

501 (015.3)
P 83

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

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

ПРАКТИЧНИЙ КУРС

ЧАСТИНА 2
ПРИРОДНІ НАЗЕМНІ ЕКОСИСТЕМИ

492167

Чернівці
Книги – XXI
2008

Сумський державний
університет
БІБЛІОТЕКА

48

— (+)

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-530 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 2. **Природні наземні екосистеми.** – Чернівці:
Книги – XXI, 2008. – 308 с.

ISBN 978-966-2147-12-4

Дана книга є другою з циклу „Загальна екологія: практичний курс”. Її особливість – розробка та узагальнення методологічних принципів та методів практичного вивчення природних екосистем. При цьому як об’єкти досліджень розглянуті наземні екосистеми – лісові та лучні. В основу книги покладена комплексна оцінка усіх трьох блоків наземної екосистеми: кліматопу, едафотопу та біоценозу. Детально розглянуті сучасні критерії аналізу структурних компонентів самого біоценозу: фітоценозу, зооценозу та мікробіоценозу.

Книга містить найбільш ефективні сучасні методики, які застосовуються як вітчизняними, так і зарубіжними екологами при дослідженні наземних екосистем. Крім того, авторами запропоновано ряд нових підходів та методів, які були апробовані ними при проведенні практичних занять з курсу „Загальна екологія”.

Для студентів-екологів вищих навчальних закладів.

ББК 28.081я73

ISBN 978-966-2147-12-4

© Книги – XXI, 2008

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

Від авторів

Головним об'єктом досліджень загальної екології є природні екологічні системи. Як і кожна система, екологічна система характеризується певною структурою та функціональними процесами. Інтегральним показником ефективності її функціонування є стійкість. Дана книга обіймає усі зазначені аспекти дослідження відкритих дисипативних систем.

У першому розділі автори розглядають два дуже важливих методологічних аспекта дослідження будь-якого екологічної системи. Йдеться про визначення координат її розміщення та організацію стаціонарних спостережень.

Розділи II-VI присвячені дослідженню структурної організації наземних екосистем. Детально описані методи аналізу кліматичних, едафічних та біотичних їх компонентів. Автори врахували, що за останні 10 років з'явилося нове покоління приладів для визначення екологічних факторів. Поряд з традиційними та доступними методами вимірювання, автори знайомлять читача з сучасними мініатюрними датчиками, які дозволяють проводити дослідження у важкодоступних місцях, запам'ятовувати дані та передавати інформацію на великі відстані. Студенти, які опановують спеціальність «Екологія та охорона навколишнього середовища», принаймні, повинні знати про їх існування та принципи роботи.

Розділ VII обіймає сукупність робіт, які дозволяють оцінити інтенсивність функціональних процесів в екосистемах. Головна увага тут зосереджена на дослідженні колообігів органічної речовини та біогенних елементів. Автори пропонують апробовані ними методи визначення вмісту біогенних елементів у ґрунті, організмах рослин та тварин. Деякі з цих методів є альтернативними і можуть бути вибрані залежно від наявної матеріально-технічної бази (приладів, реактивів). У вітчизняних практичних керівництвах з екології здебільшого відсутні методи оцінки енергетичної цінності матеріалу. Автори врахували цю прогалину і пропонують методики оцінки енергетичної цінності досліджуваного матеріалу за сукупним вмістом жирів, білків та вуглеводів.

Розділ VIII присвячений визначенню найбільш інтегральних показників оцінки стану біоценозів – визначенню їх біомаси і продуктивності. Корисними для користувачів будуть запропоновані тут методи визначення висоти деревних порід та їх об'єму. В нагоді стануть також таблиці, за якими можна визначити об'єм найбільш поширених в помірних широтах порід за їх висотою та діаметром.

Заклучна частина книги містить аналіз стійкості екосистем (розділ IX). При цьому автори спираються як на існуючі способи оцінки, так і пропонують певні власні модифікації визначення показників стійкості як природного середовища, так і біоценозів. Співставлення стійкості природного середовища із стійкістю біоценозів, дасть можливість зробити заключний висновок про характер сукцесійних змін досліджуваної екосистеми і відповісти на питання: чи знаходиться екосистема в стані клімаксу, чи перебуває на певних стадіях сукцесії, і який характер цієї сукцесії: автогенний, тобто зумовлений внутрішніми причинами, чи аллогенний – зумовлений нестійкістю природного середовища.

РОЗДІЛ І

ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

Робота № 1

Визначення точних координат екосистеми за допомогою персонального навігатора GPS-12

Характеристика та принцип роботи приладу. Персональний навігатор GPS-12 використовують для отримання навігаційної інформації (визначення координат, напрямку та швидкості руху дослідника, прокладання маршрутів тощо).

Для введення даних використовується клавіатура персонального навігатора. Функціональне призначення кнопок клавіатури наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Призначення кнопок клавіатури персонального навігатора GPS-12

Символ лампочки	Вмикає і вимикає прилад, активує підсвічення екрану.
PAGE	Листає послідовно головні сторінки меню і повертає зі сторінки підменю на головну сторінку меню.
MARK	Фіксує положення і виводить на екран сторінку маркування положення.
GOTO	Виводить на екран вікно „GOTO” („йти до”), причому точка маршруту для виконання цієї команди підсвічена. Натисніть „GOTO” двічі, щоби активувати функцію MOB („людина за бортом”).
ENTER	Підтверджує введення даних і активізує підсвічення поля, дозволяючи вводити дані.
QUIT	Повертає зображення на попередню сторінку або поновлює попереднє значення поля даних.
▲ ▼	Вибирає буквено-цифрові символи, і переміщує підсвічення з поля на поле.
◀ ▶	Переміщує поле вибраного символу, і переміщує підсвічення з поля на поле.

Перед початком маршруту розгляньте п'ять основних сторінок інформації, які використовуються у GPS-12. Сторінки переключаються натисканням кнопок PAGE (СТОРІНКА) або QUIT (ВИХІД). Функціональне призначення сторінок наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Призначення сторінок персонального навігатора GPS-12

Сторінка супутників	Показує розміщення супутників і силу їх сигналів. Положення супутників ілюструється за допомогою двох кіл та точки в центрі. Зовнішнє коло показує супутники на рівні горизонту, внутрішнє відповідає куту 45° над горизонтом, а точка в центрі позначає супутники, що знаходяться прямо над головою. Знаючи розташування супутників, легко побачити, з якого боку блокується сигнал. Внизу сторінки розташовується ряд колонок сили сигналу, що відповідають кожному супутнику.
Сторінка місцезнаходження	Показує, де ви знаходитесь, в якому напрямку та з якою швидкістю рухаетесь. Також на сторінці показано ваше поточне місцезнаходження в трьох вимірах: ширина, довгота та абсолютна висота. Наявний лічильник пройденої відстані та годинник зі шкалою 12/24 години.
Сторінка карти	Служить вікном, що дозволяє вам бачити ваше розташування, шлях який ви пройшли та найближчі точки маршруту. Ромб у центрі екрану показує ваше місцезнаходження в даний момент часу. При русі з'являється тонка лінія, що показує шлях, який ви щойно пройшли; вона називається журналом шляху. На карті можуть бути показані найменування точок маршруту. У нижніх кутках сторінки завжди будуть індукуватися ваші поточний курс та швидкість. Якщо ви прямуєте до точки маршруту, що підсвічена на екрані, в верхніх кутах буде показано відповідні відстань та азимут. Вгорі вікна розташовані поля масштабування, панорамування та конфігурації.
Сторінка навігації	Допоможе вам визначити напрямок при русі до точки маршруту. Персональний навігатор дозволяє обрати дві сторінки навігації: сторінку шосе і сторінку компаса.
Сторінка меню	Забезпечує доступ до операцій із точками маршруту, маршрутами, журналом запису пройденого шляху та функціями установок GPS-12 через перелік підменю.

Хід роботи

Натисніть кнопку із символом лампочки і утримуйте її протягом 3 секунд, для того щоб увімкнути прилад. На екрані повинно з'явитися не менше 24 супутників (стовпчики чорного кольору). Над стовпчиками висвітлюється розміщення супутників та сила їх сигналів (рис. 1, а). Почекайте поки не з'явиться сторінка місцезнаходження (рис. 1, б). Відмаркуйте місцезнаходження як точку маршруту. Для цього натисніть кнопку MARK. З'явиться сторінка маркування місцезнаходження. Кожній точці можна присвоювати обраний символ, щоби легше її знайти на карті.

Натисніть кнопку PAGE щоб перейти на сторінку карти. Після того, як точка маршруту буде записана в пам'ять, натисніть на клавішу GOTO щоб за допомогою навігатора рухатися до наміченої точки.

Напрямок вашого руху (курс), швидкість пересування, пройдена відстань та висота вказані у верхній половині екрану. Широта і довгота вашого розташування вказані посередині сторінки, а час доби – нижче.

Щоб вимкнути GPS-12 натисніть кнопку із символом лампочки і притримайте її протягом 3 секунд.



Рис. 1, а.
Персональний
навігатор GPS-12



Рис. 1, б. Speed –
швидкість, з якою
рухається спостерігач;
Alt – висота над рівнем
* моря; Time – час; position:
N – широта, E – довгота

Робота № 2

Облаштування майданчика для стаціонарних спостережень за абіотичними факторами

Якщо екологічні дослідження стосуються вивчення змін певної екосистеми протягом тривалого часу, доцільно облаштувати спеціальний майданчик з комплексом стаціонарних вимірювальних приладів.

Хід роботи

Для стаціонарних спостережень за абіотичними факторами необхідно вибрати найбільш репрезентативну ділянку екосистеми і будь-яким способом її огородити. Вимірювальні прилади потрібно розмістити так, щоб, з одного боку, забезпечити вільний доступ до кожного з них, а з другого – максимально ефективно використати увесь підземний та надземний простір обмеженої ділянки. На нашу думку, найбільш раціональні способи облаштування таких майданчиків запропонували Д.Гейнріх та М.Гергт, а також М.А.Голубець. Їх схематичні зображення наведені на рис. 2-4.

Принципи роботи приладів, зазначених на цих схемах, висвітлені у двох наступних розділах.

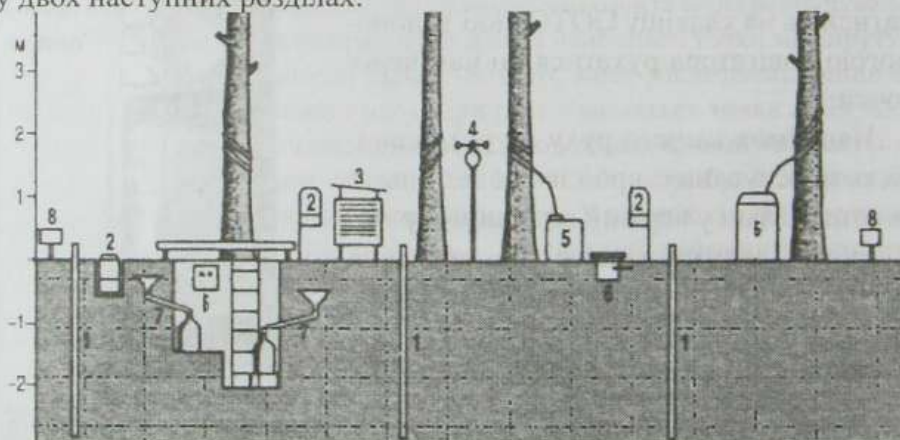


Рис. 2 Вимірювальне поле комплексного аналізу біотопу (вид збоку): 1 – мірна труба для нейтронного зонда, 2 – дощомір, 3 – кліматична будка, 4 – анемометр, 5 – сміть для вловлювання води, що стікає стовбуром, 6 – ґрунтовий термометр, 7 – водозбірник, 8 – пункти взяття проб. (за Д.Гейнріхом та М.Гергтом, 2003)

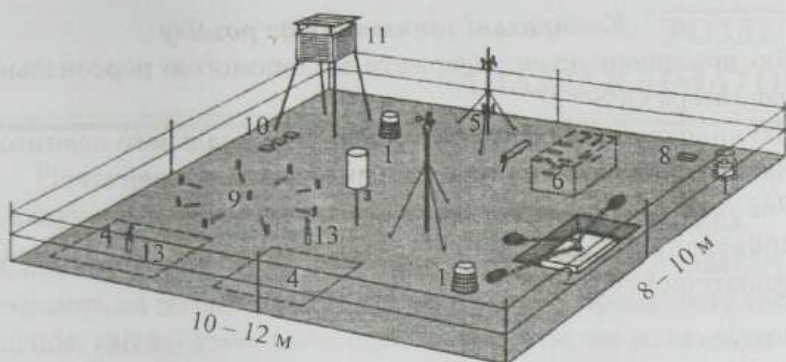


Рис. 3. Вимірювальне поле комплексного аналізу біотопу (вид згори): 1 – прилад для вимірювання випаровування, 2 – збірник фільтраційної води, 3 – дощомір, 4 – вимірювальне поле для проб вологості ґрунту, 5 – штатив з ампулами (вимірювання температури з інвертним цукром), 6 – закопані ампули вимірювання температури з інвертним цукром), 7 – мінімальний термометр надґрунтовий, 8 – лічильник поперемінного заморожування та відтаювання, 9 – тест із целюлозою (активність органічного розкладання у гумусі), 11 – метеобудка, 12 – анемометр, 13 – збірник ґрунтового розчину) (за Д.Гейнріхом та М.Гергтом, 2003)

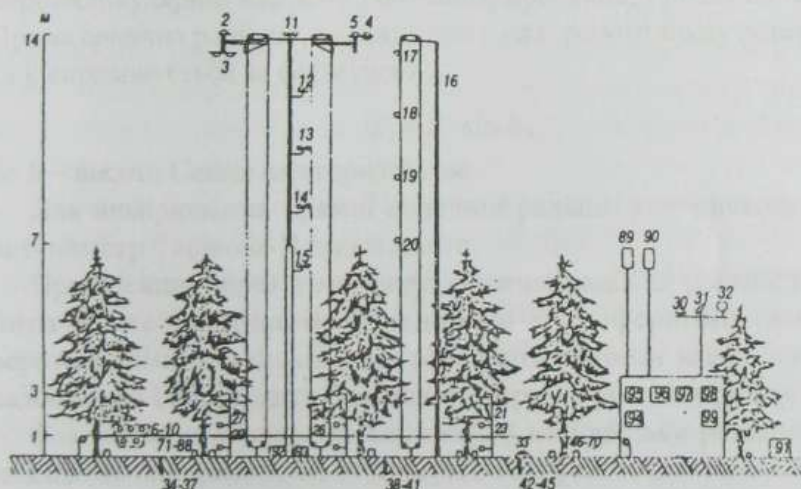


Рис. 4. Схема розміщення актинометричних, градієнтних і термометричних датчиків та приладів для гідрологічних досліджень на ділянці 20-річного лісостану біогеоценозної екосистеми смеречника гілокомієвого вологої мезотрофної букової смеречини (за М.А.Голубцем, 2000)

Контрольні запитання до розділу

1. Які показники можна одержати за допомогою персонального навігатора GPS-12?
2. Які кнопки переключають сторінки персонального навігатора?
3. Які сторінки візуалізуються в персональному навігаторі?
4. Яке устаткування необхідне для облаштування майданчика для проведення стаціонарних спостережень за станом певної екологічної системи?

2.1. Дослідження світла як екологічного фактору

Основним джерелом енергії всіх природних процесів, що протікають на земній кулі є сонячна радіація. Промениста енергія (радіація, світло) являє собою електромагнітні хвилі, що відходять від джерела їх виникнення.

Перш, ніж досягти земної поверхні, сонячна радіація проходить через атмосферу і піддається деяким змінам: частково вона поглинається повітрям і частково розсіюється. Поглинається сонячна радіація в основному парами, аерозолями і меншою мірою вуглекислим газом та озоном.

Радіація, що надходить до земної поверхні безпосередньо від Сонця і навколосонячної зони, радіусом 5° називається *прямою сонячною радіацією*. Пряма радіація вимірюється на поверхні, перпендикулярній напрямку сонячного проміння, і позначається S . Пряма сонячна радіація, що надходить на горизонтальну поверхню (S'), вираховується за формулою:

$$S' = S \cdot \sin h,$$

де h – висота Сонця над горизонтом.

Для вимірювання прямої сонячної радіації використовується актинометр Савінова-Янишевського.

Пройшовши через атмосферу, сонячна радіація розсіюється у оптично неоднорідному середовищі атмосферними газами і аерозольними домішками, які володіють різними коефіцієнтами заломлення і переходить у особливу форму – розсіяну радіацію.

Розсіяною сонячною радіацією (D) називається радіація, що надходить на горизонтальну поверхню від усіх точок небосхилу, за виключенням диску Сонця і навколосонячної зони радіусом 5° , у результаті розсіювання сонячної радіації молекулами атмосферних газів, водяними парами або льодяними кристалами хмар і твердими часточками, зваженими у атмосфері.

Загальний прихід прямої і розсіяної радіації до горизонтальної поверхні землі називають *сумарною радіацією* Q (кал·см⁻² або лєнглі, ккал·м⁻²).

$$Q = S' + D.$$

Сумарна радіація, що дійшла до земної поверхні більшою частиною поглинається у верхньому тонкому шарі ґрунту або води та переходить у тепло, а частково відбивається. Сумарною радіацією визначається *кількість світла*.

Відбиття сонячної радіації земною поверхнею залежить від характеру цієї поверхні. Відношення кількості *відбитої радіації* (R_v) до загальної кількості радіації (Q), яка падає на дану поверхню, називається *альбедо* (A) поверхні. Це співвідношення виражається у долях одиниці або відсотках:

$$A = \frac{R_v}{Q} \cdot 100\%.$$

Піранометр і альбедометр використовують для спостереження сумарної, розсіяної радіації, що проходить до діючої поверхні і відбитої радіації від діючої поверхні.

Довжина хвилі земного випромінювання коливається у межах від 5 до 40 мкм і більше. Земну радіацію частіше називають *власним випромінюванням земної поверхні* (E_z). Атмосферну радіацію, яка надходить до земної поверхні, називають *зустрічним випромінюванням* або *антивипромінюванням* (E_a) атмосфери. Різницю між власне випромінюванням земної поверхні і зустрічним випромінюванням атмосфери називають *ефективним випромінюванням* (E_{ef}):

$$E_{ef} = E_z - E_a.$$

Потрапляючи на Землю, сонячна радіація у більшій мірі перетворюється у тепло. Кількість енергії, яка посилається Сонцем на Землю величезна. Випускання або розповсюдження електромагнітних хвиль називається *випромінюванням*.

Енергією випромінювання або *променистою енергією* називають енергію, що переноситься електромагнітними хвилями.

Одиницею енергії випромінювання W у міжнародній системі одиниць СІ є 1 джоуль ($1 \text{ CI (W)} = 1 \text{ Дж.}$).

Основною кількісною характеристикою поля випромінювання слугує *потік випромінювання* або *променистий потік* Φ_e , який визначається за формулою: $\Phi_e = W/t$, де W – енергія випромінювання за час t . Допустивши, що $W = 1 \text{ Дж}$, $t = 1 \text{ с}$, отримаємо:

$$1 \text{ CI } (\Phi_e) = 1 \text{ Дж/1 сек} = 1 \text{ Вт.}$$

Поверхнева щільність потоку випромінювання (синонімічні назви: *потік радіації*, *енергетична освітленість*, *інтенсивність світла*, *сила світла*) встановлюється за формулою:

$$E_e = \Phi_e / S,$$

де Φ_e – потік випромінювання, який рівномірно падає на поверхню S .

Допустивши, що $\Phi_e = 1 \text{ Вт}$, $S = 1 \text{ м}^2$, знаходимо:

$$1 \text{ CI } (E_e) = 1 \text{ Вт/1 м}^2 = \text{Вт/м}^2.$$

У метеорології під терміном *сонячна радіація* розуміють енергетичну освітленість, яка створюється випромінюванням, що надходять від Сонця, включаючи випромінювання, розсіяне атмосферою та хмарами і відбите землею поверхнею.

Розв'язання багатьох життєво необхідних проблем на Землі пов'язано з точним знанням сонячної радіації. Енергетична освітленість, що створюється сонячним випромінюванням на площадці, розміщеній перпендикулярно до сонячних променів, за межами земної атмосфери при середній віддалі між Землею і Сонцем, називається *сонячною сталою* S_0 . У науковій літературі досить часто використовуються позасистемні одиниці вимірювання, тому енергетична освітленість виражається числом калорій (кал), які отримує за хвилину 1 см^2 перпендикулярно розміщеної поверхні (кал/см²хв). Найбільш ймовірною вважається величина сонячної сталої $1,95 + 0,04 \text{ кал/см}^2\text{хв}$. Відповідно до останніх наукових даних $S_0 = 1367 \text{ Вт/м}^2$.

Не слід плутати одиниці променистої енергії (кал·см⁻² або лєнглї, ккал·м⁻²) з одиницями освітленості (фут-канделою та люксом).

$$1 \text{ фут-кандела} = 1 \text{ люмен} \cdot 1 \text{ фут}^2$$

$$1 \text{ люкс} = 1 \text{ люмен} \cdot \text{м}^{-2} \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ фут-кандела.}$$

Освітленість – ступінь освітлення якої-небудь поверхні.

Освітлення – розподіл світла на площі поверхні.

Люкс – міжнародна одиниця освітленості, яка дорівнює рівномірній освітленості одного м² площі 1 люменом світлового потоку (лк).

Перехід від несистемних одиниць вимірювання енергетичної освітленості до системи СІ проводиться так:

$$\begin{aligned} 1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв} &= 4,185 \text{ Дж } (0,01)^{-2} \text{ м}^{-2} 60^{-1} = \\ &= 4,185 \cdot 10000 / 60 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} = 697,5 \text{ Вт/м}^2. \end{aligned}$$

Розподіл променистої енергії – за довжинами хвиль називається **спектром**.

Довжина хвилі радіації вимірюється з великою точністю. Оптичне випромінювання має довжину хвилі від сотень мікрометрів до тисячних часток мікрометра (мкм), (1 мкм = 10⁻⁶ м). Частина спектру, що відповідає довжині хвилі менше 0,40 мкм, називається **ультрафіолетовою**. Проміжок спектру променистої енергії від 0,40 до 0,76 мкм займає видима частина спектру. Хвилі довжиною від 0,40 до 0,46 мкм відповідають фіолетовому кольору, від 0,46 до 0,49 мкм – синьому, від 0,49 до 0,50 мкм – блакитному і т.д. Довжина хвилі більше 0,76 мкм відноситься до так званої інфрачервоної частини спектру. Інфрачервоні промені, як і ультрафіолетові не сприймаються оком – вони невидимі. Спектр сонячної енергії на верхній межі атмосфери знаходиться між довжинами хвиль від 0,20 до 5,0 мкм. Близько 47 % радіації приходить на видиму частину спектра, 44 % – на інфрачервону частину спектра і 9 % – на ультрафіолетову. Пройшовши через атмосферу, сонячна радіація змінюється як за інтенсивністю, так і за спектральним складом.

Робота № 3

Вимірювання сумарної та розсіяної радіації за допомогою термоелектричного піранометра Янишевського

Термоелектричний піранометр Янишевського призначений для вимірювання сумарної і розсіяної радіації, яка надходить як від небосхилу, так і від предметів розміщених на поверхні землі. Якщо

приймач радіації цього приладу повернути у бік підстилаючої поверхні, то він буде фіксувати відбиту радіацію. У сучасних піранометрів (рис. 5) приймачем слугує квадратна термобатарея (1), зафарбована у чорно-білі поля у вигляді шахової дошки. В піранометрах використовується батарея послідовно з'єднаних термоелементів, які складаються із манганіту і константану. Поверхня термобатареї покрита чорною фарбою (сажею) і білою (магnezією) так, щоб парні спаї були пофарбовані одним кольором, а непарні – іншим. Використання цього покриття пов'язано з однаковою поглинальною здатністю сажі і магnezії у довгохвильовій частині спектру.

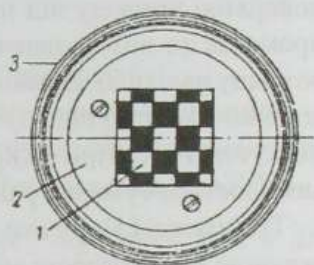


Рис. 5, а. Приймач піранометра:

- 1 - термобатарея,
2 - диск, 3 - гвинтова нарізка

В області коротких хвиль сажа поглинає інтенсивніше ніж магnezія і за рахунок саме цієї частини спектру виникає різниця температур між спаями. Термобатарея піранометра (1) прикріплена через ізолюючий шар до корпусу приладу. Від крайніх термоелементів термобатареї відходять виводи до клем на нижньому боці корпусу (на рисунку їх не видно). Вся термобатарея, розфарбована у шаховому порядку, кріпиться у квадратному диску (2), який має по своїй утворюючій гвинтову нарізку (3), на яку накручується скляний ковпачок.

Скляна напівсфера необхідна не лише у якості захисту термобатареї від механічних пошкоджень, але, й перш за все, для того, щоб уникнути впливу вітру.

Вся термобатарея з диском і скляною напівсферою накручується на стійку (4) з триніжкою (5), за допомогою якої приймач приладу можна горизонтувати (рис. 5). На цій же триніжці кріпиться шаровий рівень для відслідковування горизонтальності установки приладу (на рисунку 2 не показано).

