного обміну при фізичному навантаженні. Звичайно таке навантаження виснажує пацієнта за 5-10 хв. Вище цієї межі працюючим м'язам не вистачає кисню, і в них інтенсифікуються анаеробні обмінні процеси. Отже, МСК є показником аеробної здатності організму, яка залежить від резервів серця, можливостей кровопостачання працюючих м'язів, кисневої місткості крові, стану легеневої вентиляції, дифузійної здатності легень та інших показників, тобто від фізичного стану організму, а також від типу навантажень і маси м'язів, які беруть участь у роботі.

Якщо яка-небудь ланка в ланцюзі факторів, які забезпечують високий рівень обмінних процесів при фізичних навантаженнях,

порушується, то неодмінно понижується й аеробна здатність організму. Водночас тренувальний режим, збільшуючи адаптаційні можливості, зумовлює збільшення аеробної здатності.

МСК є важливим фізіологічним показником, який відображає здатність організму забезпечити більшу потребу тканин у кисні при граничній активації функції серцево-судинної і дихальної систем. Цей показник основний при визначенні функціонального стану і працездатності людини за допомогою навантажувальних тестів. МСК визначається в літрах за хвилину (л/хв).

З урахуванням того, що воно пропорційне масі тіла, для одержання порівняльних даних його часто відносять до 1 кг маси тіла (мл/хв/кг).

Зв'язок між аеробними можливостями організму й станом здоров'я вперше відкрив американський лікар К. Купер (1970). Він довів, що люди, які мають рівень МСК 42 мл/хв/кг і вище, не страждають хронічними захворюваннями і мають показники артеріального тиску в межах норми. Граничні (порогові) величини МСК для чоловіків становлять 42 мл/хв/кг, для жінок – 35 мл/хв/кг, що характеризує безпечний рівень соматичного здоров'я.



Робота № 70

Субмаксимальні навантаження при степ-тесті та їх оцінка для осіб різного віку, статі, маси*

Дослідження свідчать, що найбільш цінну інформацію про функціональний стан серцево-судинної системи дає облік змін основних гемодинамічних параметрів не у відновний період, а безпосередньо під час виконання дозованих навантажень.

Вивчення фізичної працездатності (ФПЗ) при навантажувальних тестах і при виконанні професійних обов'язків має велике значення для оцінки функціонального стану серцево-судинної й дихальної системи.

У практиці часто користуються показниками не максимальної роботи, а роботи при частоті серцевих скорочень 170 на 1 хв. (ФПЗ₁₇₀). У цьому тесті поетапно збільшується навантаження до

досягнення частоти серцевих скорочень 170 на 1 хв. Такий рівень навантаження (кгм/хв) і є показником ФПЗ₁₇₀.

Тест зі сходінками найбільш фізіологічний і доступний для осіб будь-якого віку й працездатності.

Використовують стандартну подвійну сходінку (рис. 47). На верхній сходінці людина повинна стояти випроставшись і ставити обидві п'ятки на підлогу після кожного спуску.

Для визначення субмаксимального рівня навантаження при тесті зі сходінками можна використати таблицю 59, в якій зазначена кількість підйомів на подвійну сходінку за 1 хв., протягом 4 хв., яка відповідає 75% максимального споживання кисню для осіб середньої фізичної здатності різної статі, маси й віку. Зрозуміло, що до цього рівня навантаження треба дійти поступово. У таблиці 60 над кожним стовпчиком у дужках зазначена частота серцевих скорочень (пошт./хв), яка відповідає середній фізичній здатності жінок і чоловіків даної вікової групи.

Таблиця 59

Оцінка результатів Гарвардського степ-тесту

Оцінка	Індекс степ-тесту
Відмінно	90
Добре	80 – 89,9
Посередньо	65 – 79,9
Слабо	55 – 64,9
Погано	55

Якщо частота пульсу при зазначеному для нього навантаженні буде відрізнятись менше ніж на 10 за 1 хв. від наведеного в дужках значення, то фізичний стан його можна вважати задовільним. Якщо частота пульсу нижча від наведеної у дужках на 10 і більше, то фізична здатність людини вища від середньої, а якщо частота пульсу на 10 за 1 хв. і більше вища, ніж зазначена у дужках, то фізична здатність низька.

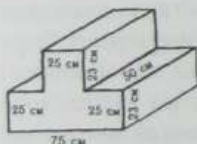


Рис. 47. Стандартна подвійна сходінка

Виконана за одиницю часу робота при степ-тесті може бути досить точно визначена на основі маси тіла пацієнта, висоти сходінки

Субмаксимальні навантаження при степ-тесті та їх оцінка для осіб різного віку, статі й маси

Маса, кг	Вік, роки			
	20-29	30-39	40-49	50-59
	Жінки: підйом за 1 хв.			
	(167)	(160)	(154)	(145)
36	16	16	14	10
41	17	16	14	10
45	17	17	14	10
50	17	17	15	10
54	17	17	15	10
59	18	17	15	10
63	18	17	15	10
68	18	18	15	10
72	18	18	15	10
77	18	18	15	10
81 і більше	18	18	16	10
	Чоловіки: підйом за 1 хв.			
	(161)	(156)	(152)	(145)
50	20	18	16	13
54	20	19	16	13
59	20	19	16	13
63	21	19	17	13
68	21	19	17	13
72	21	19	17	13
77	21	19	17	14
81	21	19	17	14
86	21	19	17	14
91 і більше	21	20	17	14

й кількості сходжень за даний час:

$$W = BW \times H \times T \times 1,33,$$

де W – навантаження, кгм/хв;

BW – маса тіла, кг;

H – висота сходинки, м;

T – кількість підйомів за 1 хв;

1,33 – поправковий коефіцієнт, який враховує фізичні затрати на спуск

зі сходинок, що становлять $\frac{1}{3}$ затрати на підйом.

Номограма Астранда-Рімінга

Навантажувальні тести дають змогу одержати точну інформацію про функціональний стан організму людини на основі таких значних фізіологічних показників, як максимальне споживання кисню. Номограма Астранда-Рімінга ґрунтується на лінійній залежності між частотою пульсу при певному рівні навантаження й споживання кисню. З урахуванням корекції номограма Астранда-Рімінга дає похибку від даних прямого вивчення МСК не більше 10-15%.

Для визначення МСК за номограмою (рис. 48) на основі степ-тесту необхідно врахувати частоту серцевих скорочень на останній хвилині стандартного тесту Рімінга з 22 підйомами за хвилину протягом 6 хв. (висота сходинки для чоловіків 40 см, для жінок – 33 см). Маса тіла жінки позначається на шкалі “степ-тест”, градуйованій до 90 кг (шкала В). На цьому рівні проводиться горизонтальна лінія вправо на шкалу 1. Маса тіла чоловіка відкладається безпосередньо на шкалі 1, ліва

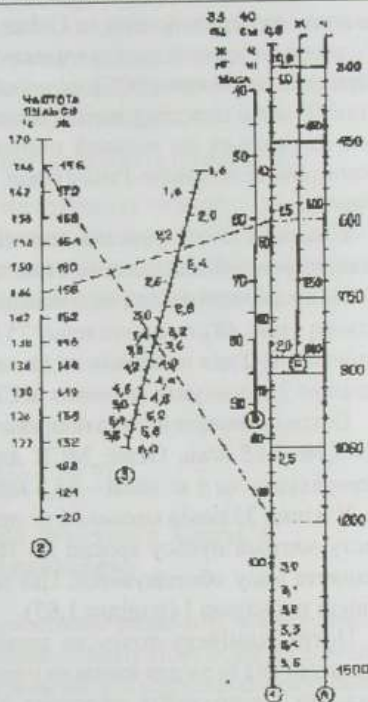


Рис. 48. Номограма для визначення МСК (за Astrand, 1960)

Таблиця 61

Вік, роки	Поправковий коефіцієнт
15	1,1
25	1,0
35	0,87
40	0,83
45	0,78
50	0,75
55	0,71
60	0,68
65	0,65

частина якої градуїрована до 100 кг. Потім зазначена точка на шкалі 1 з'єднується прямою лінією з точкою на шкалі 2, яка відповідає частоті серцевих скорочень (ЧСС) на останній хвилині тесту з урахуванням статі. У місці перетину лінії зі шкалою 3 відраховується МСК (л/хв), яке множиться на віковий поправковий коефіцієнт до МСК за номограмою Астранда-Ріміга (табл. 59). У результаті отримують СМК пацієнта.

Приклад: У 45-річного чоловіка масою 75 кг при виконанні стандартного 6-хвилинного степ-тесту ЧСС становила 150 на 1 хв.

На шкалі маси чоловіків, суміщеної зі шкалою “споживання кисню” (шкала 1 рис. 48), позначте точку 75 кг, яка з'єднується прямою лінією з точкою 150 для чоловіків на шкалі 2. У місці перетину цієї лінії із шкалою 3 відрахуйте значення МСК, яке становить 3,4 л/хв.

Потім помножте його на поправковий коефіцієнт для віку 45 років: $3,4 \cdot 0,78 = 2,65$ л/хв. Отже, МСК для обстежуваного 2,65 л/хв, а в перерахунку на 1 кг маси – 35,3 мл/хв/кг.

У жінки 35 років масою 66 кг при виконанні 6-хвилинного степ-тесту частота пульсу зросла до 162 за 1 хв. На шкалі степ-тесту зазначте масу обстежуваної. Цю точку з'єднайте горизонтальною лінією зі шкалою 1 (поділка 1,65).

Потім відмічену точку на шкалі 1 з'єднайте прямою лінією з поділкою 162 за хв для жінок на шкалі 2 і в місці перетину цієї лінії зі шкалою 3 відрахуйте значення МСК – 2,4 л/хв. Цей показник помножте на віковий поправковий коефіцієнт ($2,5 \cdot 0,87$) і визначте МСК обстежуваної, яка становить 2,08 л/хв, чи 31,61 мл/хв/кг.

Рівень МСК можна визначити приблизно і за допомогою 12-

Таблиця 62

**Кореляційна залежність між швидкістю бігу
й споживанням кисню**

Дистанція, яку пробігають за 12 хв, км	Споживання кисню, мл/хв/кг
1,6	25,0
1,6 – 1,9	25,0 – 33,7
2,0 – 2,4	33,8 – 42,5
2,5 – 2,7	42,6 – 51,5
2,8 і більше	51,6 і більше

хвилинного тесту Купера, оскільки між швидкістю бігу й споживанням кисню також існує пряма кореляційна залежність. Для цього виміряйте відстань, яку обстежуваний здатний пробігти за 12 хв. по доріжці стадіону з максимальною швидкістю (табл. 62).

Пам'ятайте, що цей тест вимагає підготовки!

Хоча показники фізичної працездатності найбільш об'єктивно відображають рівень фізичного стану, для його оцінки використовуються й інші методи, які базуються на кореляційній залежності між МСК і основними функціональними показниками систем життєдіяльності організму.



Робота № 71

Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я за Г.А. Апанасенко

Оцінку здоров'я можна ще орієнтовно визначати, користуючись бальною системою оцінок рівня фізичного стану. Відповідно до значення кожного функціонального показника нараховується певна кількість балів.

Системою Г.А. Апанасенко можна користуватися в найпростіших виробничих кабінетах здоров'я без спеціального велоергометричного тесту (табл. 63).

За даною системою оцінок безпечний рівень здоров'я (вищий від середнього) обмежується 14 балами. Це найменша сума балів, яка гарантує відсутність клінічних ознак хвороби. Хоч така оцінка рівня здоров'я відносна, проте вона дає змогу швидко провести масове медичне обстеження й диспансеризацію населення. Кількісна оцінка рівня фізичного стану дає цінні результати про стан здоров'я і функціональні можливості організму.

**Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я
(за Г.А. Апанасенко, 1988)**

Функціональні показники		Функціональні класи (різні)				
		I низький	II Нижче середнього	III середній	IV вище середнього	V високий
Маса тіла/зріст, г/см	Ч	501	451-500	401-450	375-400	375
	Ж	451	401-450	375-400	400-351	350
	бали	-2	-1	0	-	-
ЖМЛ/маса тіла, мл/кг	Ч	50	51-55	56-60	61-65	66
	Ж	40	41-45	46-50	51-57	57
	бали	0	1	2	4	5
ЧСС АТ _{сист} /100	Ч	111	95-110	85-94	70-84	69
	Ж	111	95-110	85-94	70-84	69
	бали	-2	0	2	3	4
Час відновлення ЧСС після 20 присідань за 30 с, хв	Ч	3	2-3	1,3-1,59	1,0-1,29	59
	Ж	3	2-3	1,3-1,59	1,0-1,29	59
	бали	-2	1	3	5	7
Динамометрія кисті/маса тіла, %	Ч	60	61-65	66-70	71-80	81
	Ж	40	41-50	51-55	56-60	61
	бали	0	1	2	3	4
Загальна оцінка здоров'я, сума балів		4	5-9	10-13	14-15	17-21



Робота № 72

Оцінка фізичної гармонії організму
за тестом “гармонії” К. Купера

Складається з трьох контрольних вправ: підтягування; піднімання тулуба з положення лежачи на спині протягом 2 хв.; біг – 5000 м.

Підрахуйте й додайте одержанні за виконання тестів бали, визначте оцінку фізичної гармонії організму.



Робота № 73

Оцінка функції апарату зовнішнього дихання

Апарат зовнішнього дихання. Функція апарату зовнішнього дихання спрямована на забезпечення організму необхідною кількістю кисню й звільнення від надлишку вуглекислоти.

Таблиця 64

Тест “гармонії”

Підтягування, к-ть разів	Підіймання тулуба, к-ть разів	Час пробігання 5000 м, хв/с	Бали за кожну вправу
1	2	3	4
20	80	18,00	100
-	-	18,10	99
-	79	18,20	98
-	-	18,30	97
-	78	18,40	96
19	-	18,50	95
-	77	19,00	94
-	-	19,10	93
-	76	19,20	92
-	-	19,30	91
18	75	19,40	90
-	-	19,50	89
-	74	20,00	88

-	-	20,10	87
-	73	20,20	86
17	-	20,30	85
-	72	20,40	84
-	-	20,50	83
-	71	21,00	82
-	-	21,10	81
16	70	21,20	80
-	-	21,30	79
-	69	21,40	78
-	-	21,50	77
-	68	22,00	76
15	-	22,10	75
-	67	22,20	74
-	-	22,30	73
-	66	22,40	72
-	-	22,50	71
14	65	23,00	70
-	-	23,10	69
-	64	23,20	68
-	-	23,30	67
-	63	23,40	66
13	-	23,50	65
-	62	24,00	64
-	-	24,10	63
-	61	24,20	62
-	-	24,30	61
12	60	24,40	60
-	59	24,50	59
-	58	25,00	58
-	57	25,10	57
-	56	25,20	56
11	55	25,30	55
-	54	25,40	54
-	53	25,50	53
-	52	26,00	52
-	51	26,10	51
10	50	26,20	50
-	49	26,30	49
-	48	26,40	48
-	48	26,40	48
-	47	26,50	47

9	45	27,10	45
-	44	27,20	44
-	43	27,30	43
-	42	27,40	42
-	41	27,50	41
8	40	28,00	40
-	39	28,10	39
-	38	28,20	38
-	37	28,30	37
-	36	28,40	36
7	35	28,50	35
-	-	29,00	34
-	-	29,10	33
-	-	29,20	32
-	-	29,30	31
6	-	29,40	30
-	-	29,50	29
-	-	30,00	28
-	-	-	27
-	-	-	26
5	-	-	25
-	-	-	24
-	-	-	23
-	-	-	22
-	-	-	21
4	-	-	20
-	-	-	19
-	-	-	18
-	-	-	17
-	-	-	16
3	-	-	15

Проба Штанге – затримка дихання на вдиху. Обстежуваний у стані стоячи вдихає, потім глибоко видихає і знову вдихає (80–90 % максимального) і закриває рот. На ніс накладається гумовий затискач. Засікається час затримки дихання. У доброму функціональному стані людина здатна затримати дихання на 60–120 с. При втомі час затримки різко скорочується.

Проба Генчі – затримка дихання на видиху. У доброму функціональному стані людина може затримати дихання на видиху на 60–90 с. При втомі час затримки дихання різко скорочується.

Загальна оцінка тесту "гармонії"

Вік, роки	Загальна оцінка фізичної підготовки			
	незадовільно	задовільно	добре	відмінно
17-26	менше 95	95-134	135-184	понад 184
27-39	менше 84	84-123	124-173	понад 173
40-45	менше 78	78-117	118-167	понад 167



Робота № 74

Оцінка функціональних можливостей
центральної нервової системи

Нервова система. У процесі набуття виробничих навичок удосконалюються функціональні можливості центральної нервової системи. Вони тим вищі, чим ліпший функціональний стан. Для оцінки функції нервової системи рекомендуються різні проби.

Рефлексометрія, чи реакціометрія, визначає час сенсомоторної реакції. Цей метод дає змогу визначити функціональний стан центральної нервової системи та аналізаторів. Простий час сенсомоторної реакції вимірюється з моменту ввімкнення сигналу до моменту виконання заданої у відповідь реакції. Як сигнал найчастіше використовують світловий чи звуковий подразник, який умикається одночасно з електросекундоміром. Після зворотної реакції, наприклад натискання на кнопку, секундомір зупиняється. У нормальному функціональному стані час простої сенсомоторної реакції складає 0,15-0,20 с.

Більш повну інформацію про функціональний стан центральної нервової системи та аналізаторів можна отримати, визначивши час складної реакції. При цьому використовують не один, а декілька різних сигналів, кожному з яких відповідає певна зворотна реакція. Наприклад, при засвічуванні зеленої лампочки потрібно натиснути на одну кнопку, а червоної – на іншу. В цьому випадку до руху у відповідь мінає більше часу, ніж при простій реакції, оскільки

людина затрачає його на прийняття рішень. При втомі всі показники погіршуються.

Проба на стійкість у позі Ромберга. Обстежуваний стоїть із заплющеними очима, витягнувши вперед руки з розведеними пальцями. При ускладненому варіанті стопи ніг знаходяться на одній лінії (носок до п'ятки). Визначають максимальний час стійкості й наявності тремтіння. При втомі порушується стійкість, пальці рук починають тремтіти.

Проба А.І. Яроцького (визначення рівноваги). Основне положення: очі закриті, безперервне повертання голови в один бік у темпі два рухи за секунду. Враховуємо час від початку руху голови до моменту втрати рівноваги. Оцінки: збереження рівноваги 35 с – “відмінно”; 29 с – “добре”; 15 с – “задовільно”.



Робота № 75

Метод визначення жирового прошарку в людей за В. Стерном

Жировий прошарок у людей визначте за формулою:

$$\text{Відсоток жирового прошарку} = \frac{\text{маса тіла} - \text{маса худого тіла}}{\text{маса тіла}} \cdot 100 \%$$

Маса худого тіла $98,42 + 1,82 (\text{маса тіла}) - 4,15 (\text{обвід талії})$.

За формулою Лоренца, ідеальна маса M складає:

$$M = P - \left(100 - \frac{P - 150}{4} \right),$$

де P – зріст людини.

Нозологічні дослідження

Нозологія (від грецького *nysos* – хвороба та *logos* – наука) – учення про хвороби. Традиційно під нозологією розуміли розділ патології, який включає вчення про хвороби (загальна нозологія), а також учення причин (етіологія), “механізмів” розвитку (патогенез) та клінічних особливостей деяких хвороб (приватна нозологія), класифікацію та номенклатуру хвороб. В сучасній медичній літературі здебільшого вживається поняття “нозологічний підхід”, тобто прагнення клініцистів та представників теоретичної медицини до виділення нозологічної форми, для якої характерні певна причина, однозначний патогенез, типові зовнішні прояви та специфічні порушення в органах і тканинах.

Сукупність зовнішніх ознак (симптомів) складає клінічну картину нозологічної форми.

Нозоареал (від грецького *nysos* – хвороба та *areal* – місце розташування), ареал хвороби, тобто сукупність територій, на яких наявні в наш час або були в недалекому минулому активні вогнища хвороби. Поняття нозоареал застосовують переважно до інфекційних та інвазійних хвороб. За величиною нозоареалу розрізняють:

глобальні – охоплюють усі населені території Земної кулі (наприклад, нозоареал кіру, грипу);

зональні – характерні для певного географічного поясу (наприклад, нозоареал фрамбезії, притаманний для тропічного поясу);

регіональні – характерні для певного району.

Вивчення нозоареалу – одне з основних завдань медичної географії.

Нозогеографія – розділ географії, який вивчає закономірності розповсюдження деяких хвороб і патологічних станів у різних географічних зонах

Захворюваність – кількість захворювань, які встановлені вперше, в даному році і до цього ніде не реєструвалися.

Важливим напрямком екологічних досліджень є вивчення нозології хвороб та патологій, представлених у реперних точках. У пунктах постійного екологічного моніторингу розміщені специфічні джерела антропогенних забруднень довкілля. Порівняльний аналіз спектра, частоти та поширеності хвороб, на

які хворіє населення біля різних антропогенних джерел, нерідко дозволяє виявити ті з них, що зумовлені специфічним впливом відповідного джерела. Так, у 1953 році в Японії серед японських рибалок, які жили на узбережжі великої затоки Мінамата, що глибоко врізалася в сушу, все частіше стали з'являтися хворі з ураженням центральної нервової системи: у людини звужувалось поле зору, руки та ноги ціпеніли, хода ставала хиткою, мова невиразною. При тяжкому перебігу хвороби людина повністю втрачала зір і помирала. Кількість хворих зросла до декількох тисяч. У стічних водах хімічного комбінату на березі річки, яка впадала в затоку Мінамата, містився *меркурій*, який надходив в річку, а з неї в затоку. Гниття водної рослинності сприяло перетворенню меркурію в дуже отруйну сполуку метилмеркурій, який все більше концентрувався по мірі просування по харчовому ланцюгу: від бактерій до дрібних організмів, які поїдалися крабами і дрібними рибами, далі – до великих хижих риб і до людини. Накопичуючись у мозку, метилмеркурій став причиною захворювання. Хвороба Мінамата, на жаль, не є сумним привілеєм Японії, вона зустрічається і в інших районах світу, там, де немає необхідного контролю за відходами, які містять меркурій.

З 20-х років ХХ століття в селах, розміщених у басейні річки Дзинцу (префектура Тояма в Японії), виникла дивна хвороба, при якій у людей деформувалися кістки, і хворі помирали зі стогонами "ітай, ітай" ("боляче, боляче"). Причиною захворювання були викиди кадмію хімічним комбінатом у річку. Дійсно, кадмій доволі токсичний, він надходить з промисловими відходами в річки, потім у моря, а там акумулюється в тканинах молюсків, риб та інших мешканців вод. З морепродуктами кадмій проникає в людський організм і накопичується в нирках, печінці, легенях, підшлунковій залозі. Випадки масових отруєнь кадмієм спостерігалися в Англії, США та інших країнах.

Для людей, які знаходяться в зоні викидів металургійних комбінатів, особливо небезпечний *плюмбум*. Він проникає в організм через шлунково-кишковий тракт і легені, у кров і розноситься нею по всьому тілу, накопичуючись у кістках, м'язах, печінці, нирках, серці, лімфатичних вузлах. Свинцеве отруєння навіть на ранніх стадіях впливає на головний мозок, внаслідок

чого у дітей знижується інтелект, порушується координація рухів, погіршується зір і пам'ять. За офіційними даними, майже у 2 млн. дітей у містах Росії виникають проблеми з поведінкою та навчанням, зумовлені впливом пльомбуму. Майже 400 тис. дітей потребують лікування, а здоров'я біля 10 тис. знаходиться в небезпеці. Хвороби, спричинені накопиченням в організмі шкідливих речовин, одержали назву **екологічних захворювань**. До них, наприклад, належить тяжка алергія в дітей, яка викликається атмосферними викидами підприємств із виробництва білково-вітамінних концентратів (БВК). Уперше з цією хворобою зіткнулися в м. Кіріші Ленінградської області і тому її назвали Кіріським синдромом, після Кірішів був Ангарськ та інші міста, в яких є підприємства з виробництва БВК.

На Україні в м. Чернівці в 1988 році були зареєстровані випадки захворювання дітей, які супроводжувалися раптовим облісінням. Найбільш уразливими були підлітки 13-15 років із білим забарвленням волосся та голубими очима. Хвороба супроводжувалася значним збільшенням розмірів печінки та зоогалоцінаціями. В наявності були всі ознаки хімічної інтоксикації. На жаль, хвороба чернівецьких дітей залишилася загадкою, хоча на момент її протікання в медиків було біля 10 версій, у тому числі інтоксикація **талієм, алюмінієм чи бором**.

Таблиця 66

Джерела забруднення навколишнього середовища
хімічними елементами та їх вплив на здоров'я людини
(Енциклопедія для дітей. Екологія, 2001)

Елемент	Джерело	Вплив
As	Промисловість, добрива	Дерматити, меланоз шкірних покривів, ураження шлунко-кишкового тракту, перфорації перетинки носа, можлива участь у канцерогенезі
Be	Промисловість, спалювання вугілля	Специфічне ураження легень, збільшення лімфатичних вузлів, виснаження

Cd	Промисловість, добрива, паління	Гастро-інтестинальні розлади, порушення органів дихання, анемії, підвищення кров'яного тиску, ураження нирок, хвороба ітай-ітай, протеїнурія, остеопороз, мутагенна і канцерогенна дія
Cu	Промисловість, спалювання вугілля, добрива	Професійні захворювання
Al	Алюмінієва промисловість, спалювання вугілля	Флюороз зубів, специфічне ураження кісток (кістковий флюороз)
Hg	Промислове спалювання вугілля, обпалювання цементної сировини, протравлювання зерна, добрива	Ураження центральної нервової системи і периферійних нервів, інфантилізм, порушення репродуктивних функцій, стоматит, хвороба Мінамата
Mn	Промисловість, спалювання вугілля	Лихоманка, пневмонія, ураження центральної нервової системи (марганцевий паркінсонізм)
Ni	Спалювання вугілля, промисловість, добрива, паління	Дерматити, порушення кровотворення, канцерогенність, ембріотоксикоз, підгостра мієлооптиконейропатія
Cr	Промисловість	Дерматити, канцерогенність
Pb	Автомобілі, промисловість, спалювання вугілля, вугільні відва-	Свинцева енцефалонейропатія

Таблиця 67

Характеристика токсичних і напівтоксичних речовин та їх вплив на організм людини (за В.С. Джигерей, 2000)

Елемент забруднення	Основне джерело надходження до середовища	Основний шлях надходження до організму	Вплив на здоров'я людини
Ферум	Промислове виробництво	З водою, з їжею	Цироз печінки, захворювання кровоносної системи

Оксид карбону	Промисловість, авто-транспорт, енергетика	З повітрям	Карбоксигемоглобінемія, ураження центральної нервової системи, порушення вуглеводного, жирового фосфоліпідного обміну, вітамінного балансу
Кадмій	Виплавляння кольорових металів	З водою, їжею, повітрям	Хвороби нирок, хвороба ітай-ітай, анемія, остеопороз (ламуїсит кісток), підвитагенна та канцерогенна дія
Манган	Виплавляння металів, добрива, рідке паливо, ленолеум, сірники, протехнічні вироби	З повітрям	Прогресуюче ураження центральної нервової системи, летаргія, синдром Паркінсона, пневмонія
Купрум	Промислове виробництво, спалювання вугілля, добрива, барвники	З водою, їжею	Пневмонія, гепатити
Арсен	Промислове виробництво, пестициди, пивоваріння	З водою, їжею, пилом	Рак легенів та шкіри, порушення функції шлунка, периферичні неврити, перфорація перегородки носа, ураження шлунково-кишкового тракту
Молібден	Ґрунти, природні води, виплавляння металів, сплави, барвники, скло, мастила	З повітрям, водою, їжею	Порушення центральної нервової системи, подагра
Нікол	Промислове виробництво, ніколування виробів	З їжею, повітрям	Бронхіальний рак, дерматити (екзема), інтоксикація, алергія
Нітрати Нітрити	Добрива, відходи тваринництва, стічні води	З водою, їжею	Метгемоглобінемія (порушення транспортування кров'ю кисню органів травлення)