До стійки (4) приєднується короткий металевий стержень (6), до якого за допомогою гвинта (7) кріпиться легка дюралева трубка (8) з тінювим екраном (9), який дозволяє затінити приймаючу

поверхню приладу від прямих сонячних променів та вимірювати водночас лише розсіяну радіацію. Довжина стержня така, що диск екрану з центру приймача видно під кутом 10°C . При відкритому приймачі вимірюється сумарна радіація.

Триніжка (5) разом з приймачем і скляною напівсферою може повертатися на 180°C , що дозволяє направляти прилад у бік землі і вимірювати відбиту короткохвильову радіацію (довгохвильову частину випромінювання скляна сфера не пропускає). Для захисту скляної напівсфери головка приладу оснащена кришкою.

Робота №4

Вимірювання сонячної радіації за допомогою піранометра Калітіна

Піранометр Калітіна (рис. 6) зручний тим, що дозволяє визначати як сумарну радіацію (особливо важливу для життя біоти), так і розсіяну (при затіненні). Приймаюча частина цього приладу складається з чорних і білих мідних присосок. Під дією радіації смуги нагріваються нерівномірно і між ними виникає струм, що реєструється гальванометром.

Піранометр поміщено у скляну оболонку, наповнену азотом і герметично запаяну. Прилад градується за тим чи іншим абсолютним піранометром (наприклад компенсаційним піранометром Онгстрема), а далі інтенсивність радіації вимірюється за графіком або за допомогою перевідного коефіцієнта в грам-калоріях/см² за хв.

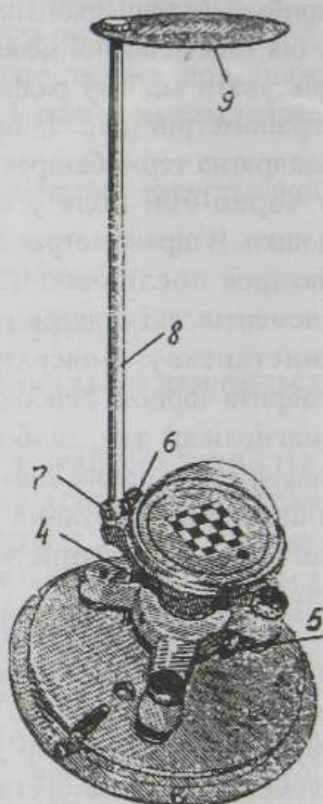


Рис. 5, 6. Піранометр Яншиєвського (зовнішній вигляд)

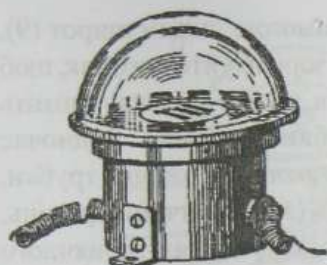


Рис. 6. Піранометр
Калітіна

Робота №5

Вимірювання прямої сонячної радіації за допомогою актинометра Савінова-Янишевського АТ-50

Актинометр призначений для вимірювання прямої сонячної радіації і може слугувати контрольним приладом.

В якості приймача радіації слугує тонкий диск (1) із срібної фольги, товщиною 20 мкм і діаметром 11 мм (рис. 7). Зовнішній бік (повернений до сонця) зафарбований спеціальним лаковим покриттям, а до нього через кальку приклеєні 36 непарних спаїв термобатареї (2).

Зовнішні парні спаї (3) прикріплені до порівняно масивного мідного кільця (4). Термобатарея з мідним кільцем поміщена у трубку (7), довжиною 116 мм, яка має на зовнішньому кінці діафрагму діаметром 20 мм, яка слугує приймаючим отвором.

Всередині трубки є ще низхідний за діаметром ряд діафрагм, найменша з яких знаходиться поруч з термо-батареєю і має діаметр 10 мм.

Ряд цих діафрагм утворює тілесний кут, відносно диску Сонця та навколосонячного простору. Проводи (12) від термо-батареї через клему приєднані до гальванометра.

Показники гальванометра пропорційні силі термотоку, а отже, і енергетичній освітленості прямої сонячної радіації.

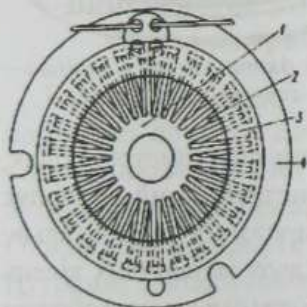


Рис. 7. Термобатарея
актинометра

Хід роботи

Корпус актинометра (рис. 8) встановить на стійці (10) і основі (11), на якій нанесена стрілка за допомогою якої можна орієнтувати прилад строго на північ.

Вісь (8) встановить по осі світла за допомогою шкали широт (9). Для проведення досліджень актинометром зорієнтуйте його так, щоб термобатарея була націлена на Сонце, для чого з приладу зніміть кришку (1) і направте вхідний отвір трубки на Сонце. Водночас маніпулюючи гвинтами (3) і (6) добийтеся такого положення трубки, щоб утворилася концентрична тінь на екрані (5), а сонячний промінь, пройшовши крізь отвір (13) на оправі діафрагми у вигляді „сонячного зайчика”, потрапив на чорну точку, нанесену на екрані. Лише в такому разі чутливий елемент приладу (термобатарея) буде направлений перпендикулярно сонячним променям.

Робота № 6

Вимірювання кількості відбитого світла

Портативний альбедометр (рис. 9) дозволяє зменшити затрати по перенесенню піранометру при маршрутних дослідженнях. Для цього приладу не потрібне горизонтування, оскільки він має пристрій, що автоматично виводить приймаючу поверхню приладу в строго горизонтальне положення.

Головка альбедометра подібна до головки піранометра, однак, накручена вже на карданний підвіс – пристрій, який дозволяє автоматично виводити приймаючу поверхню приладу в горизонтальне положення. Карданний підвіс складається з двох металічних кілець (1) та (2). Внутрішнє кільце (1) через напівосі (5) та (6) володіє свободою обертання всередині зовнішнього кільця (2). В свою чергу порожня трубка (7), на якій закріплена головка піранометра (8), володіє свободою обертання на напівосі (3) та (4), зміщених відносно напівосей (5) та (6) на 90 градусів. Отже, альбедометр має подвійну ступінь свободи обертання, що призводить до його автоматичного горизонтування під дією сили тяжіння. Головка альбедометра (8) накручується на трубку (7), яка по пазах може ковзати догори і донизу всередині кільця (1).

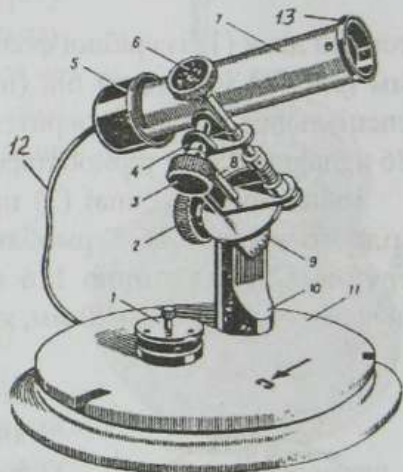


Рис. 8. Актинометр Савінова-Янишевського

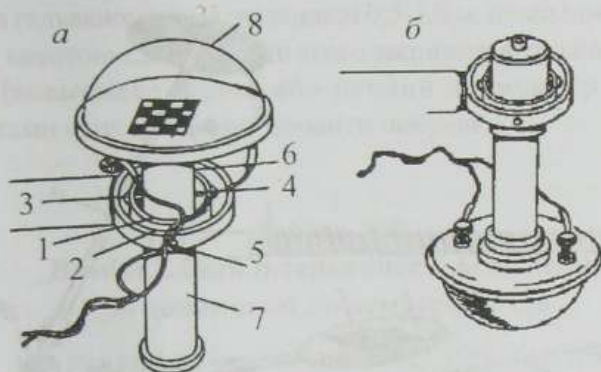


Рис. 9. Альбедометр портативний: а-положення догори; б-положення донизу

Всередині самої трубки вільно переміщається циліндричний вантаж-противага, який забезпечує надійну горизонтировку приймаючої поверхні. Спостереження на портативному альбедометрі проводяться аналогічно, як і на піранометрі.

Робота №7

Вимірювання різниці випромінювання за допомогою термоелектричного балансоміра Янишевського

Балансомір служить для визначення різниці випромінювання, яке приходить на діючу поверхню у вигляді сумарної радіації і власне випромінювання цієї поверхні. На відміну від вищезгаданих актинометричних приладів, у балансоміра є дві приймаючі поверхні. Одна з них повернута до небосхилу, сприймає сумарну радіацію (Q) разом з випромінюванням атмосфери (E_a). Приймач, повернений у бік діючої поверхні, сприймає відбиту короткохвильову радіацію (R_k), земне випромінювання (E_z) і частину відбитої радіації R_d , яка надійшла від атмосфери та оточуючих предметів. Отже, радіаційний баланс B вираховують за формулою:

$$B = (Q + E_a) - (E_z + R_k + R_d).$$

Балансомір являє собою круглу пластину (1) з квадратним вирізом у центральній частині 48x48 мм, у якій поміщено приймач

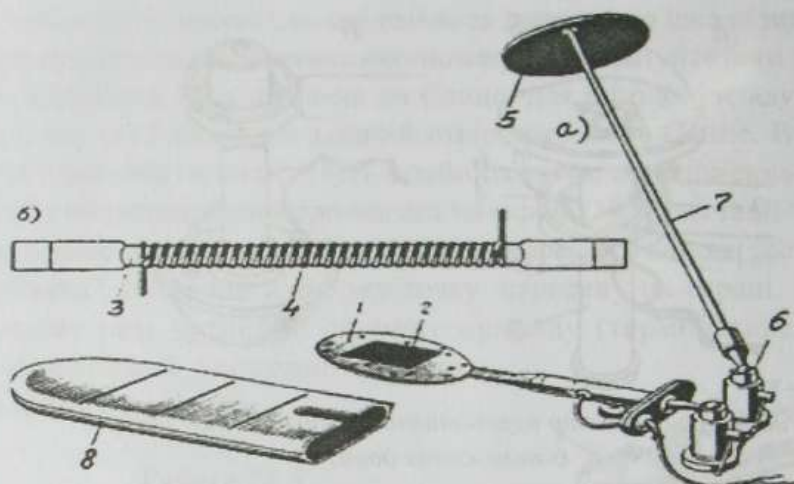


Рис. 10. Балансомір термоелектричний:
а – зовнішній вигляд; б – окрема термобатарея

радіації. Приймаючою поверхнею приладу слугують дві однакові пластинки із тонкої мідної фольги, що покривають верхній і нижній приймач. Зовнішні поверхні цих пластин полаковані спеціальним чорним лаком, поглинаюча здатність якого близька до поглинаючої здатності абсолютно чорного тіла. До внутрішнього боку пластин приклеєні 10 термоелектричних батарей, кожна з яких являє собою мідний брусочок (3), обвитий тонкою металевою смужкою (4) з константану (рис. 10). Половинки кожного витка посріблені, і місце закінчення срібного шару служить термоспаєм, а кожен брусочок термобатаресею, які послідовно з'єднані між собою. На кожному брусочку намотано 50 витків, таким чином у приладі знаходиться 500 термоспаїв.

Парні спаї батарей відчують тепловий вплив однієї пластинки, непарні – іншої. Різниця температур пластинок пропорційна різниці потоків радіації, яка надходить і відбивається. Для затінення приладу від прямої радіації слугує екран (5), закріплений шарніром (6) через легку трубку (7). У неробочому стані прилад закривається захисним чохлом (8).

Показники приладу дуже сильно залежать від швидкості вітру, оскільки приймаючі поверхні його незахищені. Тому поруч із

стійкою з гальванометром, на віддалі 0,5-1,0 м, необхідно встановити жердину висотою 2,3 м, на кінці якого закріпити вітровимірний прилад (анемометр Фусса або ручний анемометр АРІ-49), за показниками яких необхідно вводити поправки.

Робота №8

Вимірювання інтенсивності освітлення за допомогою люксметра Ю116

Для визначення інтенсивності освітлення поверхні використовується люксметр, принцип дії якого базується на фізичних властивостях фотоелементу. Залежно від інтенсивності освітлення стрілка люксметра показує різні величини, що і буде характеризувати інтенсивність освітлення у люксах (лк).

Люксметр складається з вимірювача й окремого фотоелемента з насадками. На передній панелі вимірювача знаходяться кнопки перемикача і табличка з діапазонами вимірювання.

Прилад магнітоелектричної системи має дві шкали діапазоном "0-100" та "0-30". На кожній шкалі крапками позначено початок діапазону вимірювань: на шкалі "0-100" крапка знаходиться над позначкою "20", а на шкалі "0-30" над позначкою "5".

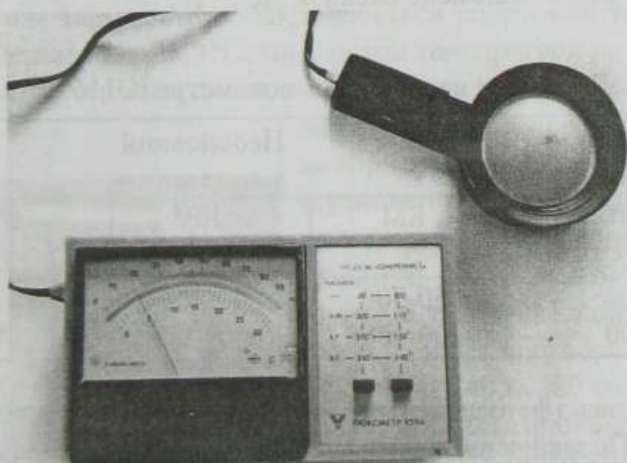


Рис. 11. Люксметр Ю116

Хід роботи

Перевірте чи знаходиться стрілка приладу на нульовій позначці шкали. Для цього відокремте фотоелемент від вимірювача. У випадку необхідності за допомогою коректора встановіть стрілку приладу на нульову позначку шкали. Напроти натиснутої кнопки визначте вибране за допомогою насадок найбільше значення діапазонів вимірів. При натиснутій правій кнопці, найбільші значення діапазонів вимірів кратні 10. Для відліку використовуйте шкалу показників “0-100”. При натиснутій лівій кнопці, напроти якої нанесені найбільші значення діапазонів вимірів кратні 30, – шкалою “0-30”. Показники приладу в поділках за відповідною шкалою перемножте на коефіцієнт ослаблення, який залежить від насадок.

Наприклад, на фотоелементі встановлені насадки КР, натиснута ліва кнопка, стрілка показує 10 поділок за шкалою “0-30”. Вимірювана освітленість дорівнює $10 \cdot 100 = 1000 \text{ lx}$.

Для одержання правильних показників люксметра оберігайте селеновий фотоелемент від надлишкової освітленості, що не відповідає вибраним насадкам. Якщо величина освітлення, яке вимірюється, невідома, необхідно починати вимірювання з установки на фотоелемент насадок “К”, “Т”.

Таблиця 3

Діапазони вимірювань люксметра Ю116, lx

Основний без насадок, з відкритим фотоелементом	Неосновний з насадками		
	КМ	КР	КТ
5-30	50-300	500-3000	5000-30000
20-100	200-1000	2000-10000	20000-100000

Поводитись з фотоелементом і насадками необхідно як з оптичним приладом. По закінченні роботи від'єднайте фотоелемент від вимірювача люксметра; одягніть на фотоелемент насадку “Т”; покладіть прилад у футляр.

Робота № 9

Вимірювання сонячної радіації за допомогою сучасних датчиків

Альтернативними способами вимірювання випромінювань можуть бути сучасні датчики. Їх характеристика та діапазон роботи наведено у таблиці 4.

2.2. Дослідження температури як екологічного фактору

Всі прилади для вимірювання температури повітря необхідно встановлювати в термометричній (метеорологічній) будці (рис.12), яка захищає від сонячної радіації, опадів, теплового випромінювання Землі, оточуючих предметів.


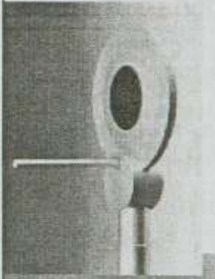
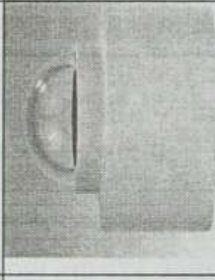

Конструкція будки забезпечує вільний повітрообмін. Будка встановлюється на металевій підставці висотою 175 см, що дозволяє поміщати резервуар термометрів на висоті 200 см. Термометри встановлюються у будці на металевому штативі. Строковий термометр закріплюється вертикально, максимальний – майже горизонтально з невеликим нахилом (5°) у бік резервуара, мінімальний – строго горизонтально. Два останніх термометри розміщуються резервуарами на схід. При температурі повітря нижче -20°C поруч з строковим термометром закріплюється спиртовий термометр. Ртуть замерзає при $-38,9^{\circ}\text{C}$, тому відлік температури нижче -36°C за ртутними термометрами не проводять. Для дистанційного

вимірювання температури повітря використовують електричні термометри опору. Вимірювання температури ґрунту включає: вимірювання на оголеній поверхні ґрунту, а також на глибинах 5, 10, 15 та 20 см (у теплу пору року) і 20, 40, 80, 160, 240 та 320 см (протягом року). Для вимірювання температури повітряного, ґрунтового, водного середовища використовуються переважно рідинні (ртуть,



Рис. 12. Термометрична будка з термометром та гігрометром

Технічні дані датчиків Kipp & Zonen

	1	2	3	4
Вигляд				
Назва датчика	SP LITE піранометр – датчик видимого випромінювання	NR LITE балансомір – диференційний датчик	CM3 піранометр – датчик видимого випромінювання	PAR LITE – датчик видимого випромінювання
Діапазон вимірювання радіації	Вимірювання радіації у видимій частині	Вимірювання балансу (різниця) між падаючою та відбитою сонячною радіацією	Вимірювання сили сонячного випромінювання у видимій області	Вимірювання PAR
Особливості конструкції	Побудований із високого класу кремнієвого фотодіоду, поміщеного у алюмінієвий корпус, закритий зверху конічним самоточним віконцем (відповідно розсіяне випромінювання)	Побудований із високого класу термобатареї, поміщеної у алюмінієвий корпус, закритий конічними самоочисними віконцями, зробленими з тефлону, покритого чорною адсорбуючою поверхнею.	Датчик CM3 має 64 термоелементи поміщені під куполом з 4-х мм скла Schott K5.	Спеціальний світлофільтр, що пропускає область спектра між 400 та 700 нм. Використано напівпровідниковий елемент (фотодіод) вихідна напруга, якого пропорційна падаючій енергії.

	1	2	3	4
Чутливість	100 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$		10...35 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$	4...6 $\mu\text{V}/\text{nmol}/\text{m}^2\text{s}$ (номінально)
Область спектру	0,4...1,1 μm	0...100 μm	305...2800 nm (>50% енергії)	400+/-15...700+/-15 nm
Діапазон температури роботи	-30...+70 $^{\circ}\text{C}$	-39...+70 $^{\circ}\text{C}$	-40...+80 $^{\circ}\text{C}$	-30...+70 $^{\circ}\text{C}$
Час відгуку	<1сек	20сек	18 сек	<0,1сек
Температурна залежність	$\pm 0,15\% / ^{\circ}\text{C}$		6% (-10...+40 $^{\circ}\text{C}$)	<+/- 0,1%/ $^{\circ}\text{C}$
Помилка	<10% (в межах 0...+80 $^{\circ}\text{C}$)	30 W/m^2 (в межах 0...60 $^{\circ}\text{C}$, 1000 W/m^2) $\pm 10..20\%$	< $\pm 25\text{W}/\text{m}^2$ для 1000W/m ²	<10% (до 80)
Точність вимірювання				

спирт) термометри, деформаційні (біметал у термографах). Принцип дії термометра базується на властивості речовини змінювати об'єм залежно від температури.

Для вимірювання температури вище -35°C використовуються ртутні термометри (температура замерзання ртуті -38°C), а нижче -35°C – спиртові. Основним термометром для вимірювання температури повітря є ртутний психрометричний зі шкалами -35° – $+40^{\circ}\text{C}$, або -35° – $+55^{\circ}\text{C}$, ціна поділки $0,2^{\circ}\text{C}$.

Як додатковий до ртутного термометра служить спиртовий з ціною поділки $0,2^{\circ}\text{C}$ і шкалою від -71° – $+21^{\circ}\text{C}$ або від -81° – $+11^{\circ}\text{C}$. Використовувати спиртові термометри при температурі вище $+25^{\circ}\text{C}$ не рекомендується, оскільки спирт частково переходить у пароподібний стан. Для вимірювання температури ґрунту використовують термометр-щуп, що дозволяє робити заміри температури на різній глибині від поверхні. Одиниці виміру – градуси по Цельсію ($^{\circ}\text{C}$)

Перш ніж почати вимірювати температуру ґрунту або повітря необхідно добре вивчити правила відліку і ведення спостережень за допомогою термометрів. Під час відліку необхідно правильно оцінювати положення кінця стовпчика рідини (ртуті або спирту) в капілярі відносно шкали.

У ртутних термометрах (меніск випуклий) відлік ведуть на шкалі положення уявної дотичної до випуклої частини меніска. У спиртових (меніск увігнутий) відлічують положення уявної дотичної до увігнутої частини меніска.

Температуру виміряйте з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$ не залежно від того, які поділки нанесені на шкалі. Відлік почніть з десятих часток, а потім визначте цілі градуси. Для цього зверніть увагу на ціну поділки шкали термометрів (для психрометричного $0,2^{\circ}\text{C}$, мінімального, максимального, щупа і витяжного – $0,5^{\circ}\text{C}$). До отриманих результатів додайте поправки згідно з даними свідоцтва термометра (сертифіката).

При відліку не можна знімати термометри з місця!

Робота №10

Вимірювання температури повітря строкковим термометром

Строкковий термометр (рис. 13) призначений для визначення температури повітря в момент спостереження і складається з резервуара з ртуттю (1), до якого припаяна капілярна трубка (2), вільний кінець її запаяний.

Ртуть заповнює не тільки резервуар, а також частину капілярної трубки. У вільній частині капіляра повітря немає. Поряд із капілярною трубкою укріплена шкала (3) із молочного скла, на яку нанесені поділки.

Це звичайний ртутний термометр з циліндричним резервуаром і молочного кольору шкалою, ціна поділки якої становить $0,5^{\circ}\text{C}$. Межі шкали: верхня від $+50$ до $+60^{\circ}\text{C}$, нижня – відповідно від -25 до -35°C .

Шкала і капіляр вміщені в захисну скляну трубку. Циліндрична форма забезпечує найбільшу площу контакту і тим самим збільшує надійність показань термометрів. Показники цього термометра знімаються у певні строки з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$.

Хід роботи

Проведіть вимірювання температури повітря через кожні дві години. Результати занесіть до таблиці 5.

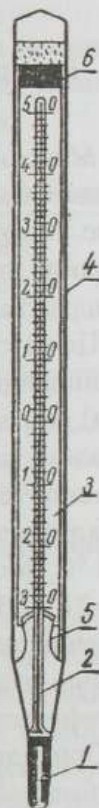


Рис. 13.
Строкковий
термометр

Таблиця 5

№ п/п	Година відліку	Показники термометра

Число, місяць _____ Підпис _____

Робота №11

Вимірювання температури повітря максимальним та мінімальним термометрами

Максимальний термометр використовують для вимірювання максимальної температури за проміжок часу між спостереженням (рис. 14). У максимального термометра в дно резервуара (1) упаяний скляний штифт (2), кінець якого входить у початок капіляра (3), де утворюється звуження.

Це ртутний термометр з циліндричним (інколи кулястим) резервуаром і вставною шкалою, на якій поділки нанесено через $0,5^{\circ}\text{C}$. Межі шкали: верхня від $+51^{\circ}\text{C}$ до $+71^{\circ}\text{C}$, нижня – відповідно від -21°C до -31°C . Максимальне

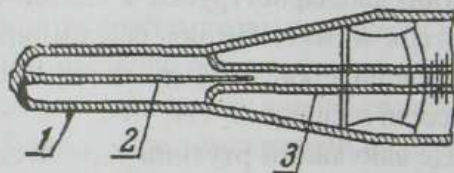


Рис. 14. Максимальний термометр

значення температури термометр зберігає завдяки тому, що в нижній частині капіляра за допомогою впаяного резервуара скляного стержня (штифта) створено кільцеподібне звуження.

При підвищенні температури ртуть у резервуарі розширюється і піднімається по капіляру, оскільки сили розширення ртуті більші, ніж сили тертя у місці звуження. Коли температура знижується, ртуть стискається (зменшується у об'ємі), але вона не може знову повернутися в резервуар через те, що сили молекулярного зчеплення значно менші, ніж сили тертя у місці звуження. Це приводить до розриву ртуті у місці звуження капіляра, і стовпчик її, який був у капілярі до початку зниження температури, залишиться на місці, показуючи найвищу температуру, яка спостерігалася з моменту попереднього строку спостереження.

Знявши показники максимального термометра з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$, його необхідно підготувати до наступного відліку. Для цього термометр візьміть у руку і, тримаючи резервуаром униз, кілька разів струсіть, щоб перегнати ртуть з капіляра у резервуар. Після струшування показники максимального термометра повинні бути близькими до показань строкового.

Хід роботи

Встановіть максимальний термометр з невеликим нахилом резервуару донизу. Проведіть вимірювання температури повітря через кожні дві години. Результати занесіть до таблиці 6.