Нітро- зоспо- луки	Добрива, пестициди, харчові добавки	З водою, їжею	Рак, мутагенна та тератогенна (каліцтва) дії
Меркурій	Добування та виробництво, пестициди, спалювання	З водою, повітрям, їжею	Інтоксикації, хвороба Мінамата, паралічі та психічна неповноцінність новонароджених
Хром	Промислове виробництво, сплави, барвники, дубильні речовини, вогнетривка цегла	З повітрям, їжею	Бронхіальний рак
Плюм- бум	Виплавляння металу, пестициди, двигуни внутрішнього згоряння, дорожній піл, ґрунт навколо підприємств	З водою, повітрям, їжею	Ураження центральної нервової системи, печінки, нирок, мозку, статевих органів
Флуор	Алюмінієва та силікатна промисловість, добрива	З водою, повітрям	Флуороз, зубні хвороби, пневмонія, рак, ураження кісток, сухожилів, специфічні ураження шкіри
Алюміній	Алюмінієва промисловість, спалювання вугілля	З повітрям	Ураження кісток, флюороз зубів
Ванадій	Спалювання нафти, вугілля, промислове виробництво	З повітрям	Захворювання серцево-судинної системи
Селен	Збагачення руд, спалювання вугілля	З повітрям	Депресії, запаморочення, жовтуха, носові кровотечі

Таблиця 68

Токсичні та потенційно токсичні речовини природно-антропогенних екосистем (за В.Ф. Протасовим, 2000)

Речовина	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі	Надходження в організм людини	Захворювання
Бор	Природні води	У питній воді борних провінцій	З водою	Ураження ни-рок та шлунково-кишкового тракту, ендемічні ентєрити
Фєрум	Промислове виробництво	Залізний посуд, природна вода	З їжею і водою	Цироз печінки, захворювання кровносної системи
Йод	Морська вода, вулканічна діяльність, ґрунт	У деяких ґрунтах підвищений вміст, але 10% населення світу живе при ендемічній нестачі йоду	З повітрям (ГДК=1 мг/м ³) водою	Ендемічний зоб та ін. ендокринні захворювання
Кадмій	Виплавка кольорових металів, добрива, пестициди, рудники	У повітрі біля підприємств до 0,5 мкг/м ³ , зазвичай 0,02–0,05 мкг/м ³ , у містах – 0,02 - 370 мкг / м ³ , вдалині від них – 0,004–0,026 мкг/м ³	З водою (ГДК=0,01 мг/л), їжею і повітрям	Протеїнурія, ниркові хвороби, „ітай-ітай“, остеомаляція, рак передміхурової залози
Марганець	Виплавка металів, добрива, рідке паливо	Накопичується в повітрі поблизу виробництва і в деяких предметах (лінолеум, сірники, піротехнічні вироби), в повітрі міст до 10 мкг/м	З повітрям	Прогресуючі ураження центральної нервової системи, летаргія, синдром Паркінсона, пневмонія

Куп- рум	Мідні про- мислові продукти, грунт	У латунних елект- ротехнічних виро- бах, посуді, хімі- катах, барвниках	З водою та їжею	Інтотоксикація, анемія, гепа- тити
Молі- бден	Грунт, при- родні води, вишлавка металів	У сплавах, барв- никах, склі, мас- тилах, у ґрунті деяких районів	З повіт- рям (ГДК=45 мг/л), їжею та водою	Порушення центральної нервової сис- теми, ендемі- чна атаксія, подагра
Миш'- як	Промислове виробницт- во, пести- циди	Протравлене зер- но, оброблений гербіцидами грунт, у повітрі міст – до 0,02 мкг/м, але вище поблизу джерел викидів, у пиві – до 15 мкг/л	З водою (ПДК=0, 05 мг/л), їжею та пивом	Інтотоксикація, рак легень та шкіри, пору- шення функ- цій шлунка, меланоз шкі- ри, перифе- рійні неврити та ін.
Нікол	Промислове виробницт- во ніколо- ваних виро- бів	Накопичується в морських організ- мах та ніколова- ному посуді, у воді 1 – 70 мкг/л	З повіт- рям та їжею	Бронхіальний рак, дермати- ти, інтотокси- кація, алергія
Нітра- ти і нітри- ти	Добрива, відходи тваринниц- тва	У водах зазвичай до 10 мг/л, у пові- трі – до 1 – 40 мкг/м ³ , у ґрунто- вих водах – іноді більше 300 мг/л	З водою (ПДК=4 5 мг/л), та їжею	Меттеногло- бінемія
Нітро- зос- полу- ки	Добрива, пестициди, харчові до- бавки	В оброблених ніт- ритами м'ясних продуктах, рибі	З водою та їжею	Рак, мутаген- на і терато- генна дія
Окси- ди нітро- гену	Двигуни внутріш- нього зго- рення	Багато в повітрі великих міст з інтенсивним транспортним ру- хом	З повіт- рям	Інтотоксикація, респіраторні захворювання

Мер- курій	Видобу- ток і ви- робницт- во, пести- циди, спалю- вання органіч- ного па- лива	Зазвичай в повітрі до 0,05 мкг/м ³ у прісних водах – до 0,3 при забрудненій воді – до 5, у пунктах скидан- ня – до 50 мкг/л	З водою (ГДК= 0,01 мг/л), пові- трям (пари мерку- рію), їжею (ГДК= 0,3 мг в тиж- день)	Інтотоксика- ція, хвороба Мінамата, параліч, психічна неповноцін- ність немов- лят
Плю- мбум	Виплавка металів, пестици- ди, спа- лювання органіч- ного па- лива	Зазвичай у воді до 10 мкг/л, у морській – 7, в опадах дна – до 3000 мкг/л, в повітрі міст – 2-4 мкг/м ³ вдалині від них – до 0,2; в цілинних грун- тах – 8-20 мкг/кг, в культурних – до 300 мкг/кг	З повітрям (ГДК= 0,01-0,2 мг/м ³), водою (ГДК= 0,1 мг/л) та їжею	Інтотоксика- ція, пору- шення центральної нервової системи, печінки, нирок, моз- ку, статевих органів
Селен	Морські відкла- дення, вода	Зазвичай у воді 3-5 мкг/м ³ – поблизу родовища – до 50- 300 мкг/л	З водою (ГДК= 0,01 мг/л)	Кишкові порушення, дерматити, селеном, артрити
Флуор	Природні води, алюмініє- ва і силі- катна промисло- вість, доб- рива	В повітрі міст – від 0,05 до 2 мкг/м ³ , а вдалині від них – 0,1 мкг/м ³ . У воді зазви- чай – більш як 0,5 мг/л	З водою та повітрям	Флюороз, зубні і кіст- кові хвороби
Хром	Хімічна промис- ловість	В сплавах, барвни- ках, дубителях, вог- нетривкій цеглі	З повітрям	Бронхіаль- ний рак
Ціані- ди	Хімічна промис- ловість, пестици- ди, біоме- таболізм	Забруднює деякі ха- рчові продукти	З водою (ГДК= 0,05 мг/л)	інтотоксикація
Цинк	Виплавка кольоро- вих мета- лів	В оцинкованому по- суді, в повітрі під- приємств	З повітрям (ГДК= 5 мг/м ³)	Те ж саме



Оцінка схильності до різних захворювань

Грунтуючись на окремих фактах щодо існування вірогідного кореляційного зв'язку між фенотипом людини та її схильністю до певних захворювань, російський дослідник С. Касьянов розробив оригінальну методику оцінки схильності людини до захворювань за індивідним тестом „Словесний портрет”. Нижче наведені репрезентативні фенотипічні класи для 17 найбільш поширених захворювань, які вчений виявив шляхом багаторічного пошуку фенотипічно-нозологічних кореляційних зв'язків:

1. *Гіпотонія* (6-10) – 1С, 20С, 34С, 37С, 45С, 115С, 137С, 143С, 151С, 153С.
2. *Ревматизм, стенокардія* – 20С, 36С, 45С, 141С, 143С, 144С, 170С.
3. *Інфаркт* – 20С, 97А, 99А, 144С (2), 170С(2).
4. *Діабет* – 18С, 26С, 33С, 34С.
5. *Ожиріння* – 18С, 137А, 139С, 164С, 166А.
6. *Кропивниця* – 26С, 36С, 38С, 45С, 46С, 58А, 61С, 99С, 147С(2), 153С.
7. *Апендицит* – 97А, 99А, 165А, 167А.
8. *Карієс* – 8С, 63С, 66С, 102С.
9. *Пневмонія* – 3С, 80С, 123С, 128С, 138С.
10. *Далекозорість* – 66А, 68С, 70А, 80С, 103С, 126С, 141С, 170С (гіпорізцевий тип).
11. *Зловживання алкоголем* – 122С (гіперемія), 18С (циклотімія), 12С (інтуїтивний тип).
12. *Толерантність до алкоголю* – 97А (інтелектуальний тип), 45А (ваготонія).
13. *Рак* – симптом щокрово-скроневої м'язової атрофії, холеричний темперамент – 27С, 29А, 92С, 115С, 127А, 130А, 131А, 150С.
14. *Рак шлунка* – 29А, 55А, 92С, 101А, 102С, 119С, 127А, 130А, 145С, 150С, 167С.
15. *Рак легень* – 29А, 92С, 94С, 102С, 130А, 131А, 145С, 150С, 162С, 167С.

16. *Рак гортані* – 29А, 89А, 92С, 113С, 115С, 119С, 127А, 130А, 131А, 150С, нечутливість до фенілтіокарбоніду.
17. *Рак молочної залози* – 27С, 25, 36А, 37А, 45А, 61С, 70С, 92С, 116А, 157, 175.

У дужках зазначені бали співпадання ознаки індивіда з ознакою, репрезентативною для даного захворювання. Деякі з ознак виявляють більшу кореляцію із відповідним захворюванням, ніж інші. За збіг із цими ознаками в методиці С. Касьянова дається 2 бали.

Методика С. Касьянова розрахована для визначення схильності до захворювань окремих індивідуумів. У даній роботі ми пропонуємо методику, яка спеціально адаптована нами для людських популяцій і з успіхом може бути використана для прогнозів їх стійкості в різних урбоекосистемах.

Хід роботи

Методом конверта виділіть у межах міста 5 загальноосвітніх навчальних закладів, в яких обстежите учнів 11-х класів за 183 ознаками індивідуального тесту „Словесний портрет” (подібно до того, як це було описано в роботі № 40). Дані з п’яти вибірок об’єднайте та занесіть у таблицю частоти зустрічальності фенотипічних класів (табл. 48-49, с. 186-189).

Рівень схильності до різних захворювань мешканців досліджуваної міської популяції оцініть за допомогою таблиці, в якій зліва зазначте репрезентативні для відповідної хвороби фенотипічні класи та їх значимість у балах за С.Касьяновим, а справа – бали за збіжність найбільш частозустріманого фенотипічного класу в досліджуваній вибірці з фенотипічним класом, репрезентативним для даної хвороби. Знайдіть максимально можливу суму балів у колонці зліва та реально набрану суму балів в колонці справа. Знайдіть показник схильності мешканців досліджуваної міської популяції до відповідного захворювання (R), поділивши останню суму на першу.

Дослідження психологічних змін

Тривожність – це індивідуальна психічна особливість, яка проявляється в підвищеній здатності відчувати неспокій у різних життєвих ситуаціях, у тому числі й таких, суспільні характеристики яких до цього не спонукають.

**Приклад оцінки рівня схильності людської популяції до
захворювання на інфаркт**

	Фенотипічні класи, які репрезентують схиль- ність до відповідного захворювання та їх зна- чимість у балах	Бали за співпадання най- більш часто зустрічаного фенотипічного класу дослі- джуваної вибірки з репрезе- нтативним фенотипічним класом
1	20C (1)	1
2	97A (1)	0
3	99A (1)	1
4	144C (2)	2
5	170C (2)	0
Σ	7	4
R	$R = 4/7 = 0,57$	

Особистісна тривожність – стійкий стан. Вона характеризує схильність людини сприймати значну кількість ситуацій як загрозові, реагувати на них станом тривоги.

Стан тривоги, чи ситуативна тривожність, виникає як реакція людини на різні, найчастіше соціально-психологічні стреси.

Екстраверсія – спрямованість особистості на оточуючих людей та події; **інтроверсія** – спрямованість на внутрішній світ.

Нейротизм – стан, який характеризується емоційною нестійкістю, тривогою, низькою самоповагою, вегетативними розладами.



Робота № 77

Визначення рівня тривоги особистості за кольоровим тестом Люшера

Метод демонструє зв'язок між конституційно закладеними властивостями й типом реагування на впливи середовища, ступінь

підвладності або опору цим впливам за допомогою властивих даному індивіду способів захисту.

Стимульний матеріал: восьмиколірний ряд.

Інструкція: пропонується вибрати з розташованих перед респондентом таблиць “найприємніший” колір, якому надається перевага серед інших у даному виборі кольорів і в даний момент, не асоціюючи його з предметами одягу, кольором машини, чим-небудь іншим. *Розташуйте кольори у порядку спадання вподобання.*

Ключ: кожний колір тесту має своє цифрове позначення. Синій – 1, зелений – 2, червоний – 3, жовтий – 4, фіолетовий – 5, коричневий – 6, чорний – 7, сірий – 0. Основними кольорами є – 1, 2, 3, 4.

Для визначення рівня тривоги використайте такий підхід:

1. Основний колір у 6-й позиції – !
2. Основний колір у 7-й позиції – !!
3. Основний колір у 8-й позиції – !!!
4. Сірий, чорний або коричневий на 3-й позиції – !
5. Сірий, чорний або коричневий на 2-й позиції – !!
6. Сірий, чорний або коричневий на 1-й позиції – !!!

Таким чином, тривога в цілому оцінюється сумою “!”. Числове вираження балів – від 0 до 12.



Робота № 78

Визначення нейротизму за опитувальником Г. Айзенка

1. Часто Ви відчуваєте потяг до нових вражень, бажання відволіктися?
2. Чи часто Ви відчуваєте потребу в друзях, які можуть Вас зрозуміти, підбадьорити?
3. Ви вважаєте себе безтурботною людиною?
4. Вам важко відмовитися від своїх намірів?
5. Свої справи Ви обдумуєте ретельно і перш ніж діяти складаєте детальний план?