Таблиця 6

№ п/п	Година відліку	Поправка	Показники термометра

Число, місяць _____ Підпис _____

Мінімальний термометр (рис. 15). Цей термометр спиртовий з вставною шкалою, яка має поділки через $0,5^{\circ}\text{C}$.

Межі шкали: верхня від $+21$ до $+30^{\circ}\text{C}$, нижня – відповідно від -41 до -75°C . У середині капіляра (у спирті) є штифтик, виготовлений з темного скла, який має вигляд невеликої витягнутої котушки.

При зниженні температури стовпчик спирту у капілярі зменшиться і разом з штифтиком почне переміщатися у бік резервуара. Якщо температура залишиться незмінною або почне підвищуватися, рух штифтика припиняється.

Хід роботи

Встановіть мінімальний термометр горизонтально, так, щоб штифт доторкався поверхні спирту. Відрахуйте положення відносно шкали більш віддаленого від резервуара кінця штифтика.

Після зняття показників термометр необхідно підготувати до наступних спостережень. Для цього штифтик підведіть до меніска спирту, піднявши термометр резервуаром догори. Як тільки штифтик дійде до меніска спирту і зупиниться, термометр встановіть горизонтально на поверхні ґрунту.

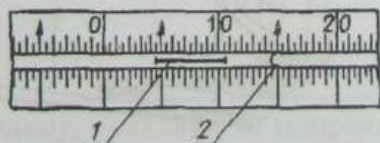


Рис. 15. Мінімальний термометр

Для перевірки роботи термометра при знятті показників мінімального термометра слід зробити відлік по штифтику (показує мінімальну температуру) і меніску спирту (показує температуру в момент спостереження).

Проведіть вимірювання температури повітря через кожні дві години. Внесіть поправки в знайдені відліки і складіть таблицю 7 кінцевих результатів на основі перевірочних свідоцтв.

Таблиця 7

№ п/п	Година відліку	Поправка	Показники термометра

Число, місяць _____ Підпис _____

Робота № 12 Вимірювання температури повітря за допомогою термографа

Для неперервного запису температури повітря використовується термограф (рис. 16). Його приймачем служить біметалева пластинка (1), кривизна якої змінюється залежно від температури. Зміни кривизни пластинки передаються на стрілку з пером (6), яке

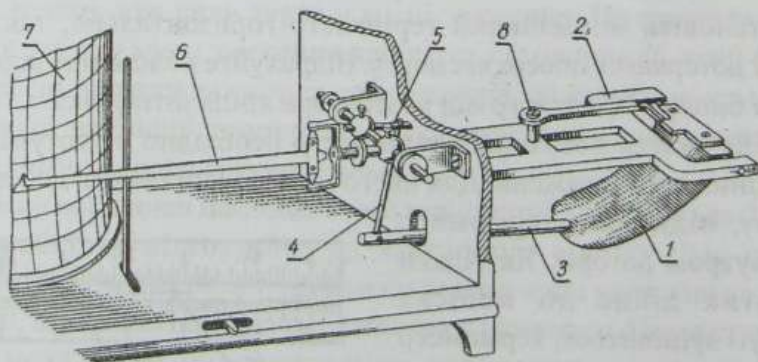


Рис. 16. Термограф

креслить лінію ходу температури на паперовій стрічці, одягнутій на барабан (7), що обертається годинниковим механізмом. Термограф, барабан якого робить один оберт у добу, називається добовим. Існують також недільні термографи.

Для обробки записів термографа потрібно порівнювати його значення із значеннями термометра. Спостерігач в терміни метеорологічного спостереження відраховує покази термінового термометра і термографа, записує ці покази в журнал і на стрічці термографа робить відмітку часу. Одночасно відліки термометра й термографа дають можливість визначити поправки до записів термографа і скласти таблицю поправок.

Припускаючи, що поправка термографа протягом його роботи вимірювалась рівномірно, можна розрахувати поправку для кожної години. Для цього потрібно проінтерполювати величину поправок між двома мітками. Наприклад, поправка в 1 годину була $-0,3^{\circ}\text{C}$, в 7 годин стала $+0,3^{\circ}\text{C}$ (табл. 8). За 6 годин роботи поправка змінилась на $0,6^{\circ}$ (від $-0,3$ до $+0,3$), за 1 годину – на $0,1^{\circ}\text{C}$. Знаючи зміну поправки за 1 годину, можна розрахувати значення поправки для кожної години. В нашому прикладі виходять наступні величини:

Години	1	2	3	4	5	6	7
Поправка, $^{\circ}\text{C}$	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	+0,1	+0,2	+0,3

Таблиця 8

Таблиця поправок

Місяць _____ рік _____ термограф № _____

Число	1 год.			7 год.			і т.д.
	термо-метр	термо-граф	поправ-ка	термо-метр	термо-граф	поправ-ка	
1	4,5	4,8	-0,3	4,8	4,5	+0,3	
2	5,7	5,3	+0,4				
3	6,1	6,1	0,0				
і.т.д.							

Дані термографа за кожну годину, враховуючи поправки, запишіть в таблицю 9.

Місяць _____ рік _____

Число	Години					Сума	Середнє	Максимум	Мінімум
	0	1	2	і т. д.	24				
1									
2									
3									
і т. д.									
Сума									
Середнє									

Далі проведіть підрахунок кожної групи чисел по вертикалі і по горизонталі; результати запишіть олівцем. При підрахунку по горизонталі складіть температуру для годин від 1 до 23 і до суми додайте півсуму чисел за 0 годин і 24 години. Розділивши суму вертикальних чисел на число днів місяця, а суму горизонтальних чисел на 24, отримаємо добовий хід температури для даного місяця, а також середні добові години.

2.3. Дослідження вологості як екологічного фактору

Під вологістю повітря розуміють наявність водяної пари у повітрі. Повітря, що містить водяну пару, називають вологим, а те, що не містить – сухим. Основними характеристиками вологості повітря є:

Абсолютна вологість повітря α – кількість водяної пари у грамах, що знаходиться в 1 м^3 повітря (г/м^3):

$$A = \frac{1,06 \cdot e}{1 + \alpha \cdot t},$$

де e – насиченість водяної пари у мм рт. ст.;

$$\alpha = \frac{81 \cdot e}{1 + \alpha \cdot t},$$

де e – насиченість водяної пари у Паскалях (Па);
 t – покази сухого термометра в $^{\circ}\text{C}$; α – коефіцієнт розширення газу (1/273).

Насиченість водяної пари (e) (парціальний тиск) – тиск, який матиме водяна пара, котра знаходиться у газовій суміші, якщо б вона займала об'єм, котрий дорівнює об'єму суміші при тій же температурі:

$$e = E - A(t_c - t_{\text{зм}}) \cdot P_a.$$

E – максимальна насиченість водяної пари, яка відповідає температурі змоченого термометра;

$A = 6,62 \times 10^{-4} \text{K}^{-1}$ (K – психрометричний коефіцієнт);

t_c – температура сухого термометра;

$t_{\text{зм}}$ – температура змоченого термометра;

P_a – атмосферний тиск (в мм рт. ст. або Па).

Максимальна насиченість водяної пари (E) – граничне значення тиску, яке відповідає рівновазі між парою і водою, тобто насиченому стану пари (мм рт. ст., або Па).

Відносна вологість повітря (f) – відношення насиченої водяної пари (e) до максимальної насиченості (E) при даній температурі:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100 \%$$

Дефіцит вологості (d) – різниця між максимальною насиченістю E і фактичною насиченістю e при даній температурі:

$$d = E - e.$$

Для вимірювання вологості повітря психрометричним методом користуються станційним і аспіраційним психрометрами, а гігрометричним – гігрометрами. Для неперервної реєстрації вологості повітря застосовуються гігрографи.

Робота № 13

Визначення вологості повітря за допомогою психрометра Августа

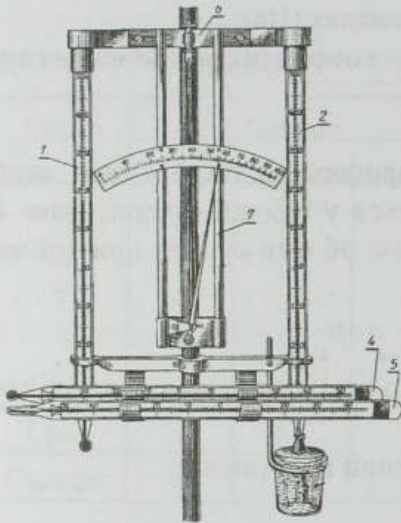


Рис. 17. Психрометр Августа

Принцип роботи психрометрів побудований на залежності різниці температур сухого і змоченого термометрів від вологості навколишнього повітря. Психрометр складається з двох однакових ртутних термометрів, закріплених у спеціальній оправі й аспіраційній головці. Резервуар одного з термометрів обмотаний батистом, саме цей термометр є змоченим.

Оправа – це трубка, що роздвоюється донизу, та захисні планки. До нижньої роздвоєної частини трубки за допомогою пластмасових втулок закріплені два патрубки, які є радіаційним захистом резервуарів термометрів.

Психрометр Августа (рис. 17) складається з двох однакових психрометричних термометрів, розміщених поруч на штативі в психрометричній будці. Лівий термометр (1) прийнято називати сухим, правий (2) – змоченим. Резервуар змоченого термометра щільно обгорнутий батистом, нижній кінець якого поміщений в стаканчик з дистильованою водою. Верхній край стаканчика встановлюється на відстані 2-3 см від резервуара термометра.

Батист на термометрі повинен бути добре змочений водою до кільцевого обідка (верхня частина резервуара).

Психрометр використовується при температурах повітря нижче -10°C . При температурі нижче 0°C батист обрізують на 2-3 мм нижче резервуара термометра. Змочують батист за 30 хвилин до зняття показників водою кімнатної температури, стаканчик забирають після того, як температура змоченого стаканчика термометра підвищиться на $2-3^{\circ}\text{C}$ вище 0°C ; це значить, що лід на батисті розтопився.

Розрахунки величин вологості повітря проводяться за показниками сухого і змоченого термометрів. З поверхні резервуара

змоченого термометра відбувається випаровування, яке залежить від вологості навколишнього повітря. Чим сухіше повітря, тим інтенсивніше випаровування і тим нижчі показники сухого і змоченого термометра.

Для визначення вологості за показами сухого і змоченого термометрів використовують психрометричні таблиці (табл. 10).

Хід роботи

Встановіть психрометр Августа так, щоб уникнути теплових випромінювань та коливань повітря (це може впливати на точність вимірювання). Покази приладу реєструйте кожні 10-15 хв. Визначте абсолютну вологість (A) за формулою:

$$A = E \cdot a \cdot (t_1 - t_2) \cdot B,$$

де E – максимальна пружність водяної пари при температурі вологого термометра, мм. рт. ст, визначається згідно таблиці 11.

a – психрометричний коефіцієнт, який становить 0,00074 для атмосфери та 0,0011 для закритих приміщень;

t_1 – температура сухого термометра, °C;

t_2 – температура вологого термометра, °C;

B – барометричний тиск, мм.рт.ст.

Відносну вологість (%) визначте за формулою:

$$f = \frac{A \cdot 100}{E},$$

A – абсолютна вологість, мм.рт.ст; E – максимальна пружність водяної пари.

Робота № 14

Визначення вологості повітря

за допомогою аспіраційного психрометра Асмана

Прилад дуже зручний для вимірювання вологості повітря в польових умовах і серед рослин. За принципом роботи він аналогічний стаціонарному психрометру.

Психрометрична таблиця

Температура сухого термометра	Різниця між температурою повітря і температурою змоченого термометра										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	65	52	40	31	23	17	12	8	4
1	100	79	61	46	34	23	16	14	9	5	2
2	100	82	66	53	42	33	26	20	14	10	7
3	100	83	68	55	44	35	28	22	17	13	10
4	100	83	69	57	46	37	30	24	19	15	12
5	100	84	70	58	48	39	32	26	21	17	14
6	100	85	71	60	50	41	34	28	23	19	16
7	100	85	72	61	51	43	36	30	25	21	18
8	100	86	73	62	53	45	38	32	27	23	20
9	100	86	74	63	54	46	40	34	29	25	21
10	100	86	75	64	55	48	41	35	31	26	23
11	100	87	75	65	57	49	42	37	32	28	24
12	100	87	76	66	58	50	44	38	33	29	24
13	100	88	77	67	59	51	45	40	35	31	27
14	100	89	77	68	60	52	46	41	36	32	28
15	100	88	78	69	61	53	47	42	37	33	30
16	100	89	78	69	61	53	48	43	38	34	31
17	100	89	79	70	62	55	49	44	39	35	32
18	100	89	79	71	63	56	50	45	40	36	33
19	100	89	80	71	64	57	51	45	41	37	34
20	100	89	80	72	64	58	52	47	42	38	35
21	100	90	81	72	65	59	53	48	43	39	35
22	100	90	81	73	66	59	54	49	44	40	36
23	100	90	81	73	66	60	54	49	45	41	37
24	100	90	82	74	67	60	55	50	45	41	38
25	100	91	82	74	67	61	56	51	46	42	38
26	100	91	82	75	68	61	56	51	47	43	39
27	100	91	83	75	68	62	57	52	47	43	40
28	100	91	83	76	69	63	57	52	48	44	40

Аспіраційний психрометр (рис. 18) складається з 2-х термометрів – сухого (1) і змоченого (2) – з резервуарами циліндричної форми. Термометри закріплені в оправі, що складається з роздвоєної донизу – трубки (3), планок і аспілятора (7).

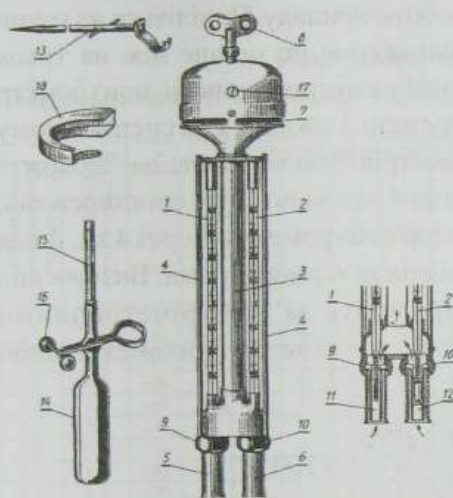


Рис. 18. Аспіраційний психрометр
Асмана

Завдяки ізоляції резервуарів від корпусу, аспіраційний термометр не потребує захисту від сонця й вітру. Для змочування батисту користуються гумовою грушею (14) із піпеткою (15). Для правильної роботи психрометра необхідно, щоб швидкість обертання вентилятора аспіратора була постійною. Контроль швидкості аспірації здійснюється за допомогою покажчика (17) — у віконці з'являється мітка.

До початку спостереження, змочіть батист дистильованою водою з гумової груші взимку за 30 хв., влітку — за 4 хв. до відліку. Після змочування ключем (8) заведіть до упору пружину аспіратора. Обчислення величин вологості повітря виконується так, як і при роботі з станційним психрометром.

Матеріали й обладнання: психрометр; аспіратор для відбору проб з фільтротримачем, фільтром і стаканом-насадкою; аналітичні ваги; пінцет; склянні чашки діаметром 10 см.

Хід роботи

Перед роботою резервуар сухого термометра обгорніть батистом в один шар. Після цього аналогічний за розміром клаптик батисту замочіть у дистильованій воді та в мокрому вигляді щільно обгорніть навколо резервуару другого термометра.

Підготувавши два вузли з ниток, спершу одним вузлом туго затягніть батист вгорі резервуару, поступово стягніть її під резервуар, весь час розправляючи батист. Нитку під резервуаром не варто стягувати надто туго. Стягнувши вузол під резервуаром, зав'яжіть його. Закінчивши обв'язувати батистом, зайву тканину обріжте під резервуаром термометру.

Ознайомтеся з принципами роботи приладу. Поділіться на групи по 2-3 чоловіки і проведіть дослідження не менше ніж на трьох ділянках. Для визначення вологості на вулиці винесіть психрометр з приміщення за 15 хв. до спостережень і закріпіть на спеціальному стовпі так, щоб резервуари термометрів були на висоті 2м. Зволожте батист на резервуарі термометра за 4 хв. до початку спостережень, заведіть майже до упору вентилятор психрометра. Через 4 хв. після запуску вентилятора починайте відлік за термометрами. Визначення відносної вологості повітря проведіть за психрометричними таблицями (автор Д.П. Берсталов), а також за психрометричною формулою:

$$\gamma = \frac{E_m - A \times P(\Delta t)}{E_c} \times 100 \%,$$

де γ – значення відносної вологості повітря;

E_m – насичена пружність водяної пари замоченого термометра, гПа;

E_c – насичена пружність водяної пари сухого термометра, гПа;

A – психрометричний коефіцієнт, що дорівнює $6,620 \times 10$ ($^{\circ}\text{C}$);

P – тиск повітря, гПа;

Δt – різниця між температурою сухого та змоченого термометрів.

Психрометр не можна брати вологими руками тому, що потемніння або корозія трубок захисту призводить до похибок у показниках термометрів.

Користуючись таблицями, показів сухого і мокрого термометрів, а також знаючи тиск повітря, можна без яких-небудь розрахунків визначити абсолютну і відносну вологість, дефіцит вологості повітря й точку роси. Наприклад, сухий термометр показує $18,7^{\circ}\text{C}$, змочений $14,7^{\circ}\text{C}$; різниця температур 4°C . В таблиці 10 наведені значення для $18,5^{\circ}\text{C}$ – 62% (відповідно різниці температур 4°C) і для 19°C – 63%. Оскільки, $18,7^{\circ}\text{C}$ ближче до $18,5^{\circ}\text{C}$, то беремо значення 62%. Знаючи відносну вологість повітря, по цій же таблиці визначаємо абсолютну вологість повітря, дефіцит вологості й точку роси. Припустимо, сухий термометр показує $18,5^{\circ}\text{C}$, відносна вологість 57%, або 0,57. Згідно таблиці температурі $18,5^{\circ}\text{C}$

Психрометричні таблиці

(відносна вологість повітря при температурі від 5°C до 21 °C і $p = 1000$ мб)

Пружність насиченої пари (мм рт. ст.)	Показники сухого термометра (°C)	Різниця показів сухого і змоченого термометрів у градусах															
		0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
6,5	5,0	100	97	94	90	87	84	81	78	75	72	68	65	62	59	56	
6,8	5,5	100	97	94	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	60	57	
7,0	6,0	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	70	67	64	61	58	
7,3	6,5	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	70	68	65	62	59	
7,5	7,0	100	97	94	91	88	85	83	80	77	74	71	68	65	63	60	
7,8	7,5	100	97	94	91	88	86	83	80	77	74	72	69	66	63	61	
8,0	8,0	100	97	94	92	89	86	83	80	78	75	72	70	67	64	62	
8,3	8,5	100	97	94	92	89	86	84	81	78	75	73	70	68	65	62	
8,6	9,0	100	97	94	92	89	86	84	81	79	76	73	71	68	66	63	
8,9	9,5	100	97	95	92	89	87	84	82	79	76	74	71	69	66	64	
9,2	10,0	100	97	95	92	90	87	84	82	79	77	74	72	69	67	64	
9,5	10,5	100	97	95	92	90	87	85	82	80	77	75	72	70	68	65	
9,8	11,0	100	97	95	92	90	88	85	83	80	78	75	73	71	68	66	
10,2	11,5	100	97	95	92	90	88	85	83	80	78	76	73	71	69	66	
10,5	12,0	100	98	95	93	90	88	85	83	81	78	76	74	71	69	67	
10,9	12,5	100	98	95	93	91	88	86	84	81	79	76	74	72	70	68	
11,2	13,0	100	98	95	93	91	88	86	84	81	79	77	75	72	70	68	
11,6	13,5	100	98	95	93	91	88	86	84	82	79	77	75	73	71	69	
12,0	14,0	100	98	95	93	91	89	86	84	82	80	78	76	73	71	69	
12,4	14,5	100	98	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	70	
12,8	15,0	100	98	96	93	91	89	87	85	83	81	78	76	74	72	70	
13,2	15,5	100	98	96	94	91	89	87	85	83	81	89	77	75	73	71	
13,6	16,0	100	98	96	94	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	
14,1	16,5	100	98	96	94	92	90	88	85	83	81	79	77	75	74	72	
14,5	17,0	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	
15,0	17,5	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	
15,5	18,0	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	77	75	73	
16,0	18,5	100	98	96	94	92	90	88	86	84	83	81	79	77	75	73	
16,5	19,0	100	98	96	94	92	90	88	86	85	83	81	79	77	75	74	
17,0	19,5	100	98	96	94	92	90	89	87	85	83	81	79	78	76	74	
17,5	20,0	100	98	96	94	92	90	89	87	85	83	81	80	78	76	74	
18,1	20,5	100	98	96	94	93	91	89	87	85	83	82	80	78	76	75	
18,6	21,0	100	98	96	94	93	91	89	87	85	84	82	80	78	77	75	
		Різниця показів сухого і змоченого термометрів у градусах															
		3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
6,5	5,0	53	50	47	45	42	39	36	33	30	27	24	21	19	16	13	
6,8	5,5	54	51	49	46	43	40	37	34	31	29	26	23	20	18	15	
7,0	6,0	55	52	50	47	44	41	39	36	33	30	28	25	22	19	17	
7,3	6,5	56	54	51	48	45	43	40	37	34	32	29	26	24	21	18	
7,5	7,0	57	55	52	49	46	44	41	38	36	33	30	28	25	23	20	
7,8	7,5	58	55	53	50	47	45	42	40	37	35	34	29	28	24	22	
8,0	8,0	59	56	54	51	49	46	44	41	38	36	33	31	28	26	24	
8,3	8,5	60	57	55	52	50	47	45	42	40	37	35	32	30	27	25	
8,6	9,0	60	58	56	53	51	48	46	43	41	38	36	34	31	29	28	

Пружність напруги пари (мм рт. ст.)	Показники сухого термометра (°C)	Різниця показів сухого і змоченого термометрів у градусах														
		3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
8,9	9,5	61	59	56	54	52	49	47	44	42	40	37	35	33	30	28
9,2	10,0	62	60	57	55	52	50	48	45	43	41	38	36	34	32	29
9,5	10,5	63	60	59	56	53	51	49	46	44	42	40	37	35	33	31
9,8	11,0	63	61	59	56	54	52	50	47	45	43	41	39	36	34	32
10,2	11,5	64	62	60	57	55	53	51	49	46	44	42	40	38	35	33
10,5	12,0	65	62	60	58	56	54	52	50	47	45	43	41	39	37	34
10,9	12,5	65	63	61	59	57	54	52	51	48	46	44	42	40	38	36
11,2	13,0	66	64	62	59	57	55	53	52	49	47	45	43	41	39	37
11,6	13,5	67	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38
12,0	14,0	67	65	63	61	59	57	55	53	51	49	47	45	43	41	39
12,4	14,5	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40
12,8	15,0	68	66	64	62	60	58	56	54	53	50	49	47	45	43	41
13,2	15,5	69	67	65	63	61	59	57	55	54	51	49	48	46	44	42
13,6	16,0	69	67	65	63	61	60	58	56	54	52	50	48	47	45	43
14,1	16,5	70	68	66	64	62	60	58	56	55	53	51	49	47	46	44
14,5	17,0	70	68	66	64	63	61	59	57	56	53	52	50	48	46	45
15,0	17,5	71	69	67	65	63	61	60	58	56	54	52	51	49	47	46
15,5	18,0	71	69	67	66	64	62	60	58	57	55	53	51	50	48	46
16,0	18,5	71	70	68	66	64	62	61	59	57	56	54	52	50	49	47
16,5	19,0	72	70	68	67	65	63	61	60	58	56	55	53	51	50	48
17,0	19,5	72	70	69	67	65	64	62	60	58	57	55	54	52	50	49
17,5	20,0	73	71	69	67	66	64	62	61	59	57	56	54	53	51	49
18,1	20,5	73	71	70	68	66	65	63	61	60	58	56	55	53	52	50
18,6	21,0	73	72	70	68	67	65	63	62	60	59	57	55	54	52	51
		Різниця показів сухого і змоченого термометрів у градусах														
		6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7,0	6,0	14														
7,3	6,5	16	13	11												
7,5	7,0	18	15	13												
7,8	7,5	19	17	14												
8,0	8,0	21	19	16	14	11										
8,3	8,5	23	20	18	16	13	11									
8,6	9,0	24	22	20	17	15	13									
8,9	9,5	26	23	21	19	17	14	12	10							
9,2	10,0	27	25	23	20	18	16	14	11							
9,5	10,5	28	26	24	21	20	18	16	13							
9,8	11,0	30	28	26	23	21	19	17	15	13	11					
10,2	11,5	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11				
10,5	12,0	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12				
10,9	12,5	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10		
11,2	13,0	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	14	12		
11,6	13,5	36	34	32	30	28	26	24	23	21	19	17	15	13		
12,0	14,0	37	35	33	31	30	28	26	24	22	20	18	17	15	13	11
12,4	14,5	38	36	34	33	31	29	27	25	23	22	20	18	16	15	13
12,8	15,0	39	37	35	34	32	30	28	26	25	23	21	19	18	16	14
13,2	15,5	40	38	37	35	33	31	29	28	26	24	23	21	19	17	16
13,6	16,0	41	39	38	36	34	32	31	29	27	26	24	22	20	19	17
14,1	16,5	42	40	39	37	35	33	32	30	28	27	25	23	22	20	18
14,5	17,0	43	41	40	38	36	34	33	31	29	28	26	25	23	21	20
15,0	17,5	44	42	40	39	37	35	34	32	31	29	27	26	24	23	21
15,5	18,0	47	43	41	40	38	36	35	33	32	30	28	27	25	24	22

Пружність насиченої пари (мм рт. ст.)	Показник сухого термометра (°C)	Різниця показів сухого і змоченого термометрів у градусах													
		6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6
16,0	18,5	46	44	42	41	39	37	36	34	33	31	30	28	26	25
16,5	19,0	46	45	43	42	40	38	37	35	34	32	31	29	28	26
17,0	19,5	47	45	44	42	41	39	38	36	35	33	32	30	29	27
17,5	20,0	48	46	45	43	42	40	39	37	36	34	33	31	30	28
18,1	20,5	48	47	45	44	42	41	39	38	36	35	34	32	31	29
18,6	21,0	49	48	46	45	43	42	40	39	37	36	34	33	32	30

відповідає пружність насиченої водяної пари 16 мм. Відповідно абсолютна вологість рівна $16 \text{ мм} \cdot 0,57 = 9,1 \text{ мм}$ або $9,1 \text{ мм} \cdot 1,33 = 12,1 \text{ мб}$. Дефіцит вологості дорівнює $16 \text{ мм} - 9,1 \text{ мм} = 6,9 \text{ мм}$ (9,2 мб). Точку роси визначте за абсолютною вологістю; знайдіть в першому стовпчику таблиці “Пружність насиченої водяної пари мм. рт. ст.” значення 9,1 мм, що відповідає температурі $9,8^{\circ}\text{C}$. Це і буде шукана точка роси.

Робота № 15

Визначення вологості повітря за допомогою волосяного та мембранного гігрометра

Принцип дії волосяного гігрометра (рис. 19) ґрунтується на здатності знежиреної людської волосини (1) змінювати свою довжину залежно від зміни вологості повітря. Приймальною частиною його є людська знежирена волосина (довжиною 27 см), натягнута на металеву рамку (2). Верхній кінець волосини закріплено на гвинті (3), за допомогою якого регулюється натяг волосини на рамі. Другий кінець волосини обгорнуто і закріплено на маленькому блоці, насадженому на вісь. На цьому ж блоці на невеличкому

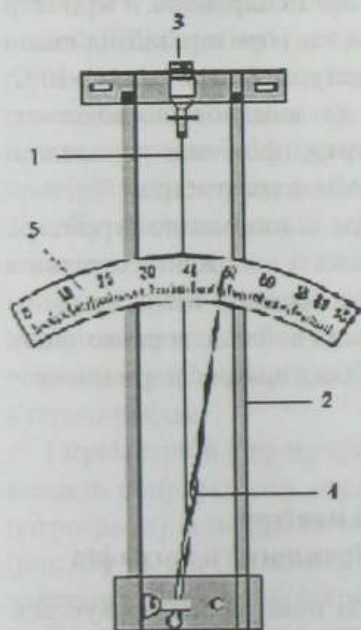


Рис. 19. Волосяний гігрометр

штифті закріплено тягарець, який натягує волосину. Коли вологість повітря зростає, волосина стає довшою і тягарець, обертаючи блок за годинниковою стрілкою, опускається вниз. Якщо вологість зменшується, волосина скорочується і, обертаючи блок у зворотний бік, піднімає тягарець угору. На блоці закріплено стрілку 4, положення якої в кожний момент часу можна відлічувати на шкалі 5, прикріпленій на металевій рамці проти кінця стрілки. Стрілку можна переміщувати по шкалі за допомогою гвинта-регулятора.

Конструкція мембранного гігрометра принципово не відрізняється від волосяного, тільки приймачем вологості повітря слугує мембрана. Мембрана виготовляється зі спеціально обробленої гігроскопічної органічної плівки з жорстким центром, який служить для з'єднання її з механізмом пристрою. Зміни прогину мембрани залежно від вологості повітря через передаточну систему передаються стрілці.

Хід роботи

Прикріпіть волосяний гігрометр до штативу психрометричної будки, поруч з термометрами станційного психромера. Гігрометр однаково добре працює як при позитивній, так і при низькій від'ємній температурі повітря. Взимку, коли температура повітря нижча -10°C , гігрометр є практично єдиним приладом для вимірювання вологості повітря. До цього проведіть його перевірку, провівши паралельні спостереження за гігрометром і станційним психрометром.

Визначення відносної вологості повітря за допомогою гігрометра зводиться до простого відліку на його шкалі положення стрілки з точністю до 1%. Для контролю роботи приладу після кожного відліку стрілку відведіть трохи вліво. Якщо вона після цього знову повернеться в початкове положення, прилад працює нормально.

Робота № 16

Визначення вологості повітря

за допомогою волосяного та мембранного гігрографів

Для неперервної реєстрації вологості повітря застосовується гігрограф волосяний і мембранний. Принцип методу гігрографів аналогічний гігрометрам. Реєструючою частиною гігрографів

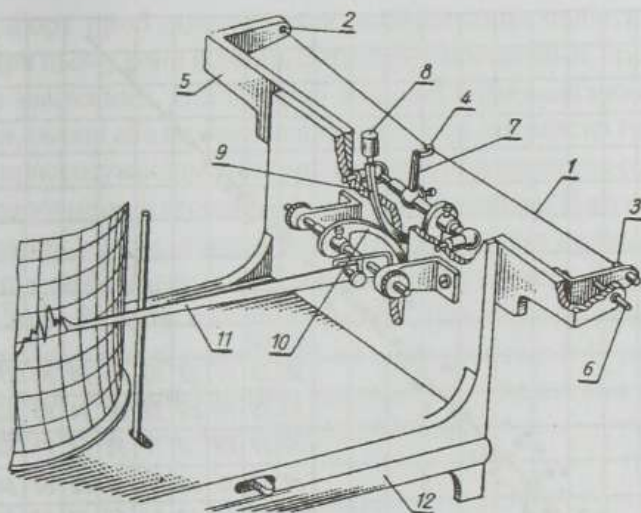


Рис. 20 Гігрограф

служить барабан із годинниковим механізмом. В залежності від швидкості обертання барабана розрізняють гігрографи добові і недільні. На барабан надягають паперову стрічку, на якій паралельні горизонтальні лінії відповідають відносній вологості повітря у відсотках, вертикальні дуги – годині; на добових стрічках одна поділка дорівнює 15 хвилинам, а на недільних 2 годинам. Весь пристрій сконструйований на підставці і закривається кришкою (рис. 20). Пучок волосся (1) або мембрана захищені від механічних пошкоджень.

Волосяний і мембранний гігрометри встановлюються в психрометричній будці між сухим і змоченим термометрами станційного психрометра. Гігрографи встановлюються в одній будці з термографом.

Гігрометри й гігрографи – відносні прилади. Тому в їх покази вводять поправку, яку отримують шляхом порівняння гігрометра (гігрографа) із показами психрометра. Для цього будують графік (рис.21) за відліками психрометра і гігрометра (або відліками, знятими із стрічки гігрографа).

Серед одержаних точок на графіку проведіть середню лінію залежності, за якою визначте поправку показань гігрометра

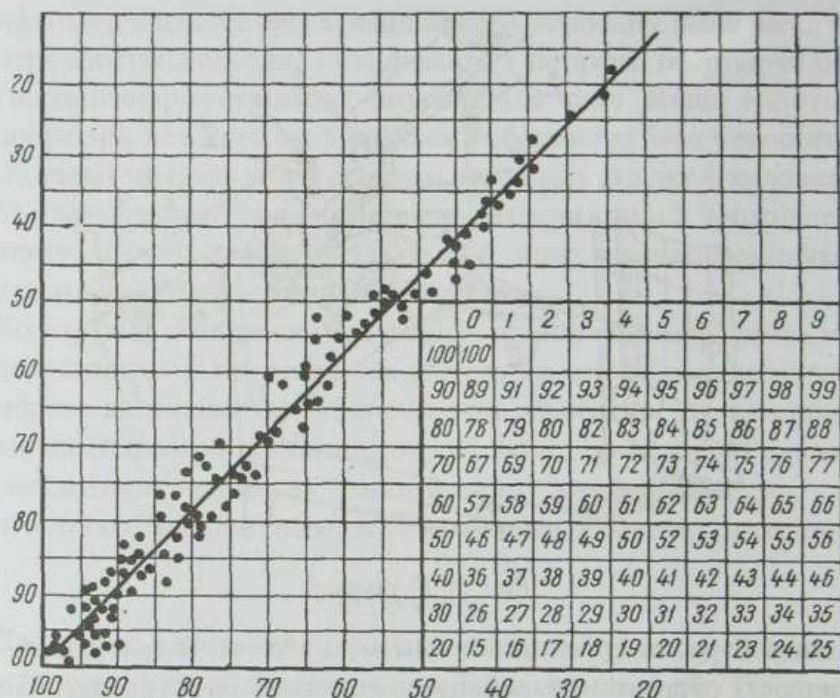


Рис. 21. Розрахунок відповідності показань гігрометра та психрометра

(гігрографа) з точністю до 1%. За показаннями гігрометра знайдіть відповідні йому значення психрометра і занесіть їх у таблицю. Виправлення значень вологості повітря знайдіть за графіком, користуючись лінією залежності або за таблицею, складеною на основі даних, знятих з графіка (таблиця з правого боку на рисунку 21).

Покази гігрометра (гігрографа) у цій таблиці подані в лівій та верхній графах. Виправлене значення вологості повітря визначають на перехрещенні десятків і одиниць, % вологості повітря визначених по гігрометру. Припустимо, відлік по гігрометру складає 75%. Виправлене значення відносної вологості повітря за таблицею буде 73%.

Робота № 17

Вимірювання кількості опадів ручним способом

При ручному способі відбору проб використовують пристрої, встановлені лише на період випадання опадів.

Для відбору проб допускається використання поліетиленових пляшок. При цьому вони повинні бути добре промитими, пронумерованими та зваженими. Відбір проб дощової води здійснюйте через емальовані, скляні або поліетиленові лійки з одягненим на горловину захисним пристосуванням, яке перешкоджає потраплянню опадів, що стікають по зовнішній стороні лійки, в збірну ємність. В якості такого пристосування можна використовувати кришку від поліетиленової пляшки з просвердленим у ній отвором для горловини лійки. Кінець лійки повинен входити в збірну ємність. Для відбору проб можна використовувати також поліетиленові відра ємністю 5-10 дм³.

Матеріали та обладнання: емальовані, скляні або поліетиленові лійки, поліетиленові пляшки або відра.

Хід роботи

Відбір проб проводьте на відкритому рівному майданчику, віддаленому не менш ніж на 100 м від дерев, пагорбів, будівель, ліній електропередач, місцевих джерел забруднення атмосфери. Приймні поверхні опадозбірників повинні бути приблизно на висоті 1,5-2 м від поверхні землі.

Якщо немає змоги визначати опади протягом всього вегетаційного періоду, то зробіть це протягом 7 діб у межах вегетаційного періоду, але так, щоб за датами ці дні були однаковими в порівнюваних екосистемах. Щоденну реєстрацію кількості опадів проводьте о 8 год. ранку.

Робота № 18

Вимірювання кількості опадів за допомогою опадоміра Трет'якова

Опадомір Трет'якова (рис.22) складається з циліндрів з кришкою, вітрового захисту, вимірювального стакана, металевої підставки і драбинки. Циліндр діаметром 159 мм, має приймаючу площу 200 см², висоту – 400 мм.

Для зменшення випаровування опадів із циліндра в нього упаяна діафрагма у вигляді усіченого конуса. Крім звичайного дна впаяне друге дно лійкоподібної форми з отвором для стікання води в його

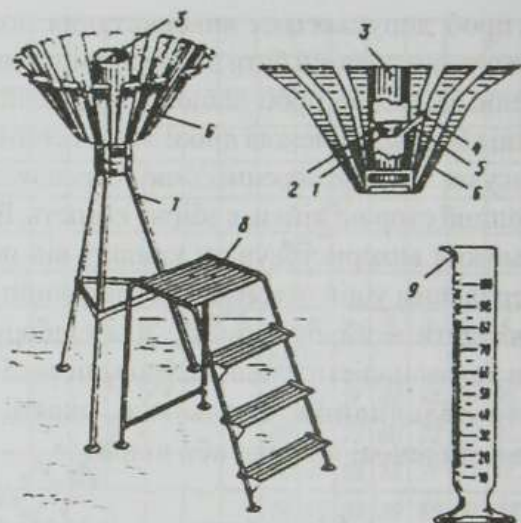


Рис. 22. Опадомір Трет'якова: 1 – воронка, 2 – діафрагма, 3 – відро, 4 – ковпачок, 5 – носик, 6 – планковий захист, 7 – підставка, 8 – драбинка, 9 – вимірювальний стакан.

нижню частину. Влітку отвір діафрагми необхідно ще додатково накрити лійкою з невеликим отвором у центрі. Із зовнішнього боку циліндра під діафрагмою припаяно невелику трубку (носик) для зливання опадів, які збираються у циліндрі, у мірний стакан. Кількість опадів вимірюється за допомогою вимірювальної склянки. Один поділ склянки за об'ємом дорівнює 2 см^3 , що відповідає $0,1 \text{ мм}$ шару води в циліндрі. До кожної виміряної кількості опадів вводиться поправка на змочування опадомірного циліндру. Якщо у вимірювальній склянці вода виявиться на середині першої поділки чи вище, то додають поправку, рівну 2 поділкам склянки ($0,2 \text{ мм}$), якщо менше половини поділки, то додають 1 поділку склянки ($0,1 \text{ мм}$).

Матеріали й обладнання: опадомір, металеві планки, вимірювальний стакан, відро.

Хід роботи

Опадомір установить так, щоб приймальна поверхня циліндра знаходилася на висоті 2 м , а верхні кінці планок вітрового захисту – на рівні верхнього краю циліндра. У радіусі 6 м від опадоміру не

повинні знаходитися виступаючі над поверхнею ґрунту предмети. Циліндр закрийте ковпачком, прикріпленим металевим ланцюжком до нього. Таких циліндрів опадомір має два, що дає змогу вести спостереження безперервно.

Циліндр установіть у кільцеву оправу (таган), яку закріпіть нерухомо на дерев'яному стовпі або металевій підставці так, щоб верхній зріз відра займав горизонтальне положення і був на висоті 2 м над поверхнею землі. Для зменшення впливу вітру навколо циліндра змонтуйте захист з 15 рівномірно розміщених металевих планок, скріплених кільцем. Верхні кінці їх відігніть у зовнішній бік і розмістіть у одній горизонтальній площині з верхнім краєм. Біля опадоміра встановіть сходи, щоб можна було легко і зручно змінювати циліндри під час спостережень.

Вимірювання кількості опадів проводьте два рази на добу, незалежно від того, випадали опади чи ні. Обчисліть суму опадів за добу. Вимірювання полягає у тому, що ви повинні взяти другий порожній циліндр на станції і замінити ним той, який стоїть в опадомірі. Циліндр, який до цього було в опадомірі, зніміть і накрийте кришкою. Занесіть його у приміщення, виміряйте кількість опадів за допомогою вимірювального стакана.

До результатів вимірювань введіть невеликі поправки на змочування циліндра і часткове випаровування опадів:

- рідкі опади до 0,5 поділок – поправка + 0,1 мм;
- рідкі опади 0,5 поділок і більше – поправка + 0,2 мм;
- тверді опади до 0,5 поділок – поправка 0 мм;
- тверді опади 0,5 поділок і більше – поправка + 0,1 мм;

Робота № 19

Вимірювання кількості опадів за допомогою дощоміра Давітая

Дощомір Давітая – циліндричний стакан висотою 34 см з розширеною верхньою частиною, яка є приймачем опадів. Площа приймальної частини становить 30 см².

Для зменшення випаровування опадів у стакан вставлено скляну ліжку. На стакан нанесено міліметрові поділки.

Матеріали й обладнання: дощомір Давітая, мірний стакан.

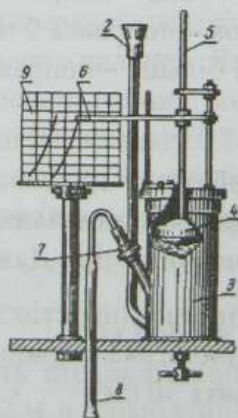
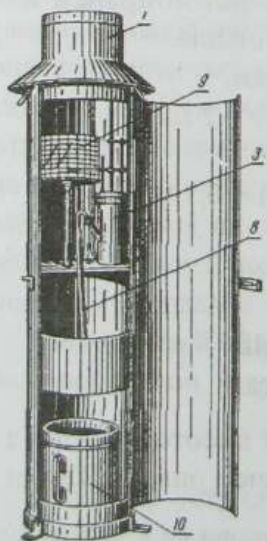
Хід роботи

Встановіть дощомір на дерев'яній підставці з таким розрахунком, щоб його верхній край знаходився на висоті 1,5 м від поверхні землі. Для вимірювання опадів серед рослин встановіть його у міжрядді, прямо на землю. Визначте кількість опадів за шкалою. При цьому око повинно бути на рівні меніска.

Робота № 20

Вимірювання кількості опадів за допомогою плювіографа

Плювіограф слугує для безупинної реєстрації кількості й інтенсивності рідких опадів. За його показниками можна визначити кількість днів з певною кількістю опадів. Приймачем плювіографа (рис. 23) слугує циліндрична посуда (1) з приймаючою площадкою 500 см². Опади з циліндричної посудини через воронку та зливну трубку (2) поступають в нижню частину поплавкової камери (3), усередині якої знаходиться порожнистий поплавок (4) із стержнем (5) і стрілкою (6), що закінчується пером. Поруч з поплавковою камерою укріплений барабан (9)



із годинниковим механізмом. На барабан одягається паперова стрічка. Горизонтальні лінії на ній відповідають кількості опадів, а вертикальні – годині. В нижню частину приладу поміщається контрольна посуда (10), в якій зливаються опади із поплавкової камери.

При випаданні опадів поплавок (4) піднімається і перо починає писати на стрічці, чим інтенсивніші опади, тим крутіше

Рис. 23. Плювіограф

підняття кривої (9). Як тільки опади заповнюють поплавкову камеру, вода через сифон (8) виливається в контрольну посудину, а перо опускається вниз і креслить на стрічці вертикальну лінію від верхнього краю до нульового положення.

Якщо опади продовжують випадати після зливу, то перо продовжує креслити нахилену лінію. У випадку зупинення опадів перо креслить на стрічці горизонтальну лінію.

Матеріали й обладнання: плівіограф, записник, ручка.

Хід роботи

Плівіограф встановіть на відкритій площадці на спеціальному стовпі так, щоб його верхня частина була на висоті 2 м від поверхні ґрунту в строго горизонтальному положенні.

Стрічку плівіографа змінюйте щоденно. При зміні стрічок заведіть годинниковий механізм. На обороті стрічки відмітьте годину встановлення і зняття стрічки, а також визначену за вимірвальним стаканом – кількість опадів, злитих сифоном в контрольний посуд (10). Із запису на стрічці з'ясуйте коли почався і закінчився дощ, запишіть кількість опадів, що випали за годину, обрахуйте загальну суму опадів за кожні 24 години.

2.4. Дослідження вітру як екологічного фактору

Робота № 21

Визначення швидкості вітру більшої за 1 м/с за допомогою ручного чашкового анеометра

Ручний чашковий анеометр з рахунковим механізмом, застосовується для визначення середньої швидкості вітру за деякий проміжок часу. Приймачем анеометра (рис. 24) служить вертушка (1), посаджена на вісь (2). Вертушка при обертанні приводить в рух рахунковий механізм у корпусі (4) приладу. Циферблат (5) рахункового механізму має три шкали, по яких відраховують тисячі, сотні, десятки, одиниці обертів. Рахунковий механізм включається

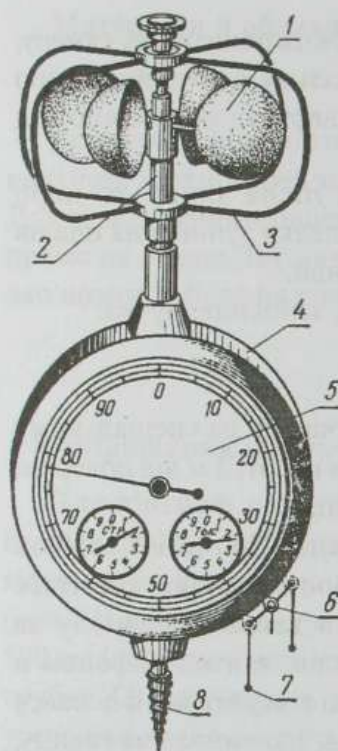


Рис. 24. Ручний чашковий анемометр

і виключається аретиром (6). Для включення і виключення приладу при установці його на жердину користуються шнуром. Шнур середньою частиною прив'язується до аретира, а кінці пропускаються через кільця (7). Нижня частина корпусу закінчується гвинтом (8), який служить для закріплення приладу на дерев'яній стійці.

Матеріали та обладнання: ручний чашковий анемометр, жердина, шнур.

Хід роботи

Перед спостереженням при виключеному лічильникові запишіть показники всіх трьох стрілок на циферблатах і встановіть анемометр на заданій висоті.

Через 1-2 хв., коли швидкість обертання чашок установиться, включіть лічильник. Через 100 секунд лічильник виключіть і знову запишіть показники стрілки, секундомір включіть і виключіть

одночасно з аретиром анемометра.

Користуючись таблицею 12 визначте швидкість вітру в м/с за числом обертів вертушки анемометра за час спостереження.

Таблиця 12

Відповідність між числом обертів вертушки ручного чашкового анемометра та швидкістю вітру

Число поділок у секунду	Швидкість вітру в м/с
1	1,4
2	2,4
3	3,5
4	4,5

Робота № 22

Визначення швидкості вітру меншої за 1 м/с за допомогою кататермометра Хілла

Швидкість вітру меншу за 1 м/с можна виміряти за допомогою кататермометра. *Кататермометр Хілла* (рис. 24) складається із спиртового термометра з циліндричним резервуаром, довжиною 4 см, який має дно у вигляді півкулі 1,6 см у діаметрі і з поверхнею $22,6 \text{ см}^2$. Шкала термометра розділена на градуси від 35 до 38°C . Верхній кінець капіляру закінчується розширенням для надлишку спирту, що вганяється при нагріванні. На стержні кожного приладу є відмітка, позначена буквою Р, так званий фактор приладу. Він показує число мілікалорій, яке втрачається одним квадратним сантиметром поверхні кататермометру при його охолодженні від 38 до 35°C .

Матеріали та обладнання: кататермометр, термос з гарячою водою, звичайний термометр.

Хід роботи

Резервуар кататермометра опустіть для нагрівання у гарячу воду, нагріту до $60\text{--}70^\circ\text{C}$ (але не вище 80°C), тримайте у вертикальному положенні до тих пір, поки спирт не заповнить верхню камеру на половину її об'єму.

При швидкому нагріванні спирт дуже швидко підніметься догори і термометр не встигне достатньо прогрітися, що викличе помилку при підрахунку швидкості охолодження. Для уникнення цього не беріть дуже гарячу воду, крім того спершу необхідно нагріти кататермометр, дати йому охолотитися, а вже потім нагрівати для самого вимірювання. Після того як прилад нагрітий і спирт заповнив половину верхнього резервуару, кататермометр вийміть з води, швидко витріть до суха резервуар і закріпіть непорушно у місці спостереження. Не можна вільно підвішувати прилад, оскільки його гойдання підсилює охолодження. Коли внаслідок охолодження спирт почне опускатися, виміряйте за секундоміром час, протягом якого спирт опуститься від 38 до 35°C . Вимірювання повторіть 2-3 рази.

Для отримання величини охолодження (Н) у мккал/с з одного см^2 поверхні резервуару кататермометра величину фактору приладу



Рис. 25.
Кататермометр
Хілла

поділіть на число секунд, протягом яких відбулося охолодження від 38 до 35° С.

Тепер визначте показник O – різницю між середньою температурою кататермометра (36,5 °С) і температурою навколишнього середовища у момент вимірювання. Поділіть величину N на величину O і за таблицею 13 знайдіть швидкість вітру в м/с.

Таблиця 13

Відповідність між співвідношенням N/O
кататермометра та швидкістю вітру

N/O	Швидкість вітру, м/с	N/O	Швидкість вітру, м/с
0,28	0,040	0,44	0,360
0,29	0,051	0,45	0,391
0,30	0,063	0,46	0,423
0,31	0,076	0,47	0,456
0,32	0,090	0,48	0,490
0,33	0,106	0,49	0,526
0,34	0,122	0,50	0,563
0,35	0,141	0,51	0,601
0,36	0,160	0,52	0,640
0,37	0,181	0,53	0,681
0,38	0,203	0,54	0,723
0,39	0,226	0,55	0,766
0,40	0,250	0,56	0,810
0,41	0,276	0,57	0,856
0,42	0,303	0,58	0,903
0,43	0,331	0,59	0,951
		0,60	1,000

2.5. Дослідження сукупності екологічних факторів кліматопу за допомогою сучасних приладів

Робота № 23

Визначення температури та вологості повітря за допомогою термогігрометрів

Термогігрометр (рис. 26) прилад, який одночасно відображає вологість (20-99%) і температуру (0-50°C).

Хід роботи

Відкрийте кришку на зворотному боці термогігрометра і перемістіть її за стрілкою. Вставте батарейку 1,5 В згідно вказаної полярності.