6. Ви завжди дотримуетесь своїх обіцянок, навіть якщо Вам це не вигідно?
7. У Вас часто бувають спади та підйоми настрою?
8. Ви завжди швидко дієте та говорите, не втрачаєте час на роздуми?
9. У Вас не виникало відчуття, що Ви нещасливі, хоча серйозної причини на це не було?
10. Чи правда, що «на парі» Ви можете зважитися на все?
11. Ви відчуваєте себе ніяково, коли хочете познайомитися з людиною протилежної статі, яка Вам симпатична?
12. Чи буває так, що Ви, розлютившись, втрачаєте самовладання?
13. Ви часто дієте необдуманно, під впливом моменту або настрою?
14. Вас часто хвилюють думки, що не варто було щось говорити чи робити?
15. Чому Ви надаєте перевагу: читанню книг (+) чи зустрічам із друзями (-)?
16. Чи правда, що Вас легко образити?
17. Вам подобається часто бувати в компанії?
18. У Вас бувають інколи такі думки, якими не хотілося би ділитись з іншими?
19. Чи правда, що іноді Ви переповнені енергією, а іноді – втомлені та в'ялі?
20. Чи намагаєтесь Ви обмежити коло своїх знайомих лише невеликою кількістю найближчих друзів?
21. Ви багато мрієте?
22. Ви відповідаєте криком на крик?
23. Ви вважаєте всі свої звички добрими?
24. Часто у Вас з'являється почуття провини?
25. Чи здатні Ви інколи дати волю своїм почуттям і безтурботно розважатися у веселій компанії?
26. Ваші нерви часто бувають натягнуті до межі?
27. Ви жвава і весела людина?
28. Чи часто Ви подумки повертаєтесь до зробленої справи і думаєте, що могли б зробити краще?
29. Ви відчуваєте неспокій у великій компанії?
30. Ви іноді передаєте плітки?
31. Чи буває так, що Ви не можете заснути через те, що в голову лізуть різні думки?

32. Потрібну інформацію Ви шукаєте в книжках (+) чи питаєте у друзів (-)?
33. У Вас бувають сильні серцебиття?
34. Вам подобається робота, що потребує зосередження?
35. У Вас бувають напади тремтіння?
36. Ви завжди говорите тільки правду?
37. Вам буває неприємно знаходитись у компанії, де всі кепкують один з одного?
38. Вас легко роздратувати?
39. Вам подобається робота, що потребує швидкої дії?
40. Буває так, що ви хвилюєтеся через різні неприємності, які могли б статися, хоча все закінчилося добре?
41. Ви повільні в рухах і дещо незграбні?
42. Ви коли-небудь запізнювалися?
43. Вам часто сняться жахи?
44. Ви любите поговорити?
45. Вас непокоять які-небудь болі?
46. Чи засмутились би Ви, якби довго не могли бачитися з друзями?
47. Ви можете назвати себе нервовою людиною?
48. Є серед Ваших знайомих такі, які Вам явно не подобаються?
49. Ви впевнена в собі людина?
50. Вас легко зачіпає критика?
51. Чи важко Вам отримати задоволення від масових заходів?
52. Вас хвилює відчуття, що Ви гірші за інших?
53. Ви можете внести пожвавлення в нудьгуючу компанію?
54. Буває так, що Ви говорите про речі, на яких не розумієтеся?
55. Ви хвилюєтесь про своє здоров'я?
56. Ви любите пожартувати над іншими?
57. Ви страждаєте від безсоння?

Дайте відповідь на всі запитання. Ствердну відповідь запишіть словом "так", заперечну – словом "ні". Порівняйте Ваші відповіді з ключем опитувальника (табл. 69). Якщо Ваші відповіді збіглися з відповідями "так" і "ні" ключа опитувальника (в табл. 69 – заштриховано), поставте "+". Підрахуйте плюси за графами "так" і "ні" для кожної колонки окремо.

Сума знаків "+" третьої колонки (Σ_3) свідчить про правильність Ваших відповідей на запитання. Якщо $\Sigma_3 \geq 4$, то подальше виявлення

темпераменту втрачає сенс, бо Ви неправильно відповідали на запитання. Якщо $\Sigma_3 < 4$, маючи ($\Sigma_1 \geq \Sigma_2$), за схемою (рис. 49) визначте темперамент. Σ_1 відкладіть на горизонтальній осі схеми, Σ_2 – на вертикальній. Точка перетину перпендикулярів до осей через відкладені точки покаже сектор із притаманним Вам темпераментом.

Таблиця 70

Ключ опитування (за Г.Айзенком)

№ п/п	I		II		III	
	так	ні	так	ні	так	ні
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

№ п/п	I		II		III	
	так	ні	так	ні	так	ні
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						

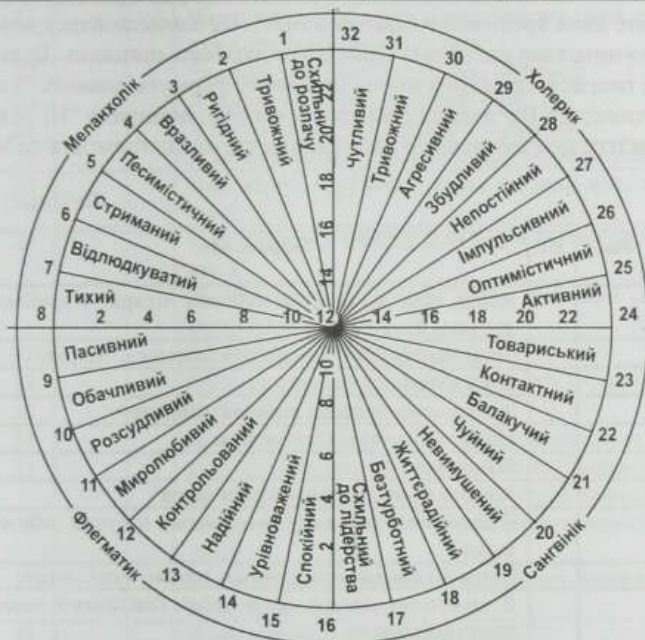


Рис. 49. Визначення темпераменту людини



Робота № 77

Визначення рівня особистісної тривожності за опитувальником Дж. Тейлора

Прізвище, ім'я _____

Стать _____ Вік _____ Школа _____ Клас _____

Дата опитування "____" _____ р.

Інструкція:

Уважно прочитайте запропоновані Вам 40 тверджень. Ті з них, які вважаєте справедливими для себе, позначте хрестиком у графі "Так". Твердження, які не відповідають Вашій думці про себе, позначте хрестиком у графі "Ні". Не пропускайте жодного пункту і

не ставте двох хрестиків в одному пункті. Не замислюйтеся довго над кожним твердженням. Працюйте якомога швидше. Будьте уважні там, де твердження мають заперечну форму: відповідь "Так" означатиме, що Ви згодні з цим запереченням; відповідь "Ні" - що не вважаєте це (заперечне!) твердження справедливим для себе.

Таблиця 71

№ п/п	Так	Ні	Твердження
1			Перед тим, як піти до зубного лікаря, я уявляю, що мені буде боляче
2			Мені неприємно залишатись самому в темряві
3			Боюся грози та блискавки
4			Здебільшого я легко втрачаю рівновагу
5			Ніколи в житті нічого не боявся
6			Боюся змій
7			Я часто прокидаюся від снів-жахів
8			Відповідаючи перед групою (класом), почуваю себе н-яково
9			Ідучи до лікаря, я хвилююся, що він мені скаже
10			Я ніколи не уявляв, що з моїми близькими може статися нещастя
11			Я хвилююся, коли не знаю, з якої причини мене викликає керівник
12			Лякаюся, побачивши мертву тварину
13			Мені неприємно залишатися самому на відкритій місцевості
14			Важко звикаю до нового місця або до нового колективу
15			Ніколи не турбуюся про майбутнє
16			Припустившись помилки, довго згадую про це
17			Коли я сідаю працювати, мені часто заважають тривожні думки
18			Мені часто спадає на думку, що я можу захворіти або отримати травму
19			Вважаю себе вразливим, ніж більшість людей
20			Мене не турбує, що думають про мене інші
21			Не можу довго зосереджуватися на чомусь одному
22			Мене непокоять думки про роботу (навчання) і про гроші

23		Часто зауважую, що в мене тремтять руки, коли я дуже стараюся щось зробити
24		Частіше, ніж інші, червонію і ніяковію
25		Я ніколи не бачив страшних снів
26		Я часто боюся, що починаю червоніти
27		Я легко вкриваюся потом навіть у прохолодні дні
28		Ніяковіючи, вкриваюся потом, що мені дуже неприємно
29		У мене бувають періоди, коли я втрачаю сон від хвилювання
30		У мене ніколи не буває думок про мою статеву неповноцінність
31		Я рідко буваю у справді гарному настрої
32		Майже завжди переживаю про щось або за когось
33		Побачення мене нервує
34		Я частіше, ніж інші, займаюся самоаналізом
35		Іноді я відчуваю, що в моєму житті нагромадилося стільки труднощів, що не зможу їх подолати
36		Іноколи я переживаю через неіснуючу насправді причину
37		Часом я боюся речей або людей, які насправді не можуть мені зашкодити
38		Я недостатньо упевнений у собі
39		Я не люблю труднощів і уникаю приймати важливі рішення
40		Іноді я почуваю себе непотрібною, нікчемною людиною

Опрацювання результатів

6 тверджень із 40 – це шкала надійності результатів (шкала неправди). Це пункти: 5, 10, 15, 20, 25, 30. Надійними (правдивими) є заперечення цих тверджень. За кожен відповідь “Так” нараховується 1 бал за шкалою неправди. Якщо кількість балів за цією шкалою не перевищує 2-3, це свідчить про правдивість решти відповідей. Для визначення рівня тривожності необхідно підрахувати загальну кількість відповідей “Так” за всіма пунктами, за винятком тих, які працюють на шкалу неправди. Позначимо цю кількість $N+$.

Коефіцієнт тривожності $K_{\text{тр}}$ розраховується як відношення числа $N+$ до загальної кількості тверджень, тобто до 34:

$$K_{\text{тр}} = N + /34.$$

Інтерпретація результатів

Якщо $K_{\text{тр}} > 0.225$, то рівень тривожності респондента високий. Чим більший коефіцієнт, тим вищий рівень тривожності. За підрахунками американського психолога Дж. Тейлора, коефіцієнт тривожності особистості у психопатів перевищує 0.370.

Чим нижчий коефіцієнт $K_{\text{тр}}$ ($K_{\text{тр}} < 2.225$), тим менший рівень тривожності. Особи, які неохочі виявляти тривожність у ситуації стресу, характеризуються також і низькими значеннями $K_{\text{тр}}$.

Емоційний стрес (тривожність) характерніший для дисгармонійних, конфліктних, лабільних особистостей. Людям гармонійним, зі стійкою волею тривожність як стійка особистісна якість невластива.



Робота № 80

Визначення рівня шкільної тривожності (7-11 років)

Інструкція: Уважно прочитай запропоновані речення. У кожному з них є виділені слова, за якими стоїть літера "а" чи "б". Вибери ті слова, які тобі найбільше підходять. На окремому аркуші поряд із номером запитання випиши ту літеру, яка стоїть за вибраними словами. Якщо визначитися не можеш, пиши: "Не знаю". Довго не роздумуй, правильною буде та відповідь, яку вибереш ти.

1. Якщо ти допустив помилку при відповіді, твої однокласники не сміються над тобою (а) чи сміються над тобою (б)?
2. Коли ти випадково зустрічаєш найсуворішого зі своїх учителів на вулиці, в тебе не змінюється настрій (а) чи тобі раптом стає страшно (б)?
3. Ти тільки трохи хвилюєшся або не хвилюєшся взагалі (а), коли відповідаєш на уроці, чи ти дуже хвилюєшся (б)?
4. Чи буває з тобою так, що ти добре вивчив урок, однак боїшся відповідати (а), чи такого з тобою не буває (б)?
5. Тобі важко працювати в класі так (а), як того хоче вчитель, чи неважно (б)?

6. Якщо ти не можеш відповісти на запитання вчителя, то відчуваси, що ось-ось заплачеш (а), чи ти не відчуваси, що заплачеш (б)?
7. Учні твого або інших класів коли-небудь били тебе (а) чи ніколи тебе не били (б)?
8. Іноді тобі здається, що вчителька за щось на тебе сердиться (а), чи тобі так не здається (б)?
9. Чи буває з тобою так, що контрольну роботу ти пишеш краще тоді, коли за неї не будуть ставити оцінки (а), чи такого з тобою не буває (б)?
10. З тобою ніколи не було такого, щоб ти добре переказував(ла) однокласнику заданий матеріал, а коли тебе викликали те саме розповісти перед класом, ти розповідав(ла) погано (а), чи такого з тобою не було (б)?
11. Коли ти отримуєш нижчу оцінку, ніж завжди, ти не переживаси (а) за те, що про тебе почнуть думати інші, чи переживаси (б)?
12. У тебе не тремтять коліна (а), коли тебе викликають відповідати, чи тремтять (б)?
13. Коли ви бавитеся в різні ігри, то твої однокласники ніколи над тобою не сміються (а), чи вони часто сміються над тобою (б)?
14. Коли вчитель на уроці пояснює нову тему, тобі хочеться, щоб він говорив повільніше (а), чи хай говорить так, як і раніше (б)?
15. Коли вчитель відкриває журнал і збирається когось викликати до дошки, ти дуже хвилюєшся (а) чи тебе це не хвилює (б)?
16. Ти не боїшся вступати в суперечки з однокласниками з добре знайомих тобі питань (а) чи ти цього побоюєшся (б)?
17. Тобі було б дуже неприсмно (а), якби інші дізналися, що ти почав гірше вчитися, чи тобі байдужа думка інших (б)?
18. Чи буває, що перед контрольною ти починаєш тримітати (а), чи цього з тобою не трапляється (б)?
19. Коли ти робиш щось разом із однокласниками, тобі здається, що вони часто не хочуть робити те, що ти придумав (а), чи вони роблять те, що ти придумав (б)?
20. Часто тобі ставлять нижчу оцінку (а), ніж ти заслужив, чи тобі ставлять таку, яку ти заслужив (б)?