Знову перемістіть кришку. Натисніть кнопку **MODE** до вказаного часу на верхньому дисплеї, натисніть **HR** для встановлення годин, натисніть **MIN** для встановлення хвилин. Знову натисніть **MODE**, щоб на верхньому дисплеї відобразилася реальна вологість або час. Натисніть **MEM**, щоб зареєструвати максимальні і мінімальні значення у пам'яті термогігрометра. Натисніть **MAX/MIN**, щоб показати максимальну і мінімальну температуру і вологість (натисніть один раз, щоб показати максимальне значення і ще раз для того щоб показати мінімальне значення.).

Натисніть **HR**, щоб встановити годинник. Натисніть **MIN**, щоб встановити хвилини. Натисніть **град. С / F град**, щоб показати температуру за Цельсієм або Фаренгейтом. Верхній дисплей показує час і температуру, а нижній відносно вологість повітря.

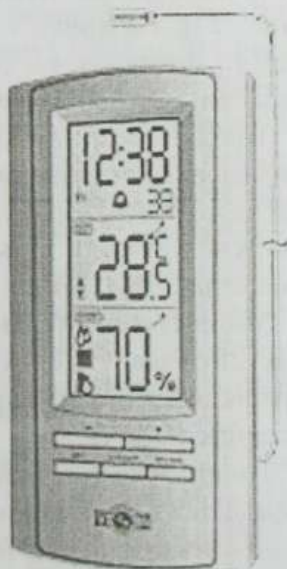


Рис. 26. Термогігрометр

Робота № 24

Визначення швидкості вітру та кількості опадів за допомогою портативних метеостанцій

До сучасних приладів, які дозволяють оцінити одразу декілька параметрів клімату, належать метеостанції. Для визначення кількості опадів та швидкості вітру рекомендуємо використовувати метеостанції WMR112 професійна та WMR 928 професійна. При наявності хоча б однієї із цих метеостанцій не потрібно визначати відповідні параметри як це описано в роботах 17-22. Нижче наводяться характеристики запропонованих метеостанцій та їх зовнішній вигляд.

Метеостанція WMR112 професійна (рис. 27). Габарити – 80x260x110 мм; радіус датчиків до 100 м; вага 99 г; виробник Oregon Scientific (США).

Touch screen дисплей забезпечує управління доторканням пальця до екрану. Датчик WGR918 реєструє швидкість і напрямок вітру, а кількість опадів, що випали реєструє датчик BTHR918.

Метеостанція WMR 928 професійна (рис. 28). Габарити 223x139x50 мм; радіус датчиків до 100 м; виробник – Oregon Scientific (США).

Touch screen дисплей забезпечує управління доторканням пальця до екрану. Є можливість підключення до IBM PC. Датчик WGR918 реєструє швидкість і напрямок вітру, кількість опадів, що випали реєструє датчик BTHR918.

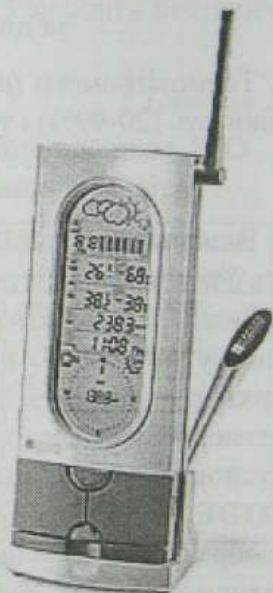


Рис. 27. Метеостанція WMR112 професійна



Рис. 28. Метеостанція WMR 928 професійна

Робота № 25

Комплексна оцінка кліматичних факторів за допомогою портативних метеостанцій

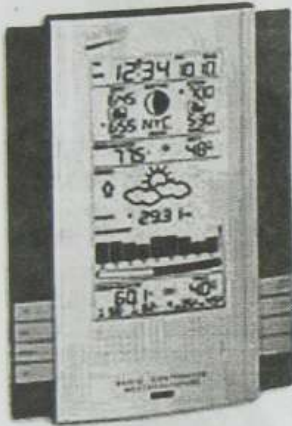


Рис. 29. Метеостанція цифрова SUN-MOON



Рис. 30. Метеостанція BAR913HG

Визначити температуру повітря та вологість можна також за допомогою портативних метеостанцій. Нижче наводимо деякі характеристики різних метеостанцій.

Метеостанція цифрова SUN-MOON (рис. 29). Габарити 90x257x22 мм; радіус датчиків до 30 м; вага 980 г, виробник TFA – (Німеччина).

Цифровий барометр. Можливість підключення до 3 бездротових датчиків температури і вологості. Символьний прогноз погоди на 12-24 год. Штормове попередження. Автоматичне запам'ятовування максимальних і мінімальних значень температури і вологості. Програмування гранично допустимих параметрів з звуковим оповіщенням. Час сходу та заходу сонця і місяця, тривалість світлового дня. Анімаційне зображення фаз місяця і сезонних припливів. Радіо контрольований годинник і календар.

Метеостанція BAR913HG (рис. 30). Габарити 130x121x50 мм; радіус датчиків до 30 м; вага 240 г, виробник – Oregon Scientific (США). Дає можливість спрогнозувати погоду на 12-24 год, визначити температуру і вологість повітря та атмосферний тиск. Є радіоконтрольований годинник, цифровий барометр, можливість використовувати до трьох дистанцій-

них датчиків, рівномірне підсвічення дисплею.

Метеостанція RST 02937 (рис. 31). Габарити 0150 90x240x23 мм; радіус датчиків до 30 м; вага 150 г, виробник Thermometerfabriken Viking AB (Швеція).

Одна із не багатьох станцій, яка поєднує багато функцій. Основною перевагою є підключення різноматних датчиків: ультрафіолетового випромінювання, забруднення повітря і традиційного термогігрометра. Вимірювання температури та вологості повітря, рівня UV (ультрафіолетового) випромінювання, зміни рівня забруднення повітря, символічний прогноз погоди, анімаційні зображення фаз місяця, сезонних припливів. Радіоконтрольований годинник і календар. Цифровий барометр. Рівномірне підсвічення дисплею.

Метеостанція BAR321HGN (рис. 32). Габарити – 223x139x50 мм; радіус датчиків до 100 м; вага 360 г, виробник Oregon Scientific (США). Можливість підрахунку «персонального» часу перебування на сонці, звукове попередження про небезпечний рівень UV (сенсор UV – вимірювання рівня ультрафіолету). Дає можливість спрогнозувати погоду на 12-24 год., визначити температуру і вологість повітря. Є шкала коливань атмосферного тиску, сенсор ультрафіолету, функції голосового інформування про час і погоду, радіоконтрольований годинник, циф-

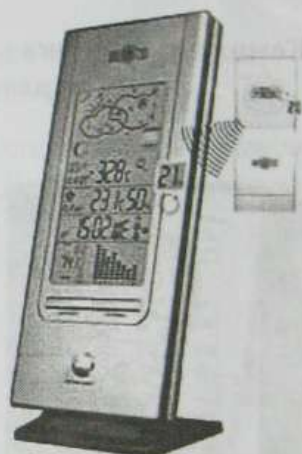


Рис. 31. Метеостанція RST 02937

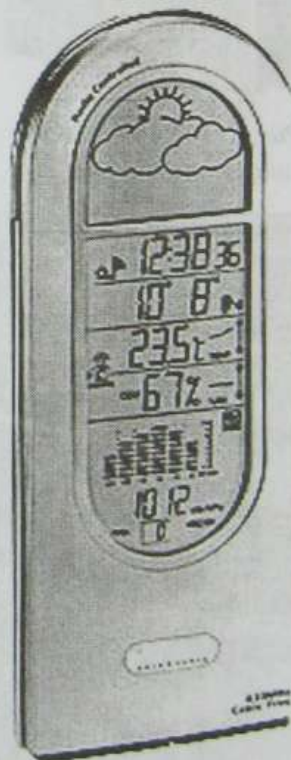


Рис. 32. Метеостанція BAR321HGN

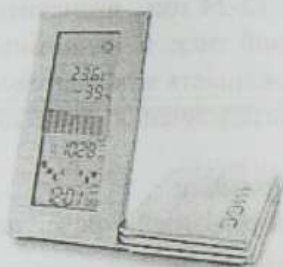


Рис. 33. Метеостанція
BAR928HGS

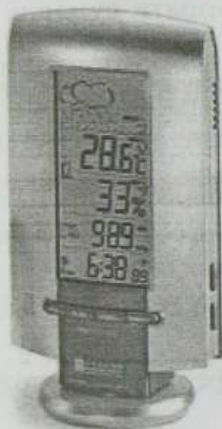


Рис. 34. Метеостанція
BAR898HG

вага 395 г, виробник – Oregon Scientific (США). Дає можливість спрогнозувати погоду на 12-24 год, визначити температуру і вологість повітря та атмосферний тиск. Є радіоконтрольований годинник, цифровий барометр. Можливість використовувати до трьох дистанційних датчиків, рівномірне підсвічення дисплею.

Метеостанція BAR122HG (рис. 35). Габарити 59х91х19 мм радіус датчиків до 100 м; вага 282 г, виробник – Oregon Scientific (США).

ровий барометр, графічне зображення вимірювання атмосферного тиску. Можливість використовувати до п'яти дистанційних датчиків, рівномірне підсвічення дисплею.

Метеостанція BAR928HGS (рис. 33). Габарити – 210х196х19 мм; радіус датчиків до 30 м; вага 490 г, виробник – Oregon Scientific (США)

Метеостанція має розширений набір функцій: символний прогноз погоди, визначення температури і вологості повітря, анімаційне зображення фаз місяця і сезонних припливів. Зовнішній радіодатчик температури передає дані на метеостанцію кожні 30 с, радіус його дії 30 м. Всього можна підключити три датчики. Перед різким погіршенням погоди спрацьовує штормове попередження. В пам'яті зберігаються дані про максимальне і мінімальне значення температури.

Метеостанція BAR898HG (рис. 34). Габарити – 105х195х76 мм; радіус датчиків до 30 м;



Рис. 35. Метеостанція
BAR122HG

Дає можливість прогнозувати погоду на 12-24 год., визначити температуру і вологість повітря та атмосферний тиск. Є радіоконтрольований годинник, цифровий барометр, можливість використовувати до трьох дистанційних датчиків, рівномірне підсвічення дисплею.

Контрольні запитання до розділу

1. Дайте визначення понять «пряма сонячна радіація», «розсіяна сонячна радіація», «сумарна сонячна радіація».
2. Що таке альbedo поверхні?
3. В яких одиницях виражається енергія випромінювання та освітленість?
4. За допомогою яких приладів можна виміряти сумарну та розсіяну сонячну радіацію?
5. Для чого призначений актинометр? Охарактеризуйте принцип його будови.
6. Як користуватися альбедометром?
7. Як виміряти інтенсивність освітлення за допомогою люксметра Ю116?
8. Які моделі сучасних датчиків для вимірювання сонячної радіації Вам відомі? Дайте їх стислу характеристику.
9. Яке призначення строкового, максимального та мінімального термометрів?
10. Який прилад використовується для неперервної реєстрації температури? Який принцип його роботи?
11. Які Вам відомі марки психрометрів? Чим вони відрізняються?
12. Як користуватися психрометричними таблицями?
13. Чим відрізняються психрометри від гігрометрів?
14. Які Вам відомі типи гігрометрів?
15. Які прилади використовуються для неперервної реєстрації вологості повітря? Принцип їх роботи.
16. Які прилади використовуються для вимірювання кількості опадів? Який із них дозволяє здійснювати неперервну реєстрацію опадів?
17. Якими приладами можна виміряти швидкість вітру більшу за 1 м/с і меншу за 1 м/с?
18. Якими приладами можна виміряти одночасно температуру та вологість повітря?
19. Які моделі портативних метеостанцій Вам відомі? Дайте їх стислу характеристику.

РОЗДІЛ III

АНАЛІЗ ЕДАФОТОПУ

Робота № 26

Визначення ступеня каменястості ґрунтів

Каменястість ґрунту – вміст в ґрунтовому профілі різного за формою і розміром каміння. Каменястість ґрунту виражається в % від маси або об'єму ґрунту.

Камінь – уламок гірської породи різної величини і форми діаметром більше 3 мм.

Ступінь каменястості ґрунтів визначається за відсотковим вмістом каменистих часток більших за 3 мм. Класифікація ґрунтів за ступенем каменястості наведена в таблиці 14.

Таблиця 14

Класифікація ґрунтів за ступенем каменястості

Вміст часток > 3 мм, у % від маси ґрунту	Ступінь каменястості ґрунту
<0,5	Некаменястий
0,5-5,0	Слабокаменястий
5,0-10,0	Середньокаменястий
>10,0	Сильнокаменястий

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, сита, скляна банка, гаряча вода, марля, мотузка.

Хід роботи

Візьміть сито з діаметром отворів 3 мм. Насипте в нього 100 г повітряно-сухого ґрунту, закрийте кришкою і обережно просійте пробу. Ґрунт, який залишився на ситі, зсипте в марлю, зав'яжіть мотузкою і помістіть у скляну банку з гарячою водою. Коловими рухами за часовою стрілкою стимулюйте вимивання розчинних ґрунок ґрунту з марлевого вузлика.

Камінці, які залишились у вузлику висушіть та зважте. Визначте, який відсоток вони складають від вихідної кількості ґрунту. Оцініть ступінь каменястості ґрунту за таблицею 14.

Робота № 27

Визначення твердості ґрунтів за допомогою ножа

Для визначення твердості ґрунтів зручно застосовувати польовий метод, оскільки для цього потрібно мати лише ніж.

Хід роботи

Вткніть ніж у ґрунт і за глибиною його занурення визначте ступінь твердості ґрунту, скориставшись нижче наведеною градацією:

- дуже твердий – коли ніж дуже важко входить у ґрунт на глибину кілька сантиметрів, або заходить при ударі руками. Місце від удару ножем або киркою блищить;
- твердий – ніж входить на незначну глибину (1-2 см) при незначних зусиллях; твердий і дуже твердий ґрунт спостерігається на безструктурних суглинках і глинистих ґрунтах, особливо в ілювіальних горизонтах;
- ущільнений – коли ніж заходить на невелику глибину (2-3 см) при невеликому зусиллі;
- слабо ущільнений – коли ніж заходить в ґрунт на глибину 3 см при невеликому зусиллі;
- пухкий (розсипчастий) – коли ґрунт розсипається при легкому натискуванні. Характерно для супіщаних і піщаних ґрунтів, погано муміфікованих ґрунтів, в яких частки не з'єднані одна з одною.

Робота № 28

Визначення твердості ґрунтів за допомогою твердомірів

Можна провести вимірювання твердості ґрунту за допомогою твердомірів Алексєєва та Голубєва (кг/см^2).

Твердомір Голубєва має конусоподібний плунжер, довжиною 10 см і площею поперечного перерізу при основі 2 см^2 . Плунжер

під'єднаний до штоку, поміщеного у полий корпус з кришками. У нижній частині штока нанесена шкала і змонтовано сигнальний пристрій. На верхній бік штока надіті три пружини різної пружності.

Хід роботи

Визначення твердості ґрунту за допомогою твердоміра Алексєєва (рис. 36).

Вказівник-двигжок на штоці пересуньте у нижнє положення так, щоб риска движка співпадала з нульовою поділкою, одночасно штифт-вказівник посуньте до клацання. Прилад поставте вертикально на поверхню ґрунту і плавно вдавлюйте конус у ґрунт. При зануренні конусу на 10 см буде клацання – визначення закінчено.

Відлік опірності ґрунту проведіть за положенням риски на кільці та поділками на шкалі.

Наприклад: якщо риска кільця співпала з поділкою на цифрі 25, то твердість ґрунту буде дорівнювати $25 : 2 = 12,5 \text{ кг/см}^2$, оскільки площа поперечного перерізу конуса при основі дорівнює 2 см^2 .

Визначення твердості ґрунту за допомогою твердоміра Голубєва (рис. 37).

При визначенні твердості ґрунту цим приладом необхідно уникати різних натискань і ударів, щоб не отримати випадкових величин.

У цьому приладі опірність ґрунту вимірюється гідравлічним динамометром (манометром).

Прилад складається з корпусу циліндра, у нижню частину якого вкручується металічний стержень з конусом. Зверху в корпус входить і пересувається у ньому

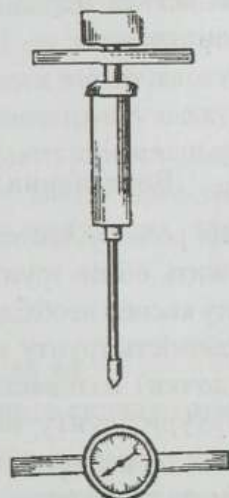


Рис. 36. Твердомір Алексєєва

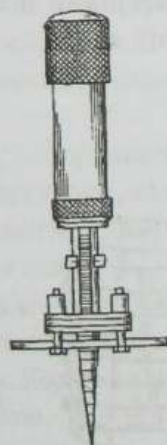


Рис. 37. Твердомір Голубєва

поршень з ручкою і манометром. В якості робочої рідини, якою заповнюють прилад, використовують гальмівну рідину.

Прилад встановіть перпендикулярно поверхні ґрунту і натисканням рук на ручки вдавіть конус у ґрунт. Тиск, необхідний для подолання опірності ґрунту з боку проникаючого в нього конусу, передається через поршень і робочу рідину і вимірюється манометром.

Робота № 29

Визначення коефіцієнта структурності ґрунтів

Від розміру часток, які складають ґрунт, та їх співвідношення залежить обмін ґрунтового та атмосферного повітря. Насичення ґрунту киснем необхідне для процесів окислення органічних речовин.

Здатність ґрунту розпадатись при обробці на окремі агрегати (грудочки) називається *структурністю*. При характеристиці структури ґрунту застосовується *коефіцієнт структурності ґрунту*, розрахований за відношенням маси грудок, розміром 0,25-10 мм, до суми грудок більших за 10 мм та пилюватих часток менших за 0,25 мм. Даний показник слугує об'єктивним критерієм структурного стану ґрунту.

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, набір сит, технічні ваги.

Хід роботи

Для визначення співвідношення часток ґрунту за їх розмірами застосуйте набір сит з різним діаметром отворів (рис.38). Найчастіше такі набори складаються з 5-7 сит з отворами діаметром 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,25 мм. Складіть сита так, щоб вони щільно входили одне в одне. У верхнє сито, з самими крупними отворами, насипте 100 г розрихленого повітряно-сухого ґрунту,

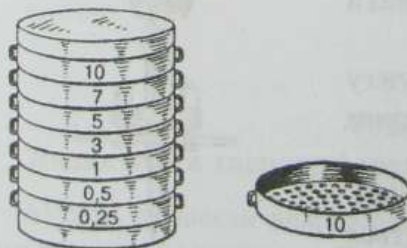


Рис. 38. Різнокаліберні сита для просіювання ґрунту

закрийте його кришкою і, обережно струшуючи весь набір, просійте пробу. Частки діаметром 10 мм і більше залишаються в ситі №1, їх називають крупним хрящем; частки діаметром від 7 до 10 мм та від 5 до 7 мм залишаються на ситах №2 та №3 – середній хрящ; частки діаметром від 2 до 5 мм залишаються на ситах №4 та №5 – дрібний хрящ; частки діаметром від 1 до 2 мм залишаються на ситі №6 – крупний пісок; частки діаметром від 0,25 до 1 мм залишаються на ситі №7 – дрібнозем; на дні набору сит збираються частки діаметром менше 0,25 мм – дрібний пісок. Після просіювання ґрунту зважують

вміст всіх сит та визначають співвідношення часток розміром 0,25-10 мм до суми часток більших за 10 мм та пилюватих часток менших за 0,25 мм.

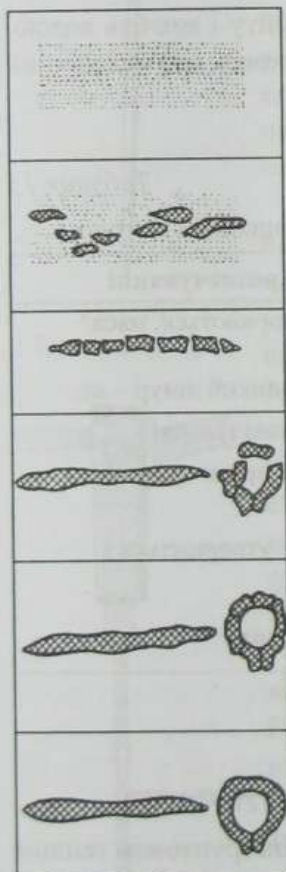


Рис. 39. Показники
гранулометричного
складу ґрунту
(за Н.А.Качинським)

Робота № 30

Визначення механічного складу ґрунтів

За механічним складом ґрунти поділяються на піщані, супіщані, суглинисті та глинисті.

У *піщаних ґрунтах* добра повітряна проникливість, сприятливі теплові властивості, проте волога в них не затримується швидко просочується в нижні шари. В таких ґрунтах коренева система рослин розвивається погано.

Супіщані ґрунти повітрянопроникливі, у них сприятливі теплові властивості, але вони також недостатньо вологостійкі. Коренева система в них розвивається слабо.

У *суглинистих ґрунтах* задовільна повітряна проникливість, сприятливі теплові властивості та достатня вологостійкість. Коренева система в них розвивається задовільно.

Глинисті ґрунти відрізняються поганою повітряною проникливістю, несприятливими тепловими властивостями. Вони вологостійкі,

часто бувають перезволоженими. Погано обігріваються. Коренева система в таких ґрунтах розвивається дуже погано.

Механічний склад ґрунту можна визначити польовим методом. При цьому враховується здатність зволоженого ґрунту в залежності від вмісту часток різного діаметру утворювати шнур неоднакової пластичності та кільце (рис. 39).

Матеріали й обладнання: досліджуваний ґрунт, вода.

Хід роботи

Візьміть на долоню невелику кількість ґрунту і змочіть водою. Із змоченого ґрунту скатайте шнур. Зробіть висновок про механічний склад ґрунту користуючись таблицею 15.

Таблиця 15

Визначення механічного складу ґрунту польовим методом

Механічний склад	Поведінка ґрунту при розкачуванні
Пісок	Кулька або шнур не утворюються, маса розсипається.
Супіщаний ґрунт	Кулька утворюється, а тонкий шнур – ні.
Легкий суглинок	Шнур дробиться при розкачуванні
Середній суглинок	Шнур суцільний, кільце при згортанні розпадається
Тяжкий суглинок	Шнур суцільний, кільце утворюється з глибокими тріщинками
Глина	Шнур суцільний, кільце ціле

Робота № 31

Визначення суми активних температур ґрунту

Важливим показником забезпеченості рослин ґрунтовим теплом є сума активних температур ґрунту (тобто температур вище 10°C) на глибині орного шару (20 см). За цих температур відбувається активна вегетація рослин. Суму активних температур можна виміряти як за весь вегетаційний період, так і за довільно вибраних



Рис. 40.
Термометр-щуп



Рис. 41.
«Агротестер»

7 днів, але в інтервалі однакових дат для порівнюваних екосистем. Останнє є більш прийнятним для практичних занять студентів.

Якщо сума активних температур ґрунту вимірюється в одній і тій же екосистемі кілька років підряд і охоплює весь вегетаційний період, то, використавши рівняння лінійної регресії (в комп'ютерній програмі *Excel*) можна одержати розрахункові рівняння та графічні залежності, які дозволять прогнозувати суму очікуваних активних температур для ґрунту досліджуваної екосистеми в залежності від дати стійкого переходу середньодобової температури ґрунту через 10° .

Для вимірювання температури ґрунту використовують термометр-щуп (рис. 40) та «Агротестер» (рис. 41).

Термометр-щуп. Застосовують для вимірювання температури поверхневих шарів ґрунту (від 3 до 30 см) у польових умовах. Сам термометр спиртовий (зафарбований) з ціною поділок $0,5^{\circ}\text{C}$, що має межу від 0 до 60°C , вставлений у спеціальну оправу, загострений нижній кінець якої дає змогу порівняно легко занурювати термометр у ґрунт. Верхня частина оправу має поздовжній закритий органічним склом виріз для шкали.

Верхній кінець оправу закінчується ручкою, яка полегшує занурення термометра у ґрунт. Резервуар термометра (1), металева оправу (2), наконечник (3), кільце для скріплення наконечника та металевої оправу (4), поділки термометра (5), ручка (6).

На металевій оправі нанесені поділки через 1 см, що дозволяє занурювати термометр на задану глибину. «Агротестер» має датчик, який фіксує температуру ґрунту на глибині до 20 см.

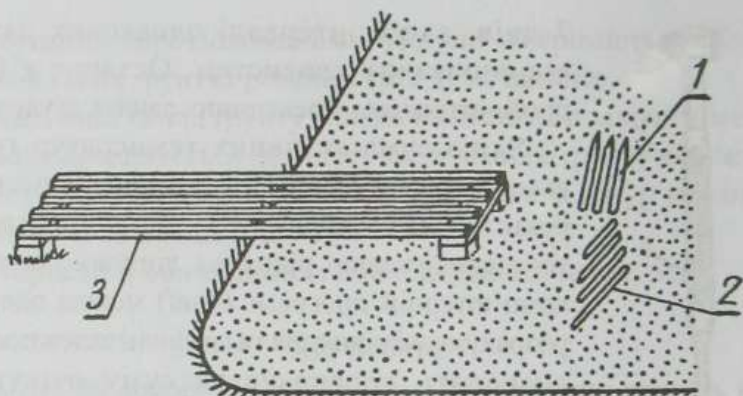


Рис.42. Встановлення ґрунтових термометрів

Хід роботи

Термометр встановіть на відкритій площадці розміром 4х6, без рослинного покриття, ґрунт перед початком досліджень розпушіть і розрівняйте. Термометр занурте у підготовлений ґрунт під гострим кутом, так, щоб резервуар увійшов наполовину у ґрунт. Щоб не ущільнювати ґрунт біля термометрів, для підходу до них під час спостережень з північного боку покладіть невеликий дощаний настил (рис.42). Температуру зареєструйте через 5-10 хв. після занурення термометрів у ґрунт.