21. Перед початком самостійної роботи ти *дуже хвилюєшся* (а) чи *не хвилюєшся* (б)?
22. Ти думаєш, що у присутності інших *говориш або робиш щось не так, як мало б бути* (а), чи *ти так не думаєш* (б)?
23. Ти *любиш* (а) *бавитися в ігри, де одна дитина вибирає іншу, чи не любиш* (б)?
24. Коли ти пишеш контрольну, в тебе *руки не тремтять* (а), чи *тремтять* (б)?
25. Більшість учнів у класі *ставляться до тебе по-дружньому* (а) чи *тебе недолюблюють* (б)?
26. Інколи тобі *сниться, що ти не можеш відповісти на запитання вчителя* (а), чи *тобі таке не сниється* (б)?
27. Виконавши самостійне завдання, ти *не переживаєш* (а) *через те, що щось не так зробив, чи переживаєш* (б)?
28. Тобі інколи здається, що ти *думаєш і говориш зовсім не так, як інші діти в класі, і тому тобі краще мовчати* (а), чи *ти вважаєш, що мовчати не варто* (б)?
29. Тобі було б *дуже неприємно* (а), *якби ти розчарував своїх батьків через те, що почав себе гірше поводити в школі, чи тобі це байдуже* (б)?
30. Перед контрольною ти *кілька разів мусиш піти в туалет* (а) чи *ти в туалет перед контрольною не бігаєш* (б)?
31. Коли ти розмовляєш чи бавишся з тими учнями в класі, з якими всі хочуть товаришувати, ти *почуваєш себе добре* (а) чи *почуваєш себе погано* (б)?
32. Вчителька до тебе *ставиться так само* (а), *як і до інших дітей, чи до тебе вчителька ставиться трохи гірше* (б)?
33. Чи ти *хотів би менше хвилюватися* (а), *коли тебе питають на уроці, чи ти і так не дуже хвилюєшся* (б)?
34. Коли ти *відповідаєш урок, ти часто думаєш про те, що в цей час про тебе думають інші учні* (а), чи *такого з тобою не буває* (б)?
35. Тобі *неважко* (а) *отримувати такі оцінки, які від тебе чекають батьки, чи важко* (б)?
36. Твоє серце *не починає часто битися* (а), *коли вчитель каже, що збирається дати учням класне завдання, чи починає* (б)?

37. Більшість твоїх однокласників *не звертають на тебе ніякої уваги* (а), чи ти *завжди в центрі уваги* (б) своїх однокласників?
38. Коли тобі довго доводиться залишатися з учителем, тобі *не хочеться йти від нього* (а) чи *якомога швидше хочеться піти* (б).
39. Ти думаєш, що, відповідаючи на уроці, ти *хвилюєси менше* (а), ніж інші діти, чи ти *хвилюєси більше* (б).
40. Коли вчитель дає класові завдання, ти знаєш, що *впораєси з ним, як і всі, або й краще* (а), чи боїшся, що *не впораєси з ним* (б)?
41. Тебе *турбує* (а) те, що про тебе думає вчителька, чи *це тебе не турбує* (б)?
42. Коли ти виконуєш завдання біля дошки, твої руки *не тремтять* (а) чи *тремтять* (б)?
43. Ти вважаєш, що до школи *вдягаєси так само добре* (а), як і твої однокласники, чи *твій одяг чимось гірший* (б)?
44. Коли ти розмовляєш на перерві з учителькою, ти *спокійний* (а) чи *неспокійний* (б)?
45. Напередодні контрольної роботи ти *засинаєш, як завжди* (а), чи *довго не можеш заснути* (б)?
46. Ти вважаєш, що міг би на уроках *відповідати краще, якби твоїх відповідей не чули однокласники* (а), чи *присутність однокласників тебе не бентежить* (б)?
47. Ти *хотів би* (а) бути капітаном команди чи *побоюєси* (б), що не впораєси?
48. Коли ти відповідаєш урок, який не зовсім добре вивчив, у тебе у *роті пересихає* (а) чи *не пересихає* (б)?
49. Коли тобі вдається зробити щось краще за однокласників і вони за це заздять тобі, ти *почуваєси себе винуватим* (а) перед ними чи *не почуваєси себе винуватим* (б)?
50. Якби тебе послали в учительську за журналом, ти б *зайшов спокійно* (а) чи *боявся б* (б)?
51. Коли ти лягаєш спати, ти *стурбований* (а) тим, що тебе завтра можуть викликати, чи *це тебе не турбує* (б)?
52. Ти *не хвилюєси* (а), коли треба виступати перед публікою, чи *це тебе дуже хвилює* (б)?
53. Коли ти пишеш контрольну роботу, ти понад усе *намагаєси не підвести* (а) своїх батьків чи ти про це *не думаєш* (б)?

54. Коли на уроці присутні директор або завуч і тебе викликали до дошки, твій голос не змінюється (а) чи він починає тремтіти (б)?
55. Коли тобі довго доводиться залишатися зі своїми однокласниками, тобі якомога швидше хочеться піти від них (а) чи не хочеться йти від них (б)?
56. Ти хотів би, щоб учителька так само любила тебе, як інших дітей (а), чи вчителька і так тебе любить (б)?
57. Чи по дорозі до школи тебе не турбує (а) те, що вчитель може дати самостійну роботу, чи це дуже тебе турбує (б)?
58. Ти б дуже хотів виступати на сцені (а) і показувати все, на що здатний, чи тобі було б незручно виступати (б) перед іншими?
59. Тебе не турбує (а), що про тебе думають однокласники, чи це тебе турбує (б)?
60. Під час контрольної роботи раптом починає свербіти тіло (а) чи такого з тобою не буває (б)?

Дякуємо за щирі відповіді!

Ключ до тесту шкільної тривожності ТШТ (7-11 років)

0 чинник. *Загальний шкільний страх.*

Свідчить про загальний емоційний стан дитини, пов'язаний із різними сторонами шкільного життя.

I чинник. *Страх соціальних контактів із ровесниками.*

Свідчить про емоційні переживання дитини, пов'язані зі спілкуванням із ровесниками в школі.

II чинник. *Страх соціальних контактів з учителями.*

Свідчить про емоційні переживання дитини, пов'язані зі спілкуванням з учителями.

III чинник. *Страх перевірки знань.*

Свідчить про емоційні переживання дитини, пов'язані з ситуацією перевірки знань учня (страх перед контрольними роботами, самостійними роботами, опитуванням тощо).

IV чинник. *Страх самовираження.*

Свідчить про емоційні переживання дитини, пов'язані з необхідністю публічно продемонструвати свої інтелектуальні можливості.

V чинник. *Страх не відповідати очікуванням оточуючих.*

Свідчить про емоційні переживання дитини, пов'язані з очікуванням негативних оцінок своєї діяльності з боку оточуючих (батьків, учителів, ровесників тощо).

VI чинник. Низький фізіологічний опір шкільним страхам.

Свідчить про особливості психофізіології дитини, які впливають на її здатність адекватно реагувати на емоціогенні ситуації.

Опрацювання даних. Якщо при відповіді на запитання досліджуваній вибирає варіант, указаний у таблиці, він за відповідним чинником отримує 1 бал; якщо дає відповідь: «Не знаю» – 0,5 бала, якщо вибраний варіант не відповідає вказаному в таблиці, то досліджуваній отримує 0 балів.

Підраховується сумарна кількість балів за кожним чинником і загальна кількість балів за всім тестом. Максимально можлива кількість балів за кожним окремим чинником – 10 балів, за всім тестом – 60 балів.

Інтерпретація. Якщо за I-VI чинниками досліджуваній отримав від 0 до 5 балів, то це свідчить про відсутність страху за цим чинником, від 5,5 до 7,5 бала – підвищений страх за цим чинником; від 8 до 10 балів – високий страх за цим чинником.

Якщо за 0 чинником досліджуваній отримав від 0 до 30 балів, то це свідчить про відсутність загального шкільного страху; від 31 до 45 балів – підвищений загальний шкільний страх; від 46 до 60 балів – високий загальний шкільний страх.

Таблиця 72

Ключ опитування

№ запитання та варіант відповіді	I чинник	II чинник	III чинник	IV чинник	V чинник	VI чинник
	16	26	36	4a	5a	6a
	7a	8a	9a	106	116	126
	136	14a	15a	166	17a	18a
	19a	20a	21a	22a	236	246
	256	26a	276	28a	29a	30a
	316	326	33a	34a	356	366
	37a	386	396	406	41a	426
	436	446	456	46a	476	48a
	49a	506	51a	526	53a	546
	55a	56a	576	586	596	60a

Дослідження змін когнітивного розвитку



Робота № 81

**Визначення рівня короткочасної пам'яті,
або як вибрати потрібну інформацію**

Короткочасна пам'ять людини пов'язана з її актуальною свідомістю, тобто з тим, що для неї важливо в даний час. І якщо у цієї людини є більш важливі справи, ніж механічне, необдумане заучування набридливих рядів цифр, то результати він може показати більш ніж скромні.

Інструкція: "Зараз вам буде показана таблиця з числами. Постарайтесь за 20 секунд запам'ятати і потім записати якомога

15	39	87	23
94	65	79	46
83	19	94	52

більшу кількість чисел. Увага, почали!"

Оцінка результатів. За кількістю правильно відтворених чисел проводиться оцінка короткочасної зорової пам'яті. Максимальна кількість інформації, яка може зберігатися в короткочасній пам'яті, – десять одиниць матеріалу. Середній рівень: 6-7 одиниць.



Визначення рівня оперативної пам'яті

Якщо людині справді потрібно запам'ятати багато за короткий термін, вона, свідомо чи несвідомо, так групує матеріал, щоб його було легко розкласти по "полицях" довготривалої пам'яті. І відбувається це в так званій оперативній пам'яті.

Саме слово "оперативна" наводить на думку, що вона має відношення до деяких операцій. Оперативна пам'ять безпосередньо пов'язана з короткочасною пам'яттю, з якої вона черпає матеріал, і з довготривалою, де зберігають способи її обробки.

Швидкість виконання завдання визначається об'ємом пам'яті людини, яка тестується. Зрозуміло, якщо людина одночасно розв'язує ще якісь свої завдання ("літає в хмарах"), то якась частина цього об'єму в неї займає, що не може не вплинути на результат тестування.

ЧИСЛОВІ РЯДИ	
а) 5,2,7,1,4	е) 4,2,3,1,5
б) 3,5,4,2,5	ж) 3,1,5,2,6
в) 7,1,4,3,2	з) 2,3,6,1,4
г) 2,6,2,5,3	і) 5,2,6,3,2
д) 4,4,6,1,7	к) 3,1,5,2,7

КЛЮЧ	
а) 7 9 8 5	е) 6 5 4 6
б) 8 9 6 7	ж) 4 6 7 8
в) 8 5 7 5	з) 5 9 7 5
г) 8 8 7 8	і) 7 8 9 5
д) 7 9 7 8	к) 4 6 7 9

Інструкція: "Зараз я назву вам 5 чисел. Ваше завдання – запам'ятати їх. Потім про себе додати перше число до другого, а отриману суму – записати; друге число додати до третього, суму записати; третє число додати до четвертого і четверте до п'ятого, знову записати суму. Так, Ви повинні отримати і записати 4 суми. Час для підрахунків – 15 секунд. Після цього я зачитаю наступний ряд чисел. Питання є? Будьте уважні, числа зачитуються лише один раз.

Опрацювання результатів

Підрахуйте кількість правильно знайдених сум. Максимальна їх кількість – 40. Норма дорослої людини – від 30 і більше.



Робота № 83

Оцінка рівня вибіркової уваги та стійкості до перешкод за тестом Мюнстерберга

Інструкція: Серед даного тексту є слова. Ваше завдання – якомога скоріше вичитати текст, підкреслити ці слова.

Приклад: ПЮКЛБЮСРАДІСТЬУФРНКП

Час тестування 2 хв.

ФЕЛКСОНЦЕРМУРЕРАЙТЦКУНОВИНАФАКТЦЕКЗАМЕНУ
КЕБЛЦДЕЬЕПРКРОКАРТЕОРИЯДЛПЫЗНЕСТФКЦДМАКТИН
ГПДПДАТАХРКДОЧИСЛОТЦЦОЛПСТВОРБОУКЛАБОРАТО
РІЯЦДБАФУПНЦЦЦФРЕМКЛЯКСААКРМУФЦНОЛОВОРЦ
БАРГРОШКЦЦБСТПЛФПЛЬТОЦФРТДОУВАГАХЩЦСТО
ПППМУТАРЛКЯСМУКАСТРПКЦБФЦСПКУВАННЯАОРВІ
ТЕРБФРКЦКУРКАСПТУЦЦБФКВЦНІСЯФТМКЦТУППОЛЕ
КЦЦЦПІВЕНЬТКЛПІСНЯЖПФШЯФГОЙДАЛКАКЖЦДМБА
НКДЦЖЬТКІНЬДПЖККРАПКАПФЦК

Оцінка результатів.

Оцінюється кількість виділених слів і кількість помилок (пропущені і неправильно виділені слова).

У тексті “сховано” 33 слова, за 2 хвилини необхідно всіх їх знайти.



Робота № 84

Визначення рівня “образної пам’яті”

Одиницею об’єму пам’яті прийнято вважати образ (зображення предмета, геометрична фігура, символ). Людині, яка тестується, пропонується за 20 секунд запам’ятати максимальну кількість образів із запропонованої таблиці з рисунками. Потім протягом однієї хвилини вона повинна відтворити ті образи, що запам’яталися (записати або намалювати).

Оцінка, бали	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Кількість відтворених образів	15-16	13-14	10-12	7-9	6	5	4	3	1-2



Інструкція: “Зараз я покажу Вам таблицю з малюнками. Спробуйте запам’ятати якомога більше з намальованого. Після того, як я заберу таблицю, запишіть або замалюйте все, що встигли запам’ятати. Час показу таблиці 20 секунд”.

Оцінка результатів. Підраховується кількість правильно відтворених образів. У нормі – це 6 і більше правильних відповідей.



Робота № 85

Оцінка вміння зосереджуватися

Коректурна проба, або чи умієте Ви зосередитися (тест Бурдона)

Дослідження проводиться за допомогою спеціальних бланків з рядами розміщених у випадковому порядку букв (цифр, фігур, може

бути використаний газетний текст замість бланків, див. рис. 50-51. Досліджувана людина переглядає тест або бланк ряд за рядом і викреслює певні вказані в інструкції букви або знаки.

△	A	Р	☺	□	*	☺	△	Р	*
□	□	*	☺	Р	☺	□	A	□	Р
*	Р	A	□	*	□	△	Р	A	□
☺	A	△	Р	△	□	☺	*	*	△
Р	□	□	□	Р	*	△	□	Р	☺
☺	△	*	A	*	□	☺	△	□	A
□	☺	☺	△	Р	☺	Р	A	□	☺
A	☺	□	□	☺	*	△	Р	A	*
□	△	*	☺	Р	□	□	A	□	△
☺	□	A	Р	△	*	Р	□	A	Р
△	A	□	?	☺	□	A	△	*	□
□	□	△	*	Р	A	□	☺	□	*
Р	*	□	A	Р	□	△	*	□	△
A	△	□	*	☺	□	□	A	A	□

Рис. 50. Матеріал до тесту "Коректурні проби"

Інструкція: При використанні газетного тексту на бланку з буквами закресліть, переглядаючи ряд за рядом, усі букви Е. Через кожні 60 секунд по моїй команді відмітьте вертикальною рисою те місце, до якого ви встигли переглянути текст.