Робота № 32

Визначення вологостності ґрунту

Вологостність – здатність ґрунту поглинати та утримувати в собі певну кількість води. При великій вологостності зменшується його повітря- та водопроникність. На таких ділянках ґрунту нерідко спостерігається відсирівання підлоги, стін, огорожуючих конструкцій приміщень, сповільнюється розкладання ор-ганічних речовин.

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, фільтрувальний папір, скляна трубка завширшки 3-4 см, марля, дистильована вода.

Хід роботи

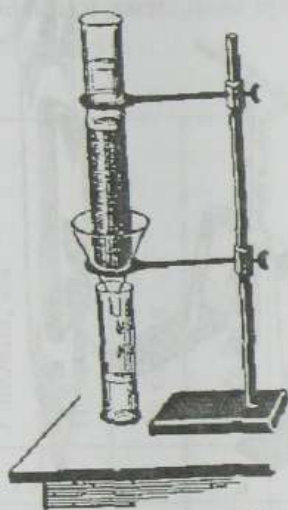


Рис. 43. Конструкція для визначення вологості ґрунту

Для визначення вологості ґрунту візьміть скляну трубку завширшки 3-4 см і завдовжки не менше 25 см (рис. 43). Зав'яжіть один кінець її марлею, спочатку закривши його фільтрувальним папером. Насипте в нього 100 г повітряно-сухої проби. Трубку з ґрунтом зважте. Після цього погрузіть її у воду та спостерігайте до появи води у верхньому шарі ґрунту. Це говорить про те, що частина води всмокталась ґрунтом, який знаходиться в трубці. Вийміть трубку з води та почекайте поки повністю не стече вода, яка не всмокталася. Після цього трубку знову зважте. Різниця між другим та першим зважуванням вкаже на масу води, яка утримується досліджуваним ґрунтом.

Приклад. Маса трубки з сухим ґрунтом (перше зважування) – 150 г. Маса тієї ж трубки з ґрунтом після поглинання води (друге зважування) – 170 г. Різниця між другим та першим зважуванням складатиме 20 г ($170 - 150$). Отже, вологість дорівнює 20%.

Робота № 33

Визначення загального запасу води ґрунту

Вологість ґрунту визначається кількістю води, яка міститься в даний момент і виражається в процентах до абсолютно сухої маси ґрунту. Для визначення вологості ґрунту використовують прямі і непрямі методи. При застосуванні прямих методів беруть ґрунтові проби, при непрямих – вологість визначається безпосередньо в полі на дослідній ділянці.

Матеріали й обладнання: ґрунтовий бур, алюмінієві бюкси з кришками, ваги, ексікатор.

Хід роботи

Відбір проб ґрунту

Ґрунтові проби відберіть бурами Некрасова або Френкеля (рис. 44). Коли ґрунт пухкий краще використовувати бури з різучою верхньою частиною. Коли ґрунт твердий і є багато коріння, використовуйте бур гвинтоподібної конструкції.

Бурами візьміть проби у дво- чи трикратній повторності. Місця з яких будете брати проби, розмістіть по діагоналі або в шаховому порядку, щоб краще охарактеризувати ґрунти ділянки за водним режимом.

Коли на ґрунтах є посіви, одну частину проб візьміть з міжряддя, а другу з рядів.

Для взяття проби ґрунтовим буром встановіть його вертикально і поверніть справа наліво. При цьому натискайте зверху на ручку бура. Після того, як бур зайде у ґрунт на певну глибину, вийміть його зворотнім повертанням з одночасним витягуванням нагору.

Ґрунт висипте у певну посудину або на листок паперу, після чого відберіть пробу 30-40 г. Проби покладіть у попередньо зважені бюкси.

Визначення вологості ваговим методом

Ґрунтові проби разом з бюксами зважте на технічних вагах з точністю до 0,01 г, поставте у сушильну шафу з відкритими кришками і висушіть при температурі 100-105 °С протягом 6 год. Після цього поставте їх з закритими кришками охолонуті і зважте. Потім знову поставте у сушильну шафу на 2 год. при температурі 100-105 °С, знову охолодіть і зважте. Цю операцію повторюйте стільки разів, поки вага окремих проб не буде постійною. На практиці за норму приймають ґрунт, який досяг абсолютно сухої ваги, коли різниця між останнім і попереднім зважуванням є не більшою 0,01 г. Як правило, після другого зважування ґрунт досягає

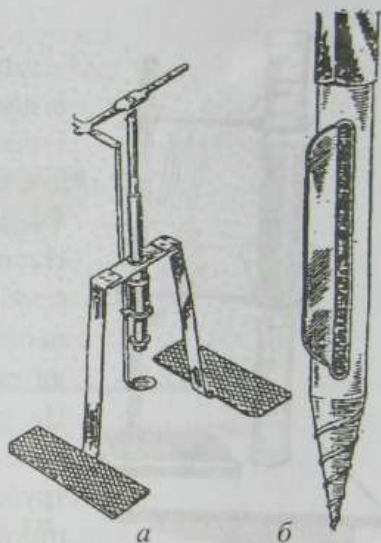


Рис. 44. Бур для відбору проб ґрунту: а – Некрасова, б – Френкеля.

постійної ваги. Дані про визначення вологості ґрунту запишіть у таблицю 16.

Таблиця 16

Глибина, см	Повторність	№ бюкса	Вага бюкса, г	Вага бюкса з вологим ґрунтом, г	Вага бюкса з сухим ґрунтом, г	Вага води, що випарувалася, г	Вага абсолютно сухого ґрунту, г	Вологість в % на абсолютно сухий ґрунт
0-10								

Вологість ґрунту розрахуйте за формулою:

$$B = \frac{A - B}{B} \times 100,$$

де B – вологість ґрунту, в %;

A – вага вологого ґрунту, у г;

B – вага сухого ґрунту, у г.

Робота № 34

Визначення максимальної гігроскопічної вологості ґрунту за А.В. Ніколаєвим

Максимальною гігроскопічною вологістю ґрунту називається та найбільша кількість води, яка поглинається ним при повному насиченні повітря парами води, тобто при 100% відносній вологості повітря. Прийнято вважати, що цей показник в півтора рази менший від коефіцієнта в'янення рослин і тому за його величиною можна підрахувати запас доступної (продуктивної) і недоступної вологи в ґрунті.

Матеріали та обладнання: повітряно-сухий ґрунт, фарфорові чашки, ексікатор, насичений розчин K_2SO_4

Приготування насиченого розчину K_2SO_4 . Візьміть 10-15 г K_2SO_4 і розчиніть у 100 мл дистильованої води.

Хід роботи

Візьміть наважку 10 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1 мм в двох повторностях і перенесіть в попередньо зважену чашку або скляний стаканчик. Проби помістіть в ексикатор на фарфорову решітку. На дно ексикатора залийте 100 мл насиченого розчину K_2SO_4 (для створення відносної вологості повітря близької до 100% (98-99%)). Ексикатор добре закрийте кришкою, попередньо змастивши шліфи вазеліном, і покладіть в темне місце, де є малі коливання температури, до повного насичення проб ґрунту водою. Через 3-4 дні чашки вийміть з ексикатора, зважте і знову помістіть в ексикатор. Таку операцію повторюйте до тих пір, поки два останні зважування будуть відрізнятися не більше як на 0,005 г.

Кількість поглинутої ґрунтом води, що відповідає максимальній гігроскопічній вологості, визначте висушуванням проб при температурі 100-105°C до повітряної ваги. Максимальну гігроскопічність ґрунту вирахуйте за формулою:

$$A = \frac{a \times 100}{b},$$

де A – максимальна гігроскопічність (у %);
 a – вага води, що випарувалась (у г); b – вага сухого ґрунту (у г).

Вологість ґрунту можна виміряти також використавши прилади для експрес вимірювання: ВПГ-1 (ІПП-1) та ВПГ-4ц (рис. 45).

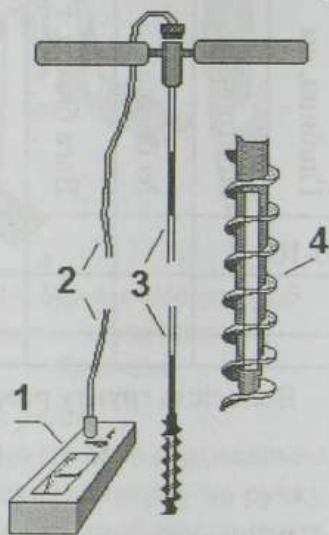


Рис. 45, а. ВПГ-1 (ІПП-1)

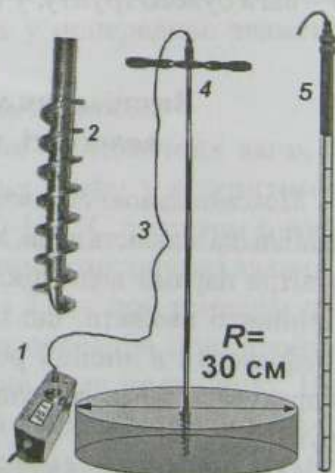


Рис. 45, б. ВПГ-4ц

Прилад ВПГ-1 (ІПП-1) складається з вимірювального блоку вологості (1), з'єднувального шнура (2), свердла-датчика (3).

Принцип дії приладу базується на вимірюванні комплексної електропровідності у змінному електричному струмі низької частоти (до 10 кГц).

Діапазон вимірювання вологості ґрунту 2-40% від сухої маси ґрунту. Прилад ВПГ-4ц (рис. 45) складається з цифрового вимірювального блоку (1), наконечника переносного датчика (2), з'єднувального шнура (3), переносного датчика вологості ґрунту (4), стаціонарного датчика вологості ґрунту (5). Діапазон вимірювання вологості ґрунту 2-40% від сухої маси ґрунту; загальних запасів вологи у 10 см шарі 3-60 мм.

Робота № 35

Визначення продуктивного зволоження (W) у метровому шарі ґрунту

Хід роботи

Сумарне водоспоживання і коефіцієнт водоспоживання можна розрахувати за результатами динамічних визначень вологості і щільності ґрунту. Для цього на досліджуваних ділянках виділіть не менше двох площадок, розміром 2х2 м (на одній повинні бути присутні досліджувані рослини, на іншій – ні). Чисті площадки необхідні для розділення сумарного водоспоживання на фізичне випаровування та транспірацію. У польових дослідках для характеристики водозабезпеченості рослин можна відмовитися від чистих площадок. На виділених площадках через певний проміжок часу визначте вологість і щільність ґрунту до глибини 100 см у кожних 10 см, при чому спостереження супроводжуйте врахуванням кількості опадів, що випали. Для скорочення розрахунків визначте середні значення вологості і щільності ґрунту у шарах 0-30 см, 30-50 см і 50-100 см. Крім того, для розрахунку запасу продуктивної (доступної рослинам) вологи встановіть максимальну гігроскопічність ґрунту.

Запас води у метровому шарі ґрунту на початку вегетації (W_0) розрахуйте як сумарну величину запасу у кожному досліджуваному шарі за формулою:

$$W_o = \sum \frac{B_o d_o h}{10},$$

де W_o – запас води у метровому шарі ґрунту на початку вегетації, мм/га або м³/га;

B_o – вологість ґрунту на початку вегетації, %;

d_o – щільність ґрунту, г/см³;

h – висота (потужність) досліджуваного шару, см;

10 – коефіцієнт для перерахунку м³ води у мм.

Значення B_o та d_o беруться для відповідних шарів ґрунту.

Запас води у метровому шарі ґрунту в кінці вегетації (W_k) розрахуйте аналогічно попередній формулі:

$$W_k = \sum \frac{B_k d_o h}{10}.$$

Сумарне водоспоживання (ΣB) визначте за формулою:

$$\Sigma B = W_o - W_k + \Sigma O, \text{ мм/га або м}^3/\text{га.}$$

ΣO – сумарна кількість опадів.

Коефіцієнт водоспоживання (K_g) дорівнює:

$$K_g = \Sigma B : \Pi, \text{ мм/ц або м}^3/\text{ц.}$$

Π – приріст біомаси.

Кількість недоступної рослинам води (W_n):

$$W_n = \sum \frac{W_{mz} d_o \cdot 1,34}{10},$$

де W_{mz} – максимальна гігроскопічність ґрунту, %;

d_o – щільність ґрунту, г/см³;

h – висота (потужність) досліджуваного шару, см;

1,34 – коефіцієнт, який збільшує значення W_{mz} при врахуванні всієї недоступної рослинам води;

10 – коефіцієнт для перерахунку м³ води у мм.

Значення B_o та d_o беруться для відповідних шарів ґрунту.

Запас продуктивної води (W_p) у метровому шарі ґрунту:

$$W_n = \sum B - W_n$$

Знаючи запаси вологи у метровому шарі ґрунт на початку вегетації і коефіцієнт водоспоживання, можна розрахувати водозабезпеченість рослин за вегетацію, орієнтуючись на дані про середньо багаторічну кількість опадів.

Робота № 36

Визначення вологості стійкого в'янення (BCB) рослин

Вологість стійкого в'янення (BCB) – це вологість ґрунту, при якій з'являються ознаки стійкого в'янення рослин, які не зникають після поміщення в'янучих рослин в атмосферу, насичену водяним паром. Виражається BCB у % від маси сухого ґрунту, або в мм шару води в певному об'ємі ґрунту.

Матеріали та обладнання: проби ґрунту, сито з отворами 1 мм, скляні банки, 5-6 пророслих насінин, парафін, технічний вазелін, ексикатор, термостат.

Хід роботи

У банки висотою 6-7 см та діаметром 3,5-4 см насипте просіяний через сито з отворами 1 мм ґрунт. У ґрунт вткніть скляну трубку довжиною 8-9 см (на 1-2 см вищу від поверхні ґрунту), щоб забезпечити полив рослин. Ґрунт поливайте водою, але не перезволожуйте, щоб краще росли проростки.

У вологий ґрунт висійте 5-6 пророслих насінин певного виду рослин. Для кращого приживання насіння, банки накрийте картоном або склом, щоб зменшити випаровування води. Після приживання в кожній посудині залишіть по 3 рослини. Потім поставте посудини з рослинами в добре освітлене приміщення. Після того, як другий листок стане більш розвинутим, ніж перший (здебільшого після 2 тижнів), зробіть останній полив рослин, які до цього часу регулярно поливались. Після цього в банку залийте майже застиглий парафін у суміші з технічним вазеліном (4 частини парафіну + 1 частина вазеліну). Парафін повинен бути не гарячим і не пошкоджувати рослини. Скляні трубки щільно закрийте ватною пробкою. Після

цього поставте банки в темне місце і витримайте там до появи перших ознак в'янення рослин. Спостереження за рослинами проводіть щоденно і відбирайте банки, в яких рослини зів'яли. Банки з такими рослинами поставте в ексікатор або інший посуд, повітря якого насичене парами води. Для цього налейте воду на дно ексікатора, а рослину поставте на фарфорову решітку. Витримайте рослини в ексікаторі одну ніч. Ті рослини, що знаходяться на першій стадії в'янення, за цей час поновлять тургор. Вийміть їх з ексікатора і знову поставте в слабко-освітлене приміщення на кілька годин, поки не з'являться нові ознаки в'янення. Такі операції повторюйте доти, поки не наступить тривале в'янення рослин, тобто вони вже не зможуть відновити тургору у вологому середовищі.

Банки, в яких рослини не відновили тургорний стан, вийміть з ексікатора і видаліть парафіновий шар разом із землею до 1-2 см глибини. Решту ґрунту перенесіть у зважений посуд, зважте і висушіть при 100-105° С до абсолютно сухого стану. За різницею у вазі до і після висушування знайдіть вагу води (в г), що відповідає тривалому в'яненню. Кількість вологи вирахуйте в відсотках до абсолютно сухого ґрунту.

Робота № 37

Визначення актуальної кислотності за допомогою універсального індикатора

Кислотність зумовлена наявністю іонів водню, їх концентрація виражається в мг-екв водню на 100 г ґрунту і величиною рН, що являє собою десятковий логарифм концентрації водневих іонів з оберненим знаком: $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$. При нейтральній реакції розчину рН дорівнює 7, при кислотній менше 7, при лужній більше 7. Залежно від того, в якому стані знаходяться у ґрунті іони водню, розрізняють такі види кислотності: актуальну (активну) і потенційну (приховану), яка поділяється на обмінну та гідролітичну.

Актуальна кислотність зумовлена іонами водню, що знаходяться в ґрунтовому розчині. Про її величину судять за аналізом водної витяжки з ґрунту (водне рН). Вона характеризує кислотність

у момент визначення. *Потенційна кислотність* зумовлена поглинутими іонами водню й алюмінію, які можуть переходити в ґрунтовий розчин і визначати її величину. Вона визначається в сольовій витяжці ґрунту. В залежності від того, якою сіллю витісняються поглинуті іони H^+ , Al^{3+} , розрізняють обмінну та гідролітичну кислотність.

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, колби на 100 мл, циліндри на 100 мл, універсальний індикатор, стаканчик на 50 мл, паперові фільтри, дистильована вода, технічні ваги.

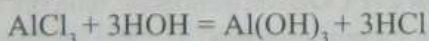
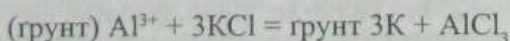
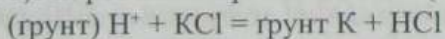
Хід роботи

Насипте в колбу 20 г повітряно-сухого ґрунту, долийте 50 мл дистильованої води, перемішайте суміш 5 хв. Відфільтруйте. Піпеткою наберіть у стаканчик 10 мл фільтрату і в нього занурте кінці смужок універсального індикатора. Порівняйте забарвлення смужок з індикаторною шкалою і запишіть знайдену величину рН. При оформленні результату запишіть також і назву ґрунту. Якщо рН дерново-підзолистого ґрунту більше 5,6, то визначати в дослідному зразку інші форми кислотності нема потреби, оскільки такий ґрунт вапнувати не потрібно. Якщо рН = 5,5 або менше, то ґрунт вапнують після визначення в ньому потенційної кислотності (обмінної та гідролітичної).

Робота № 38

Визначення обмінної кислотності за допомогою універсального індикатора

Обмінна кислотність це кислотність розчину, що утворюється при витісненні катіонами нейтральних солей з ґрунтового поглинаючого комплексу іонів водню та алюмінію. Найчастіше використовують 0,1 н. розчин хлористого калію (KCl):



Визначення обмінної кислотності за рН сольової витяжки дозволяє наближено судити про потребу ґрунтів у вапнуванні.

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, колби та циліндри на 100 мл, 1 н. розчин KCl (рН 5,5-6,0), лійки, фільтри, дистильована вода, універсальний індикатор, технічні ваги.

Хід роботи

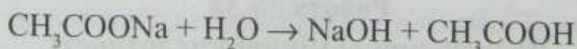
20 г повітряно-сухого ґрунту насипте у колбу на 100 мл, долейте 50 мл 1 н. розчину KCl. Вміст колби добре перемішайте протягом 5 хв., витяжку відфільтруйте через фільтр. Піпеткою наберіть 10 мл фільтрату в стаканчики і в них занурте кінці смужок універсального індикатора. Порівняйте забарвлення смужок з індикаторною шкалою і запишіть знайдену величину рН.

Робота № 39

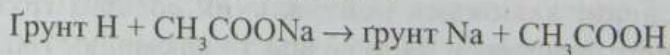
Визначення гідролітичної кислотності за Каппеном

За величиною гідролітичної кислотності найбільш точно вираховують норми вапна, які необхідно вносити в ґрунт для зменшення його кислотності.

При обробці ґрунту розчинами нейтральних солей витісняється не весь поглинутий водень. Для повного його витіснення діють розчинами оцтовокислого Na або K. Оцтовокислий Na у водному розчині гідролізується за рівнянням:



Утворений унаслідок гідролізу іон Na витісняє з поглинаючого комплексу ґрунту водень, який підкислює ґрунтовий розчин і обумовлює гідролітичну кислотність:



Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт, колби на 100-150 мл, піпетки на 25 мл, бюретки, лійки, фільтри, ножиці, циліндри на 50 мл, 1 н. розчин CH_3COONa , фенолфталеїн, 0,1 н. розчин NaOH, дистильована вода, скляні піпетки.

Хід роботи

Зважте 20 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1 мм, перенесіть у колбу на 100 мл і залийте 50 мл 1 н. розчину CH_3COONa , закрийте колбу пробкою. Колбу перемішайте на ротаторі протягом 1 год. Годинне збовтування можна замінити 5-хвилинним від руки й відстоюванням суспензії протягом доби. Суспензію відфільтруйте через сухий складчастий фільтр, вилийте з колби по скляній паличці. Якщо фільтрат – лужний, то ще раз відфільтруйте через той же фільтр. Піпеткою візьміть 25 мл прозорого фільтрату, вилийте в конічну колбу на 100 мл, додайте 2-3 краплі розчину фенолфталеїну і титруйте 0,1 н. розчином NaOH до слабо-рожевого забарвлення, що не зникає протягом 1 хв. За шкалою на бюретці зазначте кількість мл лугу, що пішла на титрування. Величину гідролітичної кислотності розрахуйте за формулою:

$$H = \frac{a \cdot K_{\text{NaOH}} \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75}{C}, \text{ де}$$

$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – гідролітична кислотність у мг-екв на 100 г ґрунту;

a – кількість мл 0,1 н. NaOH , що пішла на титрування;

K_{NaOH} – поправка до титру;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г ґрунту;

1,75 – поправка на повноту витіснення іонів водню при одноразовій обробці його 1 н. розчином CH_3COONa ;

0,1 – коефіцієнт перерахунку у мг-екв;

C – наважка ґрунту.

Робота №40

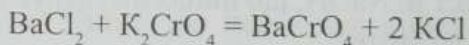
Визначення ємності поглинання ґрунтів за С.М.Альошиним

Даний метод визначення ємності поглинання катіонів заснований на здатності 1н BaCl_2 витіснити з ґрунту обмінні катіони, а потім ґрунт обробляють 0,05 н розчином H_2SO_4 . Іони водню кислоти повністю витісняють іони барію з ґрунту. Залишок сульфатної кислоти у фільтраті титрують лугом і розраховують ємність поглинання в мг-екв на 100 г ґрунту.

Матеріали й обладнання: фарфорові чашки, фільтр, лійки, колби ємністю 750 мл, повітряно-сухий ґрунт, 1н розчин BaCl_2 , 10% розчин K_2CrO_4 , 10% розчин CH_3COOH , 4% розчин щавелево-кислого амонію, 0,05 н H_2SO_4 , розчин фенолфталеїну, 0,1н розчин NaOH

Хід роботи

Зважте у фарфоровій чашці (діаметром біля 7 см) 10 г повітряно-сухого ґрунту, долейте 20-30 мл 1н розчину BaCl_2 , добре перемішайте скляною паличкою і дайте суміші відстоятися. Надосадну рідину за допомогою скляної палички перенесіть на фільтр з лійкою, яка встановлена у колбу ємністю 750 мл. До осаду додайте порцію 1н розчину BaCl_2 , змішайте і знову відфільтруйте. Цю операцію повторіть 4-5 раз, а потім весь ґрунт за допомогою розчину BaCl_2 перенесіть на фільтр. Продовжте на фільтрі обробляти ґрунт розчином BaCl_2 до повного видалення всіх обмінних катіонів кальцію. Повноту витіснення катіонів визначте за реакцією на кальцій. Для цього з-під лійки в маленький стаканчик відберіть 5-10 мл фільтрату, додайте надлишок 10%-го K_2CrO_4 і кілька крапель 10%-ї CH_3COOH до переходу жовтого забарвлення в оранжеве. *Приклад осадження барію:*



Осад покладіть для відстоювання і рідину відфільтруйте у пробірку. У пробірку додайте 1 мл 4%-го розчину щавелево-кислого амонію, нагрійте до кипіння. При наявності кальцію з'являється муть або випадає осад. Це означає, що обмінні катіони не витіснені повністю і слід продовжити обробіток ґрунту розчином BaCl_2 . При відсутності осаду або муті припиніть операцію обробки ґрунту хлористим барієм. Після насичення барієм ґрунт разом з фільтром перенесіть у літрову конічну колбу, додайте 500 мл 0,05 н H_2SO_4 . Збовтайте вміст протягом 5 хв. і відфільтруйте через щільний фільтр.

Візьміть 50 мл прозорого фільтрату, додайте 2-3 краплі розчину фенолфталеїну і титруйте 0,1н розчином NaOH до слабкого рожевого забарвлення.

Для розрахунку результатів аналізу на сухий ґрунт необхідно визначити вміст вологи у ґрунті після обробки його BaCl_2 : зважте 10 г сухого ґрунту, перенесіть його на лійку з фільтром і відфільтруйте

через ґрунт 10 мл 1н розчину BaCl_2 , об'єм фільтрату виміряйте циліндром, вирахуйте різницю між 100 мл і об'ємом фільтрату (n).

Ємність поглинання ґрунту розрахуйте за формулою:

$$A = \frac{[(a \cdot K_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 0,05 - K_{\text{NaOH}} \cdot 0,1) / 500 + n] \cdot 100 K_{\text{H}_2\text{O}}}{a \cdot C},$$

де A – ємність поглинання (у мг-екв. на 100 г ґрунту);

a – кількість мл фільтрату, що береться для титрування;

$K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – поправка титру сульфатної кислоти;

0,05 – коефіцієнт перерахунку в мг-екв.;

v – кількість мл NaOH , що йде на титрування фільтрату;

K_{NaOH} – поправка титру мулу;

0,1 – коефіцієнт перерахунку у мг-екв.;

$500 + n$ – фактичний об'єм 0,05 н. сульфатної кислоти, що взято для витіснення поглинутого ґрунтом барію (у мл);

100 – для перерахунку на 100 г ґрунту;

$K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт перерахунку на сухий ґрунт;

C – наважка повітряно-сухого ґрунту (г).

Контрольні запитання до розділу

1. Що таке каменястість ґрунту? Як вона визначається?
2. Які Вам відомі способи визначення твердості ґрунту?
3. Як визначити коефіцієнт структурності ґрунту?
4. Якими властивостями характеризуватиметься шнур та кільце, зроблені із змоченого ґрунту, який за механічним складом належить до важкого суглинку?
5. Як застосувати термометр-щуп для вимірювання температури ґрунту?
6. З яких частин складається конструкція для вимірювання вологості ґрунту? В яких одиницях вимірюється вологість ґрунту?
7. Що таке максимальна гігроскопічна вологість ґрунту і як вона визначається? Чим вона відрізняється від показника загального запасу води?
8. За якою формулою розраховується запас води у метровому шарі ґрунту на початку вегетації?

9. За якою формулою розраховується запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту?
10. Що таке вологість стійкого в'янення і як її визначити?
11. Чим відрізняються поняття «актуальна», «обмінна» та «гідролітична кислотність»?

РОЗДІЛ IV

АНАЛІЗ ФІТОЦЕНОЗУ

Робота № 41

Визначення індексів видового багатства та видового різноманіття рослин

Видове багатство рослин виражається відношенням числа видів на одиницю площі. Якщо це лісова система, то – на 1 га, а якщо лучна – на 1 м².

Видове різноманіття рослин в угрупованнях прийнято розраховувати за формулою Шеннона:

$$H_i = - \sum_{i=1}^I P_i \cdot \ln P_i, \text{ де}$$

P_i – ймовірність внеску кожного виду в угруповання.

$P_i = n / N$, n – кількість балів, яку одержує кожний вид за відсотком проєкційного покриття, або за рясністю (щільністю) в даному угрупованні.

N – загальна сума балів, яку одержали за цим показником усі види даного угруповання.

Незважаючи на наявність інших показників визначення видового різноманіття, даний показник застосовується більшою кількістю екологів і тому є найбільш універсальним.

Матеріали та обладнання: гербарні папки, газети для гербарію.

Хід роботи

Дослідження видового багатства. Огородіть чотири ділянки розміром 1 м × 1 м у випадку дослідження лучної системи та розміром 10 м × 10 м – у випадку лісової. Вбийте в ґрунт кілки і обтягніть їх мотузкою. На зазначених ділянках порахуйте загальну кількість видів, знайдіть середнє значення і виразіть результат на одиницю відповідної площі.

Дослідження видового різноманіття. Огородіть ділянку розміром 10 м × 10 м (як для лучної, так і для лісової екосистеми) і

відберіть з цієї ділянки у гербарій по одному екземпляру кожного виду рослин. На гербарній „сорочці” позначте проективне покриття, яке займає даний вид від загального проективного покриття досліджуваного рослинного угруповання.

Проективне покриття – це площа проєкцій надземних частин рослин одного виду на поверхню ґрунту за винятком просвітів між листками та гілками.

У лабораторних умовах переведіть відсотки проективного покриття у бали. Тепер знайдіть ймовірність внеску кожного виду в угруповання (P_j) і за формулою Шеннона визначте видове різноманіття.

Для прикладу пропонуємо Вам ознайомитись з результатами дослідження видового різноманіття рослинних угруповань двох екстремальних біотопів – на вапняковому відслоненні та на джерельному болоті, які були виявлені нами на хребті Чорний Діл Буковинських Карпат (Чернівецька обл.) (Руденко та ін., 2002).

Результати бальної оцінки видів за проективним покриттям представлені в таблицях 17 та 18.

Таблиця 17

Бальна оцінка видів за проективним покриттям
у рослинному угрупованні на вапняковому відслоненні

Назва видів	Бали за проективним покриттям
1. <i>Picea abies</i> (L.) Karst. Ялина європейська (смерека)	2
2. <i>Betula pendula</i> Roth. Береза повисла (бородавчаста)	1
3. <i>Juniperus sibirica</i> Burgsd. Яловець сибірський	3
4. <i>Salix retusa</i> L. Верба туполиста	1
5. <i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik. Кизильник цілокрайй	1
6. <i>Spiraea media</i> Franz Schmidt Таволга середня	1

Назва видів	Бали за проективним покриттям
7. <i>Vaccinium uliginosum</i> L. Буяхи, лохина	1
8. <i>Thymus alpestris</i> Tausch. Чебрець альпійський	1
9. <i>Carex ornithopoda</i> Willd. Осока лапчаста	2
10. <i>Listera ovata</i> (L.) R.Br. Зозулині сльози яйцевидні	1
11. <i>Lotus arvensis</i> Pers. Лядвенець польовий	1
12. <i>Pimpinella saxifraga</i> L. Бедринець ломикаменевий	2
13. <i>Campanula alpina</i> Jacq. Дзвоники альпійські	1
14. <i>Phyteuma orbiculare</i> L. Фітеума куляста	1
15. <i>Gentiana asclepiadea</i> L. Тирлич ваточниковий	1
16. <i>Galium wirtgenii</i> F. Schultz Підмаренник Віргена	1
17. <i>Viola saxatilis</i> F.W. Schmidt Фіалка скельна	1
18. <i>Scabiosa columbaria</i> L. Скабіюза голубина	1
19. <i>Carduus glaucus</i> Baumg. Будяк сизий	1
20. <i>Carlina acaulis</i> L. Відкаслик безстебловий	1
21. <i>Crepis conyzifolia</i> (Gouan) A.Kerner Скереда конізолиста	1
22. <i>Sempervivum montanum</i> L. Молодило гірське	1
23. <i>Anthyllis carpatica</i> Pant. Заяча конюшина карпатська	1

Назва видів	Бали за проективним покриттям
24. <i>Scrophularia cretacea</i> Fisch. ex Spreng. Ранник крейдяний	1
25. <i>Allium montanum</i> F. W. Schmidt Цибуля гірська	1
26. <i>Lilium martagon</i> L. Лілія лісова (л.кучерява)	1
27. <i>Melampyrum saxosum</i> Baumg. Перестріч скельний	3
28. <i>Euphrasia montana</i> Jord. Очанка гірська	1

Таблиця 18

Бальна оцінка видів за проективним покриттям у рослинному угрупованні на джерельному болоті

Назва видів покриттям	Бали за проективним
1. <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv. Щучник дернистий	2
2. <i>Alopecurus pratensis</i> L. Китник (лисохвіст) лучний	1
3. <i>Agrostis tenuis</i> Sibth. Мітлиця тонка	1
4. <i>Lerchenfeldia flexuosa</i> (L.) Shur Лерхенфельдія звивиста	1
5. <i>Juncus effusus</i> L. Ситник розлогий	3
6. <i>Juncus triglumis</i> L. Ситник трилусковий	3
7. <i>Heracleum sibiricum</i> L. Борщівник сибірський	1
8. <i>Chaerophyllum aromaticum</i> L. Бутень запашний	1

Назва видів покриттям	Бали за проєктивним покриттям
9. <i>Campanula polymorpha</i> Witas. Дзвоники мінливі	1
10. <i>Gentiana pneumonanthe asclepiadea</i> L. Тирлич звичайний	1
11. <i>Galium uliginosum</i> L. Підмаренник багновий	1
12. <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult. Свербіжниця польова	1
13. <i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Осот клейкий	3
14. <i>Crepis mollis</i> (Jacq.) Aschers. Скереда м'яка	1
15. <i>Leontodon autumnalis</i> L. Любочки осінні	1
16. <i>Leucanthemum rotundifolium</i> (Waldst. et Kit.) DC. Королиця круглолиста	1
17. <i>Chrysanthemum corymbosum</i> (L.) Scop. Маруна щиткова	1
18. <i>Petasites hybridus</i> (L.) Gaertn., Mey. et Schreb. Кремена гібридна	1
19. <i>Hieracium aurantiacum</i> L. Нечуйвітер оранжево-червоний	1
20. <i>Achillea submillefolium</i> Klok. et Krytzka Деревій майже звичайний	1
21. <i>Filipendula denudata</i> (J. et C. Presl) Fritsch Гадючник оголений	1
22. <i>Ranunculus repens</i> L. Жовтець повзучий	1
23. <i>Betonica officinalis</i> L. s. I. Буквиця лікарська	1
24. <i>Dipsacus laciniatus</i> L. Черсак розрізанолистий	1
25. <i>Euphrasia montana</i> Jord. Очанка гірська	1

У таблиці 19 наведено розрахунок показників видового різноманіття для досліджуваних рослинних угруповань. Як видно з одержаних даних, рослинне угруповання на вапняковому відслоненні має більший індекс видового різноманіття, ніж рослинне угруповання на джерельному болоті.

Можна не переводити відсотки проектного покриття в бали, але тоді сума відсотків проектного покриття всіх видів також повинна дорівнювати 100%.

Замість бальної оцінки проекційного покриття, можна використати бальну оцінку рясності видів в угрупованні. Такий облік звичайно проводять за бальною системою або за шкалою, запропонованою О. Друде. В цій системі оцінки рясності прийняті такі градації:

Soc (*socialis*) – рослини змикаються окремими частинами (1 бал);

Cop³ (*copiosae*) – рослини дуже рясні (2 бали);

Cop² – рослини рясні (3 бали);

Cop¹ – рослини досить рясні (4 бали);

Sp (*sparsae*) – рослини рідкі (5 балів);

Sol (*solitariae*) – рослини поодинокі (6 балів);

Un (*unicum*) – одна рослина на площі виявлення (7 балів).

Таблиця 19

Розрахунок індексу видового
різноманіття рослинних угруповань

	<i>Рослинне угруповання на джерельному болоті</i>	<i>Рослинне угруповання на вапняковому відслоненні</i>
Індекс видового різноманіття Шеннона:	$H = -[21(1/31 \ln 1/31) +$	$H = -[23(1/35 \ln 1/35) +$
$H_i = -\sum_i P_i \cdot \ln P_i$	$+ 1(2/31 \ln 2/31) +$	$+ 3(2/35 \ln 2/35) +$
де P_i - ймовірність	$+ 3(3/31 \ln 3/31)] =$	$+ 2(3/35 \ln 3/35)] =$
внеску кожного виду	$= 3,18$	$= 3,25$

Робота № 42

Побудова спектра життєвих форм рослин

Життєва форма – це подібна морфоекологічна організація (габітус) групи організмів, яка виникає внаслідок конвергентної еволюції під впливом подібних факторів природного добору. Іншими словами, життєва форма – це пристосувальний тип організмів, який характеризується зовнішньою подібністю. Найбільш популярною класифікацією життєвих форм рослин є класифікація датського ботаніка Раункієра. Вона ґрунтується на розміщенні бруньок відновлення (верхівкових точок росту) відносно поверхні землі (табл. 20).

Таблиця 20

Класифікація життєвих форм рослин за Раункієром

Фанерофіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені на повітряних пагонах (кущі, дерева)
Хамефіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені на приземних пагонах або на приземних частинах пагонів (чагарники, напівчагарники)
Гемікриптофіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені безпосередньо під поверхнею ґрунту (більшість трав'янистих рослин).
Криптофіти	Бруньки відновлення або верхівкові точки росту знаходяться в ґрунті (або у воді).
Терофіти	Рослини, що закінчують життєвий цикл від насіння до насіння і відмирають протягом одного сезону (до цієї групи відносяться також рослини, які проростають осінню, а цвітуть і відмирають весною наступного року)
Епіфіти	Непаразитуючі (повітряні) рослини, які не мають коренів у ґрунті. Поглинають атмосферну вологу всією поверхнею або через повітряні корені. Епіфіти не мають прямого фізіологічного чи біохімічного

контакту з хазяїном, оскільки живуть не за рахунок його самого, а використовуючи дрібнозем та воду, яка накопичується в нерівностях стовбурів та гілок. Епіфіти тільки частково використовують продукти розпаду самих верхніх частин кори. До них відносяться орхідеї, мохи, лишайники та ін.

Хід роботи

Огородіть ділянку розміром 10м×10 м. Зберіть з цієї ділянки у гербарій по одному екземпляру кожного виду рослин. У лабораторних умовах посортуйте види на стопки за групами життєвих форм. Визначте відсоток, який становлять види кожної групи від загальної кількості видів, виявлених на ділянці. Результати досліджень

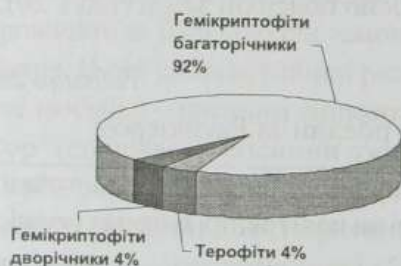


Рис. 46 Спектр життєвих форм рослин

представте у вигляді кільцевих діаграм. На рис. 46 представлена діаграма спектра життєвих форм рослинного угруповання на джерельному болоті (Руденко та ін. 2002).

Робота № 43

Визначення індексу синантропності рослинних угруповань

Синантропізація – пристосування організмів (синантропн-их) до існування у різко змінених людиною місцях, навіть у населених пунктах і людських домівках.

Синантропні види рослин можна ідентифікувати скориставшись монографією В.В.Протопопової (1991): “Синантропная флора Украины и пути её развития”

Хід роботи

Для визначення рівня синантропності фітоценозів застосуйте показник ступеня деструкції ценозу (I_d) (за Л.С. Балашовим та співавторами, 1988).

$$I_d = \frac{P_d}{P_t} \cdot 100,$$

де P_t – загальне проективне покриття фітоценозу;

P_d – сумарне покриття видів-деструкторів (представники класів синантропної рослинності).

Приналежність видів до числа синантропних встановить за вище наведеною працею В.В.Протопопової.

Контрольні запитання до розділу

1. Чим відрізняються поняття «видове багатство» та «видове різноманіття»?
2. Напишіть формулу Шеннона і охарактеризуйте її складові.
3. За якими показниками можна оцінити ймовірність внеску кожного виду рослин в угруповання?
4. Як визначається рясність видів за системою Друде?
5. Що таке проективне покриття рослин?
6. Що таке життєва форма?
7. Дайте характеристику основних життєвих форм рослин за системою Раункієра.
8. Що являє собою спектр життєвих форм рослинного угруповання?
9. У праці якого вітчизняного автора дана характеристика синантропних видів рослин України?
10. Напишіть формулу для визначення індексу синантропності рослинних угруповань.

РОЗДІЛ V

АНАЛІЗ ЗООЦЕНОЗУ

Для кожного типу екосистем характерний пріоритетний набір життєвих форм тварин.

Існує чимало класифікацій життєвих форм тварин, але найбільш популярною серед них є класифікація російських вчених Формозова та Кашкарова. У таблиці 21 описані ті життєві форми тварин за цією класифікацією, які представлені в екосистемах помірних широт, а також зазначений спосіб їх відлову.

Важливою особливістю всіх наземних угруповань тварин є велика різноманітність членистоногих, перш за все комах.

Таблиця 21

Життєві форми тварин та способи їх відлову

№ п/п	Група життєвих форм	Характеристика групи	Спосіб відлову
1.	Хортобіонти	Мешканці трав'яного покриву. Широко представлені, головним чином, у лучних фітоценозах	Косіння сачком
2.	Дендробіонти	Мешканці дерев	Струшування
3.	Ксилобіонти	Мешканці деревини	Відлов ексгаустером
4.	Тамнобіонти	Мешканці чагарників	Струшування
5.	Атмобіонти	Мешканці верхніх шарів підстилки, які здатні підніматися на нижні частини рослин	Ручний розбір, з подальшим відловом ексгаустером
6.	Герпетобіонти	Мешканці надземного шару органічних решок, які живуть під опалим листям	Ручний розбір, з подальшим відловом ексгаустером

№ п/п	Група життєвих форм	Характеристика групи	Спосіб відлову
7.	Геміедафічні (абсолютні землерії)	Тварини, які мешкають в гумусовмісному шарі ґрунту (черви, членистоногі).	За допомогою термoeлектора
8.	Відносні землерії	Час від часу виходять на поверхню ґрунту (членистоногі, ссавці (миші)).	Пастки з формаліном, закопані в ґрунт
9.	Еремобіонти	Мешканці поверхні щільних глинистих ґрунтів.	Пастки з формаліном, закопані в ґрунт

Робота № 44

Способи заморожування та фіксації тварин

Для заморожування комах та павукоподібних використовуйте один із наступних способів:

- *сухий пар*: у жестяну банку покладіть тварин, щільно закрийте кришкою і опустіть її до половини у кип'яток на 3-5 хв.
- *морилка з анестезуючими речовинами*: сірчаний або оцтовий ефір, хлороформ, бензин, дихлоретан. Всередину морилки помістіть шматочки паперу, які будуть оберігати тварин від вологи і пошкоджень.
- *метеликів* умертвіть легким здавлюванням грудного відділу за допомогою великого та вказівного пальців.

Дощових черв'яків, крупних енхітреїд помістіть у кювети з 0,5-1 % розчином формаліну. Після загибелі розпряміть їх, зніміть слиз і перенесіть у пробірки з 4% розчином формаліну.

Молюсків перед фіксацією помістіть на добу в посуд з кип'яченою водою, закрийте посуд пластинкою (склом). Зафіксуйте у 4 % розчині формаліну.

Білі та м'які личинки комах перед фіксацією занурте у крутий кип'яток (тоді вони не потемніють), а потім перенесіть в 70° спирт або 4% розчин формаліну.

Фіксацію членистоногих проведіть у 50-90° спирті, для багатьох груп – у 70°. Недоліком такої фіксації є те, що знебарвлюються неметалічні фарби, стають грубими з'єднання, злипаються і випадають волоски, луски. Зберігання у формаліні може призвести до того, що членистоногі зберігаючи забарвлення сильно твердіють і стають крихкими.

Мертвих метеликів помістіть у пакетики з паперу (рис.47). На внутрішньому боці зігнутого краю запишіть дату та місце збору.

Для перенесення пробірок з комахами можна використати пояс (рис. 48).

Для зберігання матеріалу використовуйте ватні матрасики, які помістіть у коробки. Членистоногих на матрасиках вкладайте ніжками донизу. Зібраних у різний час комах розкладіть окремо. Розмежуйте їх чорнильною лінією або ниткою. На листку паперу

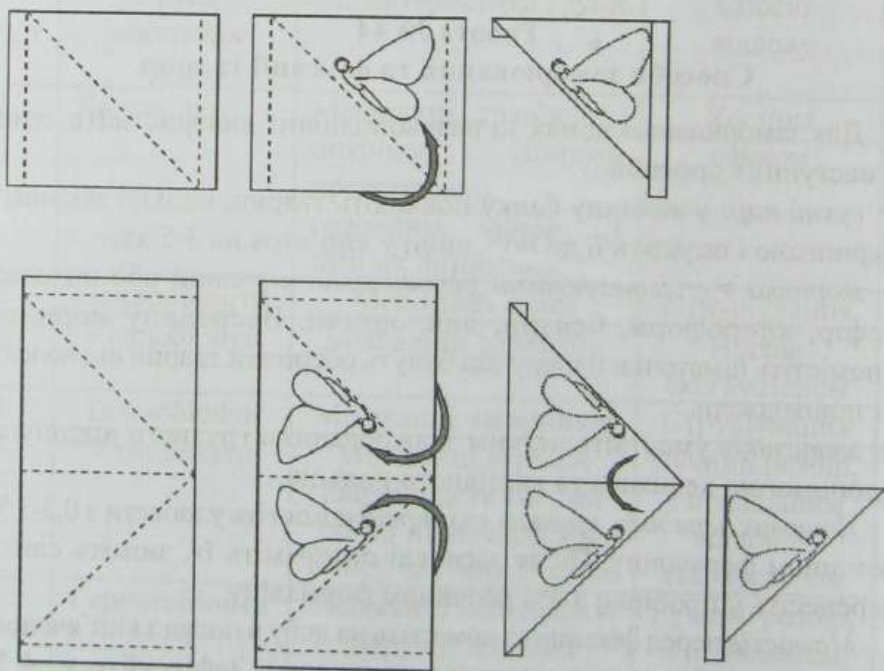


Рис. 47. Пакетики для транспортування метеликів

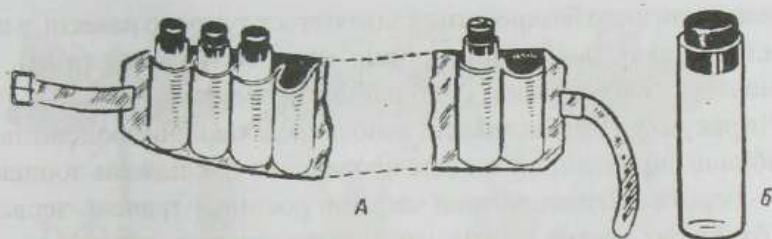


Рис. 48. Пояс для носіння пробірок: а – мисливський пантронтаж-пояс, пристосований для носіння пробірок в його гніздах, б – пробірка

(вкладиші) повторіть всі зроблені на ватнику межі, запишіть місце і дату збору.

5.1. Дослідження зооценозів лучних екосистем

Основною характеристикою лучних екосистем є наявність травостою і дернини (верхнього шару ґрунту, пронизаного коренями і кореневищами трав). Рослинний покрив сформований переважно мезофільними травами, характерне переважання злакових і осок. Для лук притаманна різко виражена мінливість (сезонна, річна) і швидка зміна під впливом випасу та сінокошу.

У лучних угрупованнях на першому трофічному рівні домінує трав'яниста рослинність. Переважають харчові ланцюги пасовищного типу. Видове різноманіття рослин велике, звідси і висока насиченість видами другого трофічного рівня. Велика кількість видів комах другого трофічного рівня одержує додаткове харчування на квітах (двокрилі, лускокрилі, перетинчастокрилі). Ряд членистоногих пов'язаний з вегетативними частинами рослин (сисні рослиноїдні комах – попелиці, цикади, клопи; гризучі фітофаги – прямокрилі, довгоносики, листоїди). Різноманітним є комплекс хижаків – сонечка, дрібні їзди, павуки лініфіди, тетрагнатиди. До поверхні ґрунту приурочені жужелиці, стафілініди, мертвоїди, гнойовики, павуки. Склад фауни луків, переважно комах, визначається характером трав'янистої рослинності, відстанню до окультурених ділянок, ступенем використання тієї чи іншої ділянки під випас худоби. Необхідно пам'ятати, що фауна тут не залишається

сталою: одні види безхребетних з'являються тут рано навесні, а потім швидко зникають (білани, кропив'янки, голуб'янки та ін), інші з'являються влітку і живуть до настання осені.

На рисунку 49 представлені типові представники зооценозів лук. Найбільш сприятливий час для проведення досліджень зооценозів лук – період цвітіння значної частини рослин – травень-червень.

Прийоми, якими можна користуватися при спостереженні і збиранні тварин на луках: 1 – косіння сачком по траві (основний метод), 2 – за допомогою наземного (ентомологічного) сачка відлов літаючих комах (переважно метеликів), 3 – збирання комах з квітух рослин, уважно їх оглянувши (можна знайти не лише комах, а й павуків та молюсків), 4 – проведення спостережень за тим, які комахи відвідують ту чи іншу рослину, 5 – вивчення мешканців коров'ячих бляшок.