Можливі інші варіанти проведення методики: закреслювати буквосполучення (наприклад, "НО") або закреслювати одну букву, а іншу – підкреслювати. Результати проби оцінюються за кількістю пропущених незакреслених знаків, за часом виконання або за кількістю переглянутих знаків. Важливими показниками є характеристики якості і темпу виконання (виражається кількістю опрацьованих рядків і кількістю допущених помилок за кожний 60-секундний інтервал роботи).

Концентрація уваги оцінюється за формулою:

$$K = C^2 / П,$$

де C – кількість рядків таблиці, які переглянула досліджувана людина;

П – кількість помилок (пропусків або помилкових закреслень зайвих знаків). Помилкою вважається пропуск тих букв, які повинні бути закреслені, а також неправильно закреслені літери.

Стійкість уваги оцінюється за зміною кількості перегляду протягом усього завдання. Результати підраховуються для кожних 60 секунд за формулою:

$$A = S / t,$$

де *A* – темп виконання;

S – кількість букв у переглянутій частині коректурної таблиці;

t – час виконання.

За результатами виконання методики за кожний інтервал може бути побудована “крива виснаження”, яка відображає стійкість уваги і працездатність у динаміці.

Показник переклюкання вираховується за формулою:

$$C = \frac{S_0}{S} \cdot 100,$$

де *S₀* – кількість помилково опрацьованих рядків,

S – загальна кількість рядків в опрацьованій досліджуваною людиною таблиці.

Кількість переглянутих рядків	Кількість пропусків	Кількість помилок

При проведенні тесту можна використати такі матеріали:

Прізвище, ім'я _____ Клас _____
Дата _____

8735297521167541229769034354261141648982405327521955025
2286355224729266547330422350119528866055287322706269053
6198224440195227644599508872863190382279512887575687357
2689642210866452219867655428768647221933845211679442283
3772667233094299066135578442267398148765421398763655227
9833156633987988564721130098214465300982144650169835544
1254788306127589622783459827565211983635443776211236578
5995187645298300522197741741766033984762122630779456967
5232781037016254679821430083354722976651014255257709933
4562116874636378210198765293100874413898411088743873529
7521167541229769033433542641648982405327521955025228635
5224729266547330422350119528866055287322706269053619822
4401952276424599508872863190382279512887575687357268964
2210886452219867655428768647221933845211679442283377266
7233094299066135578442267398148765421398763655227983315
6633987988564721130098214465300821446530169835544125478
8306127589622783459827565211983635443776211236578599518
7645298300522197741741766033984762122630779456967523781
0037016254679821430083547229766514014255257709933456211
6874636378219876529310087441389841108874310325434768945
54121134786490673035

Рис. 51. Матеріал до тесту "Коректурні проби"



Контрольні запитання до розділу

1. Які ознаки застосовують у листовій діагностиці довкілля урбоєкосистем?
2. Які типи змін забарвлення листків можна спостерігати за дії антропогенних факторів?
3. Які типи некрозів листків з'являються за дії антропогенних факторів?
4. Які зміни листків може викликати підвищена концентрація SO_2 в повітрі?
5. Яким чином застосовується флуктуаційна асиметрія листків для оцінки кліматопу урбоєкосистем? Яка деревна порода найбільш

пріоритетна в цих дослідженнях?

6. Як обчислити площу ураженої тканини листка?
7. Які існують способи діагностики живих та мертвих тканин листків?
8. Як поставити експеримент із виявлення чутливості та стійкості деревних порід конкретного міста до вихлопних газів?
9. Які об'єкти і матеріали найчастіше використовують для визначення наявності в довкіллі міста чинників, що впливають на спадковий матеріал?
10. Що таке аберантні анафази? Про що свідчить збільшення їх кількості в проліфіруючих тканинах біоіндикаторів?
11. Які морфологічні ознаки хвойних рослин Ви будите враховувати при оцінці екологічного стану урбоєкосистем?
12. Як поставити дослід з вивчення впливу кислотних парів на різні види рослин?
13. Як оцінити рівень забруднення різних зон міста пилом за його накопиченням на листових пластинках рослин?
14. Як можна застосовувати насіння та проростки рослин для вивчення токсичності різних поліутантів?
15. Яким чином застосовуються колеоптилі злакових культур як біотести?
16. Які біоіндикатори можна використати для біотестування токсичності ґрунтів?
17. У який спосіб застосовується робінія псевдоакація (акація біла) для біондикації стану урбоєкосистем?
18. Про що свідчить виявлення в певній зоні міста S-стратегії в рослин жовтцю їдкою?
19. Життєва стратегія яких рослин найбільш інформативна при оцінці стану урбоєкосистем?
20. Як визначити життєву стратегію рослин?
21. Насіння яких видів рослин ліпше використовувати для визначення токсичності опадів?
22. Як одержати висічки листків для визначення стійкості різних порід до оксиду сульфуру (VI)? У чому полягає суть цієї методики?
23. Які життєві форми лишайників найбільш чутливі до забруднення повітря?
24. З яких дерев у першу чергу зникають лишайники?
25. Що таке мікроядра?

Предметний покажчик

- | | |
|---|---|
| <p>А</p> <p>Агемеробні біогеоценози 8</p> <p>Агрокультурні екосистеми 7</p> <p>Агроценози 7</p> <p>Адаптивний тип 177</p> <p>Акваценози 10</p> <p>Альфа-випромінювання 54</p> <p>Анемометр 27, 29, 30</p> <p>Анеморумбометр 27</p> <p>Антропометричні індекси 195</p> <p>Антропометричні показники 196</p> <p>Антропометричні точки 191</p> <p>Антропометрія 187</p> <p>Антропоценози 10</p> <p>Асиметрія листків 214</p> <p>Аутекологічні дослідження 200</p> <p>Б</p> <p>Беккерель 55, 56</p> <p>Бер 56</p> <p>Бета-випромінювання 54</p> <p>Біоіндикатор 200</p> <p>Біоіндикація 200</p> <p>Бульвар 12</p> <p>В</p> <p>Викид 71</p> <p>Викид залповий 72</p> <p>Викид неорганізований 72</p> <p>Викид організований 72</p> <p>Викид тимчасово погоджений 72</p> <p>Відсоток</p> <ul style="list-style-type: none"> – пікнозу 238 – злипання хромосом 239 – аберантних анафаз 242 | <p>«Вікна асфальту» 11</p> <p>Вітаценози 10</p> <p>Внутрішньопопуляційна мінливість 199</p> <p>Г</p> <p>Газоаналізатор 97</p> <p>Гамма-випромінювання 54</p> <p>Гамма-спектрометр 55</p> <p>Гарвардський степ-тест 256</p> <p>ГДВ 73</p> <p>ГДК 72, 141</p> <p>ГДК_{а.п.} 67</p> <p>ГДК максимальна разова 68</p> <p>ГДК_{р.з.} 67</p> <p>ГДК середньодобова 68</p> <p>Гемеробія 7</p> <p>Грей 56</p> <p>Грунтова мезофауна 154</p> <p>Д</p> <p>Девастовані екосистеми 7</p> <p>Дефоліація 205</p> <p>Джерело викиду 71</p> <ul style="list-style-type: none"> – пересувне 72 – стаціонарне 71 <p>Е</p> <p>Еквівалентний рівень звуку 30, 44</p> <p>Екологічні захворювання 287</p> <p>Еколого-фітоценотичні пояси 12</p> <p>Екстраверсія 296</p> <p>Екстрактори 155</p> <p>Електори 155</p> <p>Електроаспіратор 104</p> |
|---|---|

Емісія 71
Еугемеробні біогеоценози 8

З

Забруднююча речовина 71
Захворюваність 285
Зіверт 55, 56
Змішана проба ґрунту 123
Змішана проба води 122
Зольність листків 264
Зона розсіювання 13
Зони самовідновлення 11

І

Індекс хромосомних аберацій 238
Індивідний тест «Словесний портрет» 168
Індустріальні екосистеми 7
Інтегральні рейтинги рослин-біоіндикаторів 161

К

Когорта 163
Когортна таблиця виживання 163
Коефіцієнт смертності 165
Коефіцієнти концентрацій металів 122, 138
Колеоптіль 231
Колі-титр 143
Комунікаційні екосистеми 7
Концентрація уваги 315
Кулон 54
Кюри 56

Л

Ландшафтно-функціональне зонування 7

Лійка Бермана 156
Лісопарк 9
Ліхеноіндикація 151

М

Максимальне споживання кисню 272
Маршрутні пости спостережень 15
Мезогемеробні біогеоценози 8
Метагемеробні біогеоценози 8
Метод Мілліпор 146
Метод накрапування досліджуваної води 252
Метод Хатч 145
Міжпопуляційна мінливість 199
Мікроядерний індекс 271
Мікроядра 269
Мітотичний індекс 238, 242

Н

Набір «Кіт» 82
Нейрони 54
Нейротизм 296
Некрози 202
Нозоареал 285
Нозогеографія 285
Нозологія 285
Номограма Астранда-Рімінга 276

О

Одиниця активності 55
Окультурені біогеоценози 12
Олігогемеробні біогеоценози 8
Опитувальник Айзенка 297
Опитувальник Тейлора 302
Острівні урбоекосистеми 11

П

Пам'ять короткочасна 311
Пам'ять образна 313
Пам'ять оперативна 312
Парк 9, 12
Підфакельні пости спостережень 15
Показник пошкодження
генетичного матеріалу 271
Полігемеробні біогеоценози 8
Помологоценози 10
Потенційно рухомі форми
металів 121
Потужність викиду 71
Пратоценози 10
Прилад Ріхтера 84, 87
Проба Генчі 282
Проба Штанге 282
Промислова зона 9, 11
Проростання пилку 245
Профазний індекс 243

Р

Рад 56
Радіометр 49-52, 62
Реактив Шиффа 240, 242
Рекреаційні екосистеми 7
Рентген 55
Рефлексометрія 283
Робоча зона 13
Роза вітрів 29
Рудеральні біогеоценози 12
Рухомі форми металів 127

С

Санітарно-захисна
зона 11, 72

Селітебні екосистеми 7
Середня доза випромінювання 55
Середня проба ґрунту 124
Середня пропорційна проба води
139
Середовище Ендо 147
Синекологічні дослідження 150
Сільбідна зона 11
Сільвоценози 10
Сірчисті води 242
Сквер 12
Спектрометр 55, 58, 59
Степ-тест 273
Стійкість уваги 315
Стриптоценози 10
Сумарний показник забруднення
122, 138
k-стратегі 158
г-стратегі 158
s-стратегі 158

Т

Тверді частинки 106
Тест „гармонії” Купера 280
Тест Бурдона 295
Тест Люшера 296
Тест Мюнстерберга 293
Техноценози 7
ТПВ 73
Транспортна зона 11
Трансекти 23
Тривожність 295
Тривожність особистісна 296
Тривожність ситуативна 296

У

Увага вибіркова 313

Урбасистема 5

Урбаскосистема 5

Ф

Фенологічні спостереження 257

Фенольні сполуки рослин 266

Феноспектри 262

Фенофази 258, 263

Флоріценози 10

Флюгер 26, 29

Фоновий вміст металів 122

Формула Бегма 92

Фрутоценози 10

Х

Хлороз 202

Ч

Частковий рейтинг рослин-
біоіндикаторів 160

Ш

Шум 30

Шумоміри 35

Шум імпульсний 30

Шум коливальний 30

Шум непостійний 30

Шум переривчастий 30

Шум постійний 30

Шумомір 34

Показчик назв біологічних об'єктів

А

Абрикос (*Armeniaca Scop.*) 223

Агрис (*Grossularia*) 206

Айстра (*Aster L.*) 223

Б

Баклажан синій 223

Барвінок (*Vinca L.*) 266

Береза опушена (*Betula pubescens Ehrh.*) 214

Бузок (*Syringa L.*) 223

Бук лісовий (*Fagus sylvatica*) 190

Буряк столовий 223

Буряк цукровий 223

В

Виноград (*Vitis L.*) 223

Вишня (*Cerasus Mill.*) 223

Г

Гарбуз (*Cucurbita L.*) 223

Гвоздика (*Dionthus L.*) 205

Гірчиця (*Sinapis L.*) 249

Гладиолус (*Gladiolus gandavensis* cv. *Snow Princess. Flowersong*) 207

Горих посівний (*Pisum sativum L.*) 207, 270

Горошок мишачий (*Vicia cracca*) 243

Гречка (*Fagopirum esculentum*) 207

Груша (*Pyrus L.*) 223

Д

Диня (*Melo Mill.*) 223

Е

Енхітреїди (*Enchytraeidae*) 138

Ж

Жито (*Secale L.*) 223

Жовтець їдкий (*Ranunculus acris L.*) 149, 158

І

Ірис (*Iris germanica*) 207

К

Капуста (*Brassica L.*) 223

Картопля (*Solanum tuberosum L.*) 223

Каштан кінський (*Aesculus hippocastanum L.*) 205, 258, 262

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris*) 207

Клен (*Acer L.*) 223

Клен гостролистий (*Acer platanoides L.*) 258

Кліщі (*Cari*) 154

Конюшина багряна (*Trifolium incarnatum*) 207

Крес-салат (*Lepidium sativum L.*) 239, 247, 248, 250, 253

Кріп (*Anethum L.*) 247

Кукурудза (*Zea mays L.*) 243

Кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale Webb. ex Wigg.*) 149, 159