Робота № 45

Вивчення хортобіонтів методом укосів

Хід роботи

Для косіння сачком (рис. 50) виберіть типову для даної місцевості ділянку, станьте так щоб при косінні сачком направлятися проти сонця. Сачок візьміть у руки на віддалі 1 м від кільця. Енергійними рухами водіть по поверхні рослин вправо і вліво (амплітуда повинна дорівнювати 180°). При кожному новому помаху робіть крок вперед. Таких подвійних змахів необхідно зробити 25-50 (відповідно одинарних 50 і 100). Після останнього змаху сачок посуньте ближче до себе і у повітрі швидко стряхніть зібраних тварин на дно сачка. Для косіння зручно користуватися сачком з дном, що розв'язується. У цьому випадку весь вміст висипте у підготовлену банку (морилку) з ефіром і закрийте її. Так само поступають із вмістом звичайних сачків. У лабораторії вміст морилки висипте на листок паперу, відберіть частини рослин, добре передивіться його. Безхребетних тварин посортуйте за систе-

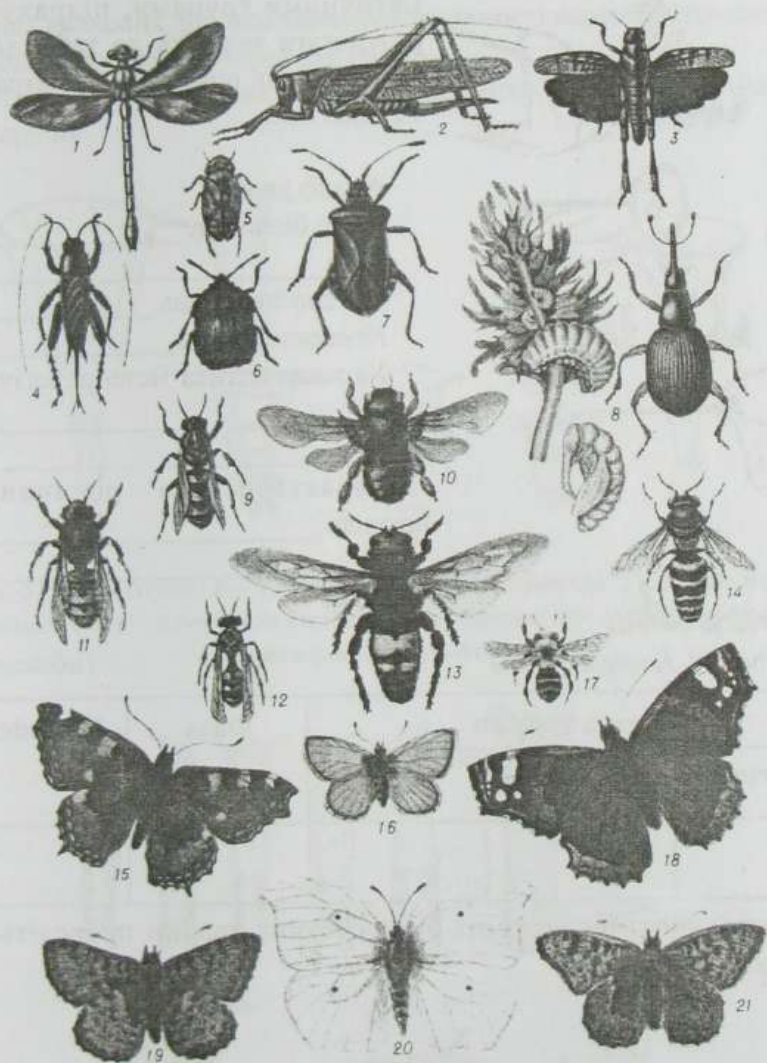


Рис. 49. Тварини лук та лісових галявин (за Б.М. Мазурмовичем, 1982):
 1 – бабака-красуня, 2 – коник зелений, 3 – кобилка тріскача, 4 – цвіркун
 польовий, 5 – пінявка звичайна, 6 – щитник смугастий, 7 – клоп щавелевий,
 8 – насіннєїд конюшиний, 9 – оса звичайна, 10 – шершень, 11 – бджола-
 тесляр, 12 – оса паперова, 13 – скоп олій-гігант, 14 – бембекс носатий, 15 –
 кропив'янка, 16 – голуб'янка ікар, 17 – Андрона сіра, 18 – адмірал, 19 –
 шашечниця червона, 20 – лимонниця, 21 – перламутрівка польова.

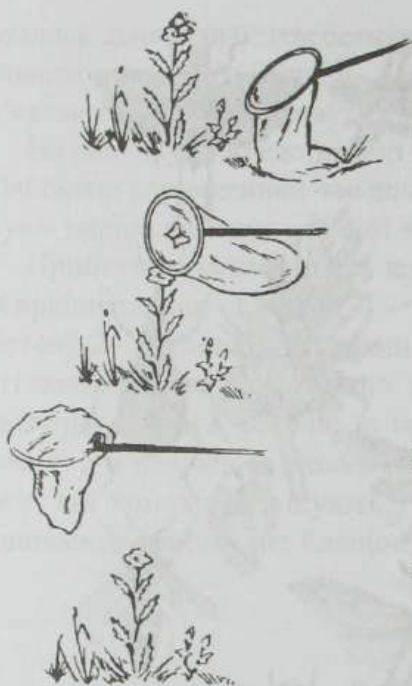


Рис. 50. Косіння сачком

матичними групами, підрахуйте, результати занесіть до таблиці 21. Хортобіонтів помістіть на матрацик з етикеткою.

Аналіз укусу

Назва біоценозу _____

Дата _____

Час спостережень _____

№ спостережень _____

Характеристика метеорологічних умов _____

Характеристика рослинного покриву _____

Таблиця 21

Назва тварин			Фаза розвитку	Кількість
тип	клас	відділ		

Розрахунок чисельності безхребетних тварин проведіть за формулою:

$$X = \frac{N}{2r \times l \times n},$$

де X – кількість комах та інших членистоногих на 1 м^2 ;

N – кількість зловлених комах при косінні;

r – радіус сачка, м;

l – середня довжина шляху сачка при кожному змаху;

n – число змахів.

Для вивчення добової динаміки активності хортобіонтів косіння доцільно проводити через 2-3 год.

На рисунку 51 наведені різні варіанти сачків та методи їх кріплення.

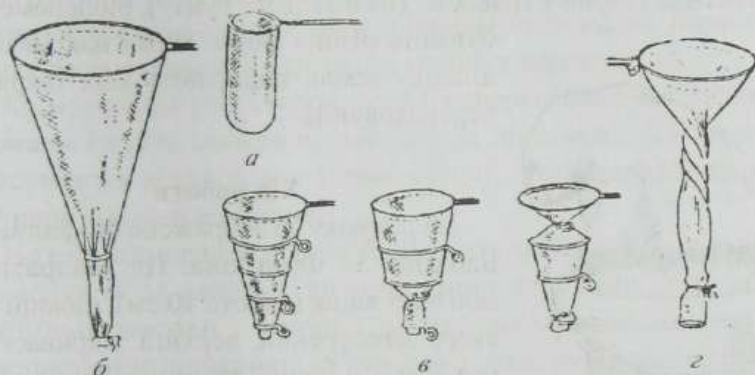


Рис. 51. Типи сачків: а – з плоским дном (повітряний), б – з прив'язаним мішечком, в – з отвором і прив'язаною банкою для висипання улову, г – з отвором на дні (для укосів),

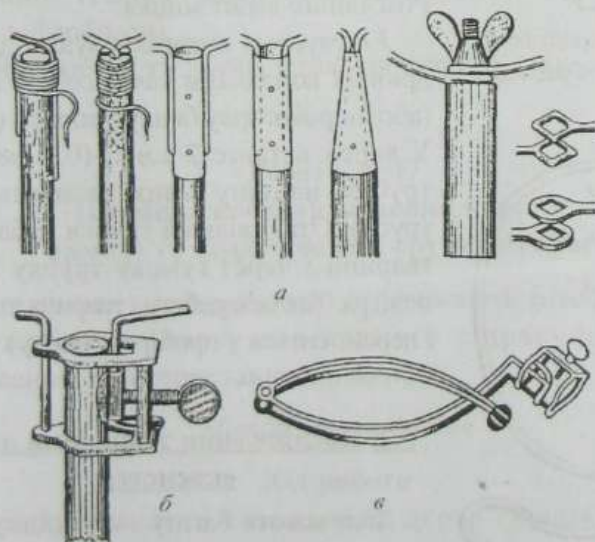


Рис. 52. Способи кріплення сачка до палки: а – постійне (жорстке), б – кріплення розбірного сачка, в – обруч розбірного сачка.

Робота № 46

Вивчення хортобіонтів за допомогою біоценометрів та ексгаустерів

Біоценометри використовують для кількісного підрахунку безхребетних тварин у травостої (на поверхні ґрунту). Біоценометри бувають різних форм. Ними накривають ділянку землі, вибирають всіх тварин і перераховують.



Рис. 53. Біоценометр Бабкіної та Фрідмана

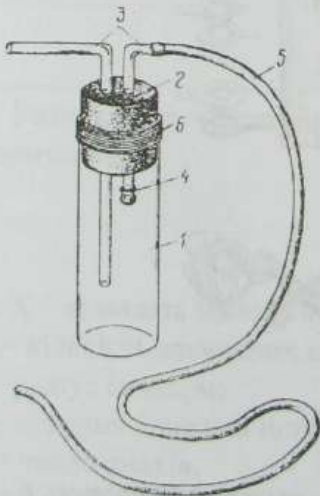


Рис. 54. Ексгаустер

Хід роботи

На рисунку 53 зображено біоценометр Бабкіної та Фрідмана. Це квадратний залізний ящик (висота 10 см), нижній бік якого загострений, верхній закривається мішком з щільної тканини. При роботі біоценометр швидко опустить на землю, землю підкопайте лопатою і проштовхніть у мішок. Мішок зніміть з рами, зав'яжіть. Розгляньте вміст мішка.

Ексгаустер використовують для збору дрібних комах. Він являє собою пробірку (або широкогорлу банку з корком (рис. 54). У корок вставте 2 тонкі (0,5 см) скляні трубки, на одну з них натягніть гумову трубку. Отвір вільної трубки наблизьте до тварини і через гумову трубку втягніть повітря. Так безхребетна тварина втягується і переноситься у пробірку (банку).

5.2. Дослідження зооценозів лісових екосистем

Ліси мають багату і своєрідну фауну. У кроні дерев, кущів мешкають різні хвостаті **листогризучі** (личинки жуків листоїдів та пилильщиків, гусінь лускокрилих) і

сисні комахи (попелиці, клопи). Серед вторинних консументів переважають їдці, руді лісові мурахи. У гілках крони будують сітки павуки (колопряди, лініфіїди).

На стовбурах і крупних скелетних гілках формується комплекс безхребетних *ксилофагів*: твердокрилі (короїди, златки, довгоносики, вусачі), перетинчастокрилі (рогохвости). Личинки цих комах розвиваються у корі та під корою у деревині.

Крім ксилофагів під корою та на її поверхні знаходяться чисельні *хижаки* (жуки, двокрилі, частіше їх личинки). До вторинних консументів відносяться також і їдці, що відкладають яйця в личинок комах-ксилофагів.

По мірі відмирання дерева збільшується кількість видів тварин, що існують за рахунок використання деревини. Угрупування найбільш масово і широко поширених видів можуть бути використані як індикатори тієї чи іншої стадії руйнування деревини. Останніми на стовбурі, що розкладається або на пні поселяються сапрофаги, представлені личинками двокрилих жуків.

Більшість членистоногих, що мешкають у лісі характеризуються однотонним темним забарвленням, тамнобіонти можуть бути яскраво зафарбовані.

На рисунках 55 та 56 представлені тварини лісу.

Робота № 47

Прямий спосіб визначення кількості тамно- та дендробіонтів групи фітофагів

Серед тамно- і дендробіонтів переважають фітофаги. Існують два способи їх відлову для прямого підрахунку – шляхом струшування та використання приманок.

Метод струшування

Хід роботи

Виберіть невеликі екземпляри дерев (кущів). Проведіть струшування на полотні, підкладене під дерево, або кущ. Струшування проводьте рано-вранці, або в похмуру погоду, коли комахи малоактивні. Можна струшувати комах у сачок.

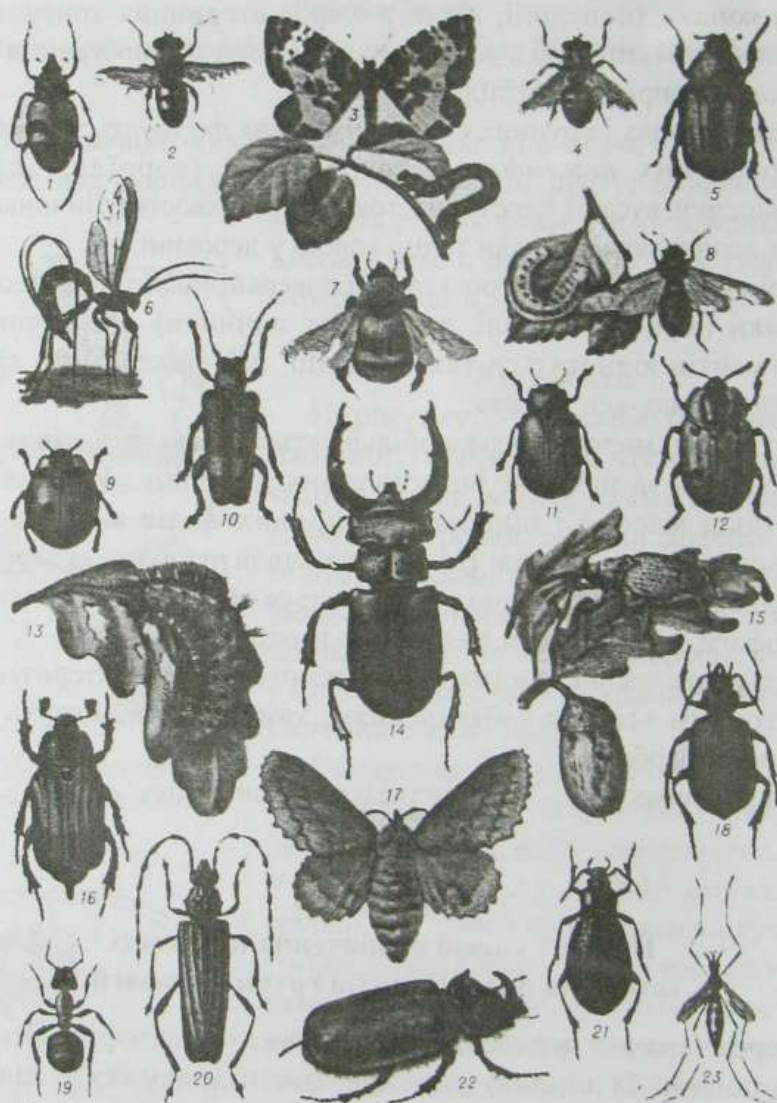


Рис. 55. Тварини лісу (за Б.М. Мазурмовичем, 1982): 1 – жук-восківка, 2 – дзюрчалка-сиф, 3 – п'ядун березовий, 4 – муха-тахіна, 5 – бронзівка, 6 – їздець риса, 7 – джеміль лісовий, 8 – пильщик березовий, 9 – сонечко семикрапкове, 10 – скрипун (уса) великий тополевий, 11 – листоїд тополевий, 12 – мертвоїд чотирикрапковий, 13 – гусениця непарного шовкопряда, 14 – жук-олень, 15 – довгоносик жолудевий, 16 – хрущ травневий східний, 17 – шовкопряд дубовий, 18 – красотіл бронзовий, 19 – мурашка руда лісова, 20 – скрипун (уса) мускусний, 21 – жуужеляця чорна, 22 – жук-носорог, 23 – комар-довгоніжка

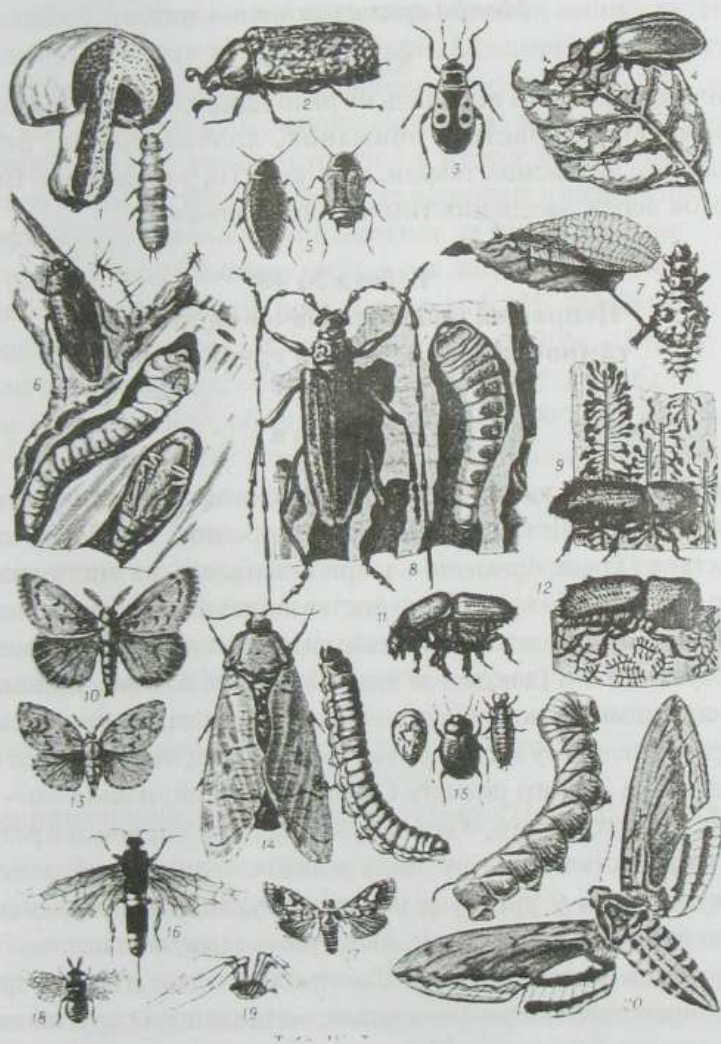


Рис. 56. Тварини лісу (за Б.М.Мазурмовичем, 1982): 1 – подура грибна, 2 – хрущ мармуровий липневий, 3 – клоп-солдастик, 4 – листоїд вільховий, 5 – лапландський тарган, 6 – златка соснова, 7 – золотка звичайна, 8 – усач великий дубовий, 9 – короїд-топограф, 10 – непарний шовкопряд, 11 – заболонний березовий, 12 – короїд-гравер, 13 – шовкопряд-монашка, 14 – деревоточець пахучий, 15 – листоїд осиковий, 16 – рогахвіст хвойний великий, 17 – совка соснова, 18 – пильщик сосновий, 19 – косарик, 20 – бражник бузковий

Хід роботи

Нічних фітофагів відловіть на різні джерела світла, а денних – з використанням пасток, приманок, ловчих поясів, липучок. Підрахуйте виявлених тварин, дані занесіть у щоденник. Визначте відсоток дерев, заселених тим чи іншим видом.

Робота № 48

Непрямий спосіб визначення кількості тамно- та дендробіонтів групи фітофагів

Хід роботи

Виділіть декілька категорій пошкоджень листків: *суцільне* – листок поїдається повністю, залишається черешок; *крайове* – листок виїдається з краю; *дірчасте* – тварини виїдають на листку наскрізні дірки; *вікончасте* – на площині листка виїдаються більш-менш дрібні ділянки, верхня і нижня шкірка залишається незачеплені; *скелетування* – з'їдається м'якоть і шкірка листка, залишаються незачепленими жилки; *мінування* – членистоногі, що проникли через епідерміс в певному місці, виїдають паренхіму, залишаються сліди у вигляді плям різного розміру і хвилястих ліній; *плямисте* – плями бурого, жовтого, білого, чорного кольору, що утворилися в результаті смоктання листка; *гали* – пухлини різної величини; *трубчасте* – лист (листя) згорнуті у трубку різної конфігурації; *павутинні гнізда* – комахи при харчуванні скріплюють листки павутиною.

Проведіть підрахунок на 5-10 модельних гілках, гілки не зрізайте. Краще проводити підрахунок вдвох – один диктує, другий записує. Дані занесіть до таблиці 22.

Таблиця 22

Підрахунок категорій пошкодження листків фітофагами

Дата	Тип лісу	Назва породи	№ гілки	Категорії пошкодження, кількість, %						

На одному листку може виявитися більше однієї категорії пошкодження. У цьому випадку у графі „Категорії пошкодження” внесіть колонку, що відповідає даному сполученню.

Крім того, проведіть підрахунок пошкоджуваності за ступенем об'їдання листків, використовуючи метод безпосереднього визначення (ваговий, метод палеток) та відносного визначення. При цьому встановіть характер пошкодження за такою шкалою:

- наявні сліди пошкодження, об'їдання листків 5% – 1 бал;
- слабкі пошкодження, об'їдання листків 5-25% – 2 бали;
- середні пошкодження, об'їдання листків 25-50% – 3 бали;
- сильні пошкодження, об'їдання листків 50-75% – 4 бали;
- повне пошкодження, об'їдання листків 75-100% – 5 балів;

При характеристиці пошкоджуваності рослин попелицями врахуйте ступінь заселеності рослин цими комахами за 4-бальною шкалою:

попелиці відсутні – 0 балів;

окремні попелиці – 1 бал;

окремні екземпляри заселяють до 50 % листків (гілок) – 2 бали;

колонії займають більше 50 % листків (гілок) – 3 бали.

Робота № 49

Непрямий спосіб визначення наявності ксилобійонтів

Хід роботи

Для дослідження ксилобійонтів використовуйте методики дослідження дендробійонтів: огляд пнів, стовбурів, гілок, вивчення ходів, пошкоджень. Визначте кількість ходів на 1м стовбура (гілки), встановіть характер розміщення пошкоджень. При дослідженні відмітьте стан пнів:

- свіжозрубані пні з живою деревиною – 1 бал;
- деревина свіжа, залишки кори біля кореня – 2 бали;
- деревина розклатася на 50% – 3 бали;
- основа пнів заростає мохом, деревина майже розклатася – 4 бали;
- купини, що поросли мохом і травою, під ними рівномірний шар трухи – 5 балів.

Результати заселення пнів ксилобійонтами оформіть згідно таблиці 23.

№ п/п	Стан пня, бал	Характеристика пня
		Відмітьте наявність ходів, личинок, лялечок, лялечкових коконів, літніх отворів, заселеність мурахами. Визначте характер заселення за частинами світу, за висотою

Робота № 50

Дослідження хижих жуків лісу – жужелиць (турунів)

Важливу роль у житті біоценозу лісу виконують хижі жуки, що знищують багатьох шкідників лісу. Серед них насамперед – різні види жужелиць, або турунів (рис. 57). До цієї родини належать жуки стрибуні, крапотіли і справжні жужелиці.

У справжніх жужелиць (рід *Carabus*) очі невеликі, тіло має темне забарвлення, іноді з металевим блиском. Здебільшого вони ведуть нічний спосіб життя, вдень ховаються під камінням, листям, грудками землі. Личинки жужелиць живуть у ґрунті.

Матеріали й обладнання: лупа, пінцет, лінійка, колекційний матеріал жуків-жужелиць.

Хід роботи

Аналіз життєвих форм жуків-жужелиць проведіть, користуючись класифікацією Шарової (1981).

Для жуків виділяють два великих класи життєвих форм – зоофаги і міксофітофаги, різні типи живлення яких зумовлюють значні відмінності в загальному габітусі тварин.

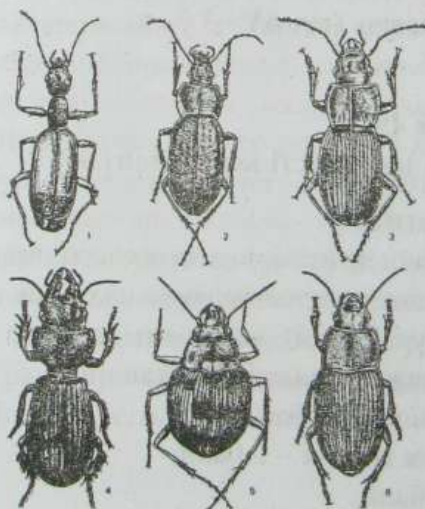


Рис. 57. Жужелиця

Жуки-зоофаги – хижаки зі струнким тілом, довгастою головою, довгими мандибулами з гострим ріжучим краєм. Міксофітофаги живляться рослинною їжею, менш рухливі, мають овальне циліндричне тіло, короткі ноги, кулясту голову та масивні мандибули.

Вирізняють 5 основних життєвих форм.

Фітобійоти – хижаки, що полюють у рослинному покриві. Вони характеризуються вузьким тілом і ногами, пристосованими до лазіння. Деякі види мають розширене тіло, подібно до жуків-листодів. Типові роди – *Drypta*, *Lebiu*, *Odacantha*.

Епігеобійоти – хижаки, що полюють на поверхні ґрунту, мають опукле тіло, значно склеротизований покрив, довгі, пристосовані до бігу ноги. Типові роди – *Carabus*, *Cicindela*.

Стратобійоти – жуки, що мешкають у підстилці, тріщинах ґрунту, норах великих тварин, печерах. Ці жуки характеризуються сплющеним тілом і ногами, пристосованими до бігу. Типові роди – *Calathus*, *Cymindis*, *Pterostichus*.

Геобійоти – жуки, що живляться мешканцями ґрунту і пристосовані до риття (короткі масивні ноги з міцними шпорами та зубчастими гомілками). Тіло циліндричне, має перетяжку на рівні середньогрудинки. Голова велика. Типові роди – *Brocus*, *Scarites*.

Псамоколімбети – мешканці пісків із тілом округлої, опуклої, обтічної форми, що дає їм змогу зариватися в пісок і пересуватися в ньому. Ноги пристосовані до бігу та відгрибання. Типовий рід – *Omphron*.

Розгляньте колекцію жуків та побудуйте спектр їх життєвих форм.

5.3. Дослідження зооценозів ґрунту

Геобіонти – мешканці ґрунту класифікуються за різними критеріями.

За *прив'язкою до певного субстрату* геобіонти поділяються на:

- ризобіонти – тварини пов'язані з коренями;
- сапробіонти – мешканці органічної речовини, що розкладається;
- копробіонти – безхребетні – мешканці посліду (навозу);
- ботробіонти – мешканці нір;
- планофіли – тварини, яким властиве часте переміщення.

За *розмірами ґрунтових тварин* можна поділити на такі групи:

наннофауна – тварини