Л

Латук посівний (салат) (*Lactuca sativa*) 223

Липа (*Tilia L.*) 190

Липа широколиста (*Tilia platyphyllos Scop.*) 134

Люцерна (*Medicago sativa cv. Du Purts*) 207

Льон (*Linum L.*) 247

М

Мак (*Papaver L.*) 247, 249

Малина (*Rubus idaeus L.*) 205

Махорка (*Nicotiana rustica*) 207

Модрина сибірська (*Larix sibirica Ledeb.*) 243

Морква (*Daucus L.*) 208

Н

Ногохвістки (*Collembola*) 154

О

Овес (*Avena L.*) 223, 250

Огірок (*Cucumis L.*) 223

Орхідея (*Orchis L.*) 205

П

Петрушка кучерява (*Petroselinum crispum var. vulgare*) 207

Петунія (*Petunia Luss.*) 223

Підбія (*Tussilago L.*) 283

Плодова мушка (*Drosophila melanogaster L.*) 150, 162

Подорожник великий (*Plantago major*) 149, 207

Помідор їстівний (*Lycopersicon esculentum*) 207□8

Пшениця (*Triticum L.*) 223, 250

Р

Ревінь (*Rheum L.*) 208

Редиска (*Raphanus sativus L. subs rodicula (Pers) DC.*) 249, 250

Редька (*Raphaus L.*) 223

Робінія звичайна (біла акація) (*Robinia pseudoacacia L.*) 246

С

Сальвінія (*Salvia seguiev L.*) 223

Селера пахуча (*Apium graveolens*) 207

Слива (*Prunus L.*) 223

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*) 223, 243, 258

Т

Тополя бальзамічна (*Populus balsamifera*) 220

Тополя берлінська (*Populus berolinensis C.Koch.*) 230

Тополя китайська (*Populus simonii Carr.*) 230

Тополя чорна (*Populus nigra L.*) 220

Троянда (*Rosa L.*) 200, 223

Турнепс 208

Тюльпан (*Tulipa gesneriana cv. Bluperrot, Preludium*) 207

Тютюн (*Nicotiana L.*) 243

Тютюн махорка (*Nicotiana rustica*) 193

Тютюн справжній (*Nicotiana tabacum*) 189, 223

Х

Хризантема (*Chrysanthemum L.*) 223

Ц

Цибуля городня (*Allium cepa* L.) 223, 234, 236

Цикорій (*Cichorium* L.) 223

Ш

Шпинат городній (*Spinacia oleracea* cv. *Subito*, *Dynamo*) 207

Я

Яблуня (*Malus* L.) 223

Ялина голуба колюча (*Picea pungens* Engelm.) 237

Ялина звичайна (*Picea abies* (L.) Karst.) 255, 258

Ялина сиза (*Picea glauca* (Moench) Voss) 255

Ячмінь (*Hordeum* L.) 223, 250

Список літератури

1. Айриян А.П., Оганесян Г.Г., Арутюнян Р.М. Оценка уровня микроядер в слизистой ротовой полости у больных аллергозами и здоровых лиц, проживающих в сельской местности // Биологический журнал Армении. – 1990. – Т. 43, № 6. – С. 528-529.
2. Учет микроядер в клетках слизистой оболочки ротовой полости как тест на мутагенность / Арутюнян Р.М., Саркисян Т.Ф., Журков В.С. и др. // Биологический журнал Армении. – 1987. – Т. 40, № 1. – С. 70-71.
3. Арутюнян Р.М., Туманян Э.Р., Ширинян Г.С. Анализ микроядер в слизистой ротовой полости для оценки цитогенетического эффекта загрязнителей среды // Цитология и генетика. – 1990. – Т. 24, № 2. – С. 57-59.
4. Башкирцева А.А. Определение железа и алюминия трилонометрическим методом: Дис. канд. биол. наук / Уральский политехн. ин-т.: Свердловск, 1956.
5. Башкирцева А.А., Якимец Е.М. Трилонометрический метод определения алюминия и железа в различных материалах алюминиевых заводов // Труды Уральского политехн. ин-та. – 1957. – С. 58.
6. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум. Навч. посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
7. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
8. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Практикум із загальної екології. – К.: Либідь, 1997. – 160 с.
9. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2 т. – М.: Мир, 1989; М.: Мир, 1972. – 312 с.
10. Гайнріх Д., Геріт М. Екологія: dtv-Atlas. / Наук. ред. В.В. Серебряков. – К.: Знання – Прес, 2001. – 287 с.
11. Гиляров М.С. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна). Количественные методы в почвенной зоологии. – М.: Наука, 1987. – С. 9-26.
12. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Вид-во "Поллі", 2000. – 316 с.
13. Горова А.И., Дигурко В.М., Скворцова Т.В. Цитогенетическая оценка мутагенного фона в промышленном Приднестровье // Цитология и генетика. – 1995. – Т.29, №.5. – С.16-22.

14. Горовая А.И., Бобырь Л.Ф., Скворцова Т.В., Дигурко В.М., Климкина И.И. Методические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов // Цитология и генетика. – 1996. – Т.30, №6. – С.78-86.
15. Горчаковский П.Л. Устойчивость экосистем и фактор биологического разнообразия // Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия. – Фрунзе: Илим, 1990. – С.35-47.
16. ГОСТ 24484-80. Вода питьевая. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 5 с.
17. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология / Под ред. Р. Сопера. – М.: Мир, 1990. – Т.2. – 327 с.
18. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Глав. ред. Молдав. Сов. Энцикл., 1989. – 408 с.
19. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. – К.: КОО, 2002. – 203 с.
20. Джигирей В.С., Жидецкий В.Ц. Безпека життєдіяльності. – Львів: Афша, 2000. – 256 с.
21. Дідух Я.П. Популяційна екологія. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – 192 с.
22. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Высш.шк., 1998. – 413 с.
23. Дорогунцов С.І., Коценко К.Ф., Аблова О.К. та ін. Екологія. – К.: КНЕУ, 1999. – 152 с.
24. Емельянов И.Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. – К.: ИПЦ “Международный Соломонов университет”, 1999 – 168 с.
25. Емельянов И.Г., Загороднюк И.В., Хоменко В.Н. Таксономическая структура и сложность биотических сообществ // Екологія та ноосферологія. – 1999. – Т.7, №3-4. – С.6-16.
26. Емельянов И.Г., Михалевич О.А. Роль возрастного разнообразия компонентов биосистем разной степени интеграции в поддержании их стабильности // Вид и его продуктивность в ареале. Ч.2. Млекопитающие. Птицы. – Свердловск, 1984. – С. 20-21.
27. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 1998. – 248 с.
28. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія: Навч. посібник. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2003. – 416 с.
29. Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Некрасов В.Н. Использование микроядерного теста в скрининге и мониторинге мутагенов // Цитология и генетика. – 1988. – Т.22. – №1. – С.67-71.
30. Клименко Л.П. Техноекотолгія: Посібник. – Сімферополь: Таврія, 2000. – 542 с.

31. Конвенція про біологічне розмаїття: громадська обізнаність і участь. – К.: Стилюс, 1997. – 154 с.
32. Корсак К.В., Плахотнік О.В. Основи екології: Навч. посібник. – К.: МАУП, 2000. – 168 с.
33. Костишин С.С., Руденко С.С., Дмитрук Ю.М., Курек С.І. Пирій повзучий (*Agrropyron repens* L.) як модель для дослідження поглинання важких металів // Физиология и биохимия культурных растений. – Т. 27, №1-2. – 1995. – С.65-72.
34. Кузьмин Н., Золотов Ю. Концентрирование следов элементов. – М.: Наука, 1988. – 512 с.
35. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 499 с.
36. Кучерявий В.А. Природна середина міста. – Львів: Вища шк., 1984. – 184 с.
37. Кучерявий В.П. Урбоекологія. – Львів: Світ, 2001. – 440 с.
38. Кучерявий В.А. Урбоекологические основы фитомелиорации. Ч.1 Урбоекология – М.: НТ «Информация», 1991. – 357 с.
39. Кучерявий В.А. Урбоекологические основы фитомелиорации. Ч.2 Фитомелиорация – М.: НТ «Информация», 1991. – 288 с.
40. Лабораторний та польовий практикум з екології / І.В. Бейко, В.М. Боголюбов, І.Г. Вишеньська та ін. – К. Фітосоціоцентр, 2000. – 216 с.
41. Лук'янова Л.Б. Основи екології: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2000. – 327 с.
42. Мазуркевич Я.С., Руденко С.С., Білоголовка В.Т., Николайчук Б.І. Дослідження сполук важких металів і селену в навколишньому середовищі та їх акумуляція в біооб'єктах // Науковий вісник Чернівецького держуніверситету. Збірник наукових праць. – Вип. 42: Хімія. – Чернівці: ЧДУ, 1998. – С. 94-101.
43. Мардар Г.І., Руденко С.С., Калінка А.К., Гудіна С.В. Вплив селену та аскорутину на геном печінки бичків із «алюмінієвих» територій // Фізіологічний журнал. – 1998. – Т.44, №3. – С. 237.
44. Марченко М.М., Костишин С.С. Особливості дії малих доз радіації на живі організми // Міжнародний симпозіум „Медико-екологічні проблеми охорони здоров'я в Україні”: Тез. доп. – Чернівці, 1994. – С. 37.
45. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 110 с.
46. Методичний посібник з визначення якості води / За ред. В.І. Назаренка. – К.: Прінт-Квік, 2002. – 51 с.
47. Мицуке А. Методы концентрирования микроэлементов в неорганическом анализе. – М.: Химия, 1986. – 328 с.
48. Морозова Т.В., Руденко С.С., Костишин С.С. Виявлення найбільш інформативних показників біомаси для визначення типу життєвої

- стратегії рослин жовтицю їдкою (*Ranunculus acris* L.) // Науковий вісник Чернівецького університету. – Вип. 169: Біологія. Чернівці: Рута, 2003. – С. 124-133.
49. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник. – К.: Т-во „Знання”, КОО, 2002. – 550 с.
50. Мзггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
51. Назаренко І.І., Руденко С.С. Дмитрук Ю.М., Третяк А.М. Важкі метали в ґрунтах Західного лісостепу // Міжнародна наукова конференція „Навколишнє середовище і здоров’я”: Тез. доп. – Чернівці, 1993. – С. 231.
52. Нерсисян А.К.. Микроядерный тест в эксофолиативных клетках человека как метод изучения действия мутагенов/канцерогенов // Цитология и генетика – 1996. – Т30, №5. – С.91-94.
53. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб.пособие. – М.: Высш. шк., 2002. – 560 с.
54. Общая экология: Учебник для вузов /Автор-составитель А.С.Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 510 с.
55. Одум Ю. Экология: В 2 т. / Пер.с англ. – М.: Мир, 1986.
56. Охорона ґрунтів: Навч. посіб. /М.К.Шикула, О.Ф.Гнатченко, Л.Р.Петренко, М.В.Капштик. – К.:Т-во „Знання”, КОО, 2001. – 398 с.
57. Оценка мутагенной активности химических веществ микроядерным методом. – М.:МЗ СССР, 1984. – 13 с.
58. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1970. – 255 с.
59. Пістун І.П., Кіт Ю.В. Безпека життєдіяльності (Психофізіологічні аспекти). Практичні заняття: Навч. посібник. – Львів: Афіша, 2000. – 239 с.
60. Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология. – К.: Академперіодика, 2002. – 107 с.
61. Радкевич В.А. Экология. Краткий курс. – Минск: Высшая шк., 1977. – 280 с.
62. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
63. Руденко С.С. Алюміній в природних біотопах: Біохімічна адаптація тварин. – Чернівці: Рута, – 300 с.
64. Руденко С.С. Дослідження впливу селеніту натрію на ріст та розвиток стебла та коренів проростків гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за дії сполук алюмінію та кадмію // Физиология и биохимия культурных растений. – Т31, №3 (179). – 1999. – С.233-237.
65. Руденко С.С. Особливості функціонування біотопів з підвищеною рухомістю алюмінію // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наук. праць. – Вип. 38: Біологія. – Чернівці: ЧДУ, 1998. – С.122-128.

66. Руденко С.С., Волощук К.О., Озерова І.О., Платонова А.А. Життєздатність пилку як біотест для оцінки екологічного стану територій // Друга Всеукраїнська науково-методична конференція "Проблеми раціонального використання, охорони і відтворення природно-ресурсного потенціалу України": Тез. доп. – Чернівці, 2000. – С. 70-71.
67. Руденко С.С., Горюва А.І., Стрельченко Є.Д. Цитогенетична оцінка мутагенної дії хлориду кадмію і хлориду алюмінію та модифікуючої дії селеніту натрію у кореневих меристемах *Pisum sativum* L. // Цитологія і генетика. – 1999. – Т.33, №3. – С.52-56.
68. Руденко С.С., Дерев'янський В.П. Вплив кадмієвого стресу на морфо-фізіологічні показники різних сортів сої // Проблеми агропромислового виробництва: Міжвідомчий наук. збірник. – 1994. – Вип.3. – С.100-102.
69. Руденко С.С., Дерев'янський В.П. Реакция разных сортов гороха на кадмиевый стресс // Проблеми агропромислового виробництва: Міжвідомчий наук. збірник. – 1994. – Вип.3. – С.97-99.
70. Руденко С.С., Дмитрук Ю.М. Аналіз просторових змін алюмінію у ґрунтах природних областей Буковини // Науковий вісник Чернівецького університету. Збірник наук. праць. – Вип. 38: Біологія. — Чернівці: ЧДУ, 1998. – С. 44-63
71. Руденко С.С., Должицька А.Г., Кондурацька Н.Л., Соколова В.М. Акумуляуюча здатність лікарських рослин Буковини до важких металів // П'ятнадцятий з'їзд Українського товариства фізіологів рослин: Тез. доп. – Київ, 1993. – Т. I. – С. 63-64.
72. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Методика кількісного визначення життєвої стратегії розповсюджених рослин // Науковий вісник Чернівецького університету. – Вип. 145: Біологія. – Чернівці: Рута, 2002. – С.195-204.
73. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Природний та антропогенно-трансформований рівень рухомих форм важких металів та алюмінію в ґрунтах різних природних зон Чернівецької області України // Науковий вісник Чернівецького університету. Збірник наук. пр. – Вип. 126.: Біологія. – Чернівці: Рута, 2001. – С. 70-84.
74. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В., Марциняк І.В. Акумуляуюча здатність лікарських рослин Буковини до важких металів // Екологія та ноосферологія, 2002. – Т.12, № 3-4. – С. 94-99.
75. Руденко С.С., Костишин С.С., Руденко В.П. Стан техногенного забруднення агросистем Чернівецької області // IV симпозіум "Сільське господарство та агротуризм", Австрія 26-29 серпня 2002 р. - Landwirtschaft, BAL Gumpenstein. – 2002. – Р.139.

76. Руденко С.С., Костишин С.С., Тевтуль Я.Ю. Дослідження впливу селеніту натрію на ріст метаморфізованих частин листків у проростків гороху (*Pisum sativum* L.) за дії сполук алюмінію та кадмію // Физиология и биохимия культурных растений. – 1999. – Т. 31, № 5. – С. 377-381.
77. Руденко С.С., Морозова Т.В., Костишин С.С., Безруков В.Ф. Стан генофонду населення Чернівецької області та його екологічна обумовленість // Цитологія і генетика. – 2002. – №4. – С.23-29.
78. Руденко С.С., Морозова Т.В., Костишин С.С., Стрельченко Є.Д. Особливості впливу хімічних та фізичних чинників на цитогенетичні показники кореневих меристем *Pisum sativum* L. // Цитологія і генетика. – 2002. – Т.36, №3. – С.22-28.
79. Руденко С.С., Савицький В.Д. Паліометричний аналіз видів роду *Aconitum* L. флори України // Український ботанічний журнал. – 1986. – Т.43, №5. – С. 47-53.
80. Руденко С.С., Ситнікова І.О., Том'юк А.І. Оцінка екологічного стану автодоріг м.Чернівці // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наук. ст.– Вип. 169: Біологія. – Чернівці: Рута, 2003. – С.133-140.
81. Руденко С.С., Ситнікова І.О., Филипчук Т.В. Екологічний паспорт урбоєкосистеми: Методична розробка Чернівці: Рута, Чернівці: Рута, Чернівці: Рута, 2003.
82. Руденко С.С., Стрельченко Є.Д., Рибіцька М.М. Цитогенетичний ефект хлориду кадмію і хлориду алюмінію та модифікуюча дія селеніту натрію у кореневих меристемах *Pisum sativum* L. // Міжнародна конференція «Онтогенез рослин в природному та трансформованому середовищі». – Львів, 1998. – С.234-235.
83. Руденко С.С., Тевтуль Я.Ю., Білоголовка В.Т. Забруднення ґрунтів води та деяких рослин важкими металами у Чернівецькій області // Вісник аграрної науки. – 1997. – № 10. – С.57-61.
84. Руденко С.С., Тевтуль Я.Ю., Костишин С.С., Решетюк О.Л. Дослідження впливу селену на ріст листків у проростків гороху (*Pisum sativum* L.) за дії алюмінію та кадмію // Физиология и биохимия культурных растений. – 1997. – Т. 29, № 6. – С. 472-477.
85. Руденко С.С., Том'юк Б.П., Бербець М.А. Вплив взаємодії алюмінію і флуору на захворювання карієсом мешканців Чернівецької області // I Міжнародна науково-практична конференція «Стан та розвиток агропромислового виробництва в межах євро регіону „Верхній Прут“» – Чернівці, 2003. – С.234-235
86. Руденко С.С., Чопик В.І., Костишин С.С., Марченко М.М. Порівняльно-екологічне дослідження рослинності двох екстремальних біотопів

- Українських (Марамурешських) Карпат // Доповіді Націон. Акад. Наук України. – 2002. – № 7. – С.198-205.
87. Руденко С.С., Чопик В.И., Стефаник В.И. Опыт использования эколого-флористического анализа в систематике родов. Деп. в УкрНИИНТИ 24.04.84, № 752. – 10 с.
88. Стадницький Г.В., Радионов А.И. Екологія. – СПб: Хімія, 1996. – 240 с.
89. Степановских А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды. – м.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
90. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Мир, 1980. – 162 с.
91. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДЖОС, 2001. – 288 с.
92. Чайка В.Є., Чайка В.В. Екологія. – В.: “Книга-Вега”, 2002. – 408 с.
93. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш.шк., 2001. – 512 с.
94. Экологический энциклопедический словарь / И.И. Дедю. – К.: Гл. ред. МСЭ. – 408 с.
95. Энциклопедия для детей. Том 19. Экология / Глав.ред. В.А. Володин. – М.: Анатна+, 2001. – С.265-266.
96. Schmid W. The micronucleus test // Mutat. Res. – 1975. – V.31, №1. – P.9-15.

Зміст

Від авторів	3
РОЗДІЛ 1. Питання методологічного характеру	5
РОЗДІЛ 2. Дослідження кліматону урбоєкосистем	25
2.1. Аналіз фізичних чинників	26
Робота № 1. Визначення напрямку та швидкості вітру за допомогою флюгера, анеморумбометра та ручного анемометра	26
Робота № 2. Визначення напрямку та швидкості вітру за допомогою саморобних флюгерів і анемометрів*	29
Робота № 3. Вимірювання рівня шумового забруднення урбоєкосистем	30
Робота № 4. Вимірювання радіаційного фону	48
Робота № 5. Оцінка вмісту радіонуклідів у ґрунтах та на біооб'єктах урбоєкосистем	54
Робота № 6. Визначення вмісту радіонуклідів за допомогою гамма-радіометра РУГ-91 "АДАНІ"	61
Робота № 7. Визначення напруженості електростатичного поля	64
2.2. Аналіз хімічних чинників	66
Робота № 8. Контроль викидів забруднюючих речовин промисловими джерелами	71
Робота № 9. Розрахунок умовних розсіювань викидів промислових підприємств	77
Робота № 10. Визначення забруднення повітря різними шкідливими газами за допомогою газоаналізатора УГ-2	80
Робота № 11. Визначення забруднення повітря різними шкідливими газами за допомогою набору "Кіт"	82
Робота № 12. Визначення концентрації оксиду сульфуру (IV) у повітрі за допомогою поглинаючого приладу Ріхтера	84
Робота № 13. Визначення оксиду нітрогену (IV) в повітрі за допомогою поглинаючого приладу Ріхтера	87
Робота № 14. Оцінка рівня забруднення автотранспортом атмосферного повітря чадним газом (CO) розрахунковим методом*	90

Робота № 15. Контроль викидів автотранспортом чадного газу (СО) та алканів за допомогою газоаналізаторів	97
Робота № 16. Визначення загальної кількості кислот у повітрі* ..	99
Робота № 17. Експрес-метод визначення кислотності опадів* ..	101
Робота № 18. Визначення аерозолію сульфатної кислоти та розчинних сульфатів у повітрі	102
Робота № 19. Відбір проб повітря за допомогою електроаспіратора ЄА – 1А	104
Робота № 20. Визначення запилення повітря гравіметричним методом за допомогою фільтрів із тканини ФПП	106
Робота № 21. Визначення аерозольної забрудненості повітря твердими частинками, органічними та неорганічними сполуками	109
Робота № 22. Якісні аналізи аерозолію	113
РОЗДІЛ 3. Дослідження едафотопу Урбоекосистем	120
Робота № 23. Відбір змішаних польових проб ґрунту	123
Робота № 24. Підготовка ґрунту для лабораторних досліджень і відбір середньозмішаних проб	124
Робота № 25. Визначення рухомих форм важких металів (у водній витяжці ґрунту)	126
Робота № 26. Одержання ацетатно-амонійної буферної витяжки	127
Робота № 27. Визначення потенційно рухомих форм важких металів (у буферній витяжці ґрунту)	128
Робота № 28. Визначення рухомих форм алюмінію в ґрунтах ...	128
Робота № 29. Визначення валових форм важких металів у поверхневому шарі ґрунтів	133
Робота № 30. Визначення засоленості ґрунтів міських вулиць за сухим залишком ґрунтової витяжки	134
РОЗДІЛ 4. Аналіз водних об'єктів урбоекосистем	137
Робота № 31. Відбір проб води	138
Робота № 32. Визначення вмісту важких металів у воді	139
Робота № 33. Визначення вмісту алюмінію у воді	140

Робота № 34. Визначення бактеріальної забрудненості води (колі-титру)	143
---	-----

РОЗДІЛ 5. Оцінка стану біоти урбоекосистем 149

5.1. Синекологічні дослідження 150

Робота № 35. Оцінка стану навколишнього середовища за наявністю, багатством і різноманіттям видів лишайників (ліхеноіндикація)*	151
Робота № 36. Оцінка біорізноманіття ґрунтової мезофауни різних за класом гемеробії зон	154

5.2. Популяційні дослідження синантропних видів та людини 158

Робота № 37. Оцінка стану територій міста за типом життєвої стратегії популяцій жовтцю їдкою (<i>Ranunculus acris</i> L.) *	158
Робота № 38. Когорти виживання та частота патологічних мутацій плодової мушки (<i>Drosophila melanogaster</i> Mg.)*	162
Робота № 39. Зміни тривалості життя людей у часовому плані під впливом антропогенних факторів*	166
Робота № 40. Фенотипічний поліморфізм людських популяцій в урбоекосистемах*	167
Робота № 41. Оцінка рівня поліморфізму мешканців міських популяцій за антропометричними показниками	187

5.3. Аутоекологічні дослідження рослин 200

Дослідження змін листків 201

Робота № 42. Дослідження стану листків деревних рослин у різних зонах міста	201
Робота № 43. Виявлення уражених і відмерлих тканин листка різними способами	210
Робота № 44. Визначення стану доквілля за площею листків дерев на вулицях міста*	212
Робота № 45. Асиметрія листків берези як метод біоіндикації атмосферного повітря*	214
Робота № 46. Біоіндикація рівня біогенних елементів	215
Робота № 47. Визначення вмісту хлорофілу в листках рослин для біоіндикації доквілля	215

Робота № 48. Визначення забруднення навколишнього середовища пилом за його накопиченням на листових пластинках рослин	220
Робота № 49. Вивчення впливу парів сульфатної та нітратної кислот на листки молодих рослин під скляним ковпаком	222
Робота № 50. Вивчення впливу вихлопних газів автомобілів на листки молодих рослин під скляним ковпаком	224
Робота № 51. Визначення стійкості різних деревних порід до шкідливих газів у лабораторному експерименті з ізольованими листками	224
Робота № 52. Визначення токсичності оксиду сульфуру (VI), ґрунту, води, пестицидів для різних видів рослин методом висічення листків (за руйнуванням хлорофілу)	226
Робота № 53. Біоіндикація стану довкілля за цитогенетичними показниками зачаткових етіологованих листків вегетативних бруньок тополі (<i>Populus l.</i>)	230
Робота № 54. Біотестування токсичності розчинених речовин за їх впливом на ріст відрізків колеоптилів пшениці*	231
Робота № 55. Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом коренів цибулі (<i>Allium cepa L.</i>)* ..	234
Робота № 56. Біоіндикація ґрунтів за допомогою кореневої апікальної меристеми проростків <i>Allium cepa L.</i>	236
Робота № 57. Біотестування загальної токсичності ґрунту або криничної води за ростом крес-салату (<i>Lepidium sativum L.</i>)*	239
Робота № 58. Біоіндикація ґрунтів за цитогенетичними показниками кореневих меристем проростків <i>Pisum sativum L.</i> (за З.П. Паушевою, 1988)	240
Робота № 59. Біомоніторинг атмосферного забруднення за реакцією пилку різних рослин-індикаторів	243
Робота № 60. Біоіндикація стану довкілля за відсотком зрілого насіння стручків робінії звичайної (акації білої) (<i>Robinia pseudoacacia L.</i>)*	246
Робота № 61. Біотестування токсичності летких речовин, води, витяжок ґрунту, пестицидів за проростанням насіння*	246
Робота № 62. Визначення токсичності опадів у зонах забруднення за допомогою насіння або проростків біоіндикаторів*	248

Робота № 63. Біотестування токсичності субстратів за простотками різних рослин-індикаторів*	249
Робота № 64. Крес-салат (<i>Lepidium sativum</i> L.) як тест – об'єкт для оцінки забруднення ґрунтів та повітря*	253
Робота № 65. Визначення стану навколишнього середовища за комплексом ознак (хвої, пагонів, бруньок) у хвойних*	254
Робота № 66. Зміни феноритмів у рослин – інтегральний індикаційний показник. Проведення фенологічних спостережень. Побудова феноспектрів та їх аналіз	257
Робота № 67. Визначення зольності листків, хвої, бруньок і кори деревних рослин як індикаційної ознаки забруднення повітряного середовища важкими металами	264
Робота № 68. Накопичення фенольних сполук в органах квіткових рослин, мохах, лишайниках як прояв захисної реакції на несприятливі фактори середовища	266
5.4. Аутоекологічні дослідження людини	269
Робота № 69. Оцінка рівня генетичного ризику територій за мікроядерним індексом	269
Робота № 70. Субмаксимальні навантаження при степ-тесті та їх оцінка для осіб різного віку, статі, маси*	
Робота № 71. Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я за Г.А. Апанасенко	278
Робота № 72. Оцінка фізичної гармонії організму за тестом “гармонії” К. Купера	280
Робота № 73. Оцінка функції апарту зовнішнього дихання	280
Робота № 74. Оцінка функціональних можливостей центральної нервової системи	283
Робота № 75. Метод визначення жирового прошарку в людей за В. Стерном	284
Робота № 76. Оцінка схильності до різних захворювань	294
Робота № 77. Визначення рівня тривоги особистості за кольоровим тестом Люшера	296
Робота № 78. Визначення нейротизму за опитувальником Г. Айзенка	297
Робота № 77. Визначення рівня особистісної тривожності за опитувальником Дж. Тейлора	302

Робота № 80. Визначення рівня шкільної тривожності (7-11 років)	305
Робота № 81. Визначення рівня короткочасної пам'яті, або як вибрати потрібну інформацію	311
Робота № 82. Визначення рівня оперативної пам'яті	312
Робота № 83. Оцінка рівня вибіркової уваги та стійкості до перешкод за тестом Мюнстерберга	313
Робота № 84. Визначення рівня "образної пам'яті"	313
Робота № 85. Оцінка вміння зосереджуватися	314
Предметний покажчик	319
Покажчик назв біологічних об'єктів	323
Список літератури	326

Р-83 Руденко С. С., Костишин С. С., Морозова Т. В.

Загальна екологія. Практичний курс: Навчальний посібник у 2 ч. Частина 1. **Урбоєкосистеми.** – Чернівці: Книги – XXI, 2008. – 342 с.

ISBN 978-966-2147-38-4

У книзі викладені головні методологічні принципи та підходи до практичного вивчення урбоєкосистем. Запропоновано методики, які дозволять студентам-екологам набути практичних навичок оцінки екологічного стану урбоєкосистем. Стислі теоретичні положення та інтерпретація ключових термінів полегшать самостійне опанування натурних та лабораторних досліджень.

ББК 28.081я73

УДК 574(075.8)

Навчальне видання

**Руденко Світлана Степанівна
Костишин Степан Степанович
Морозова Тетяна Василівна**

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

**Практичний курс
Частина 1
Урбоекосистеми**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*

Підписано до друку 15.07.2008 р.
Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Папір офсетний. Друк офсетний
Умов. друк. арк. 12,31. Обл.-вид. арк. 13,73.
Замовлення № 252

Видавництво "Книги - XXI"
Україна, 58000, м. Чернівці,
вул. Шептицького, 2
Тел./факс: (0372)586021, 586464, 8-050-9183202
e-mail: booksxxi@gmail.com
www.books-xxi.com.ua

*Свідectво про державну реєстрацію
ДК № 1839 від 10.06.2004 р.*

58018, м. Ч



1. (0372) 585-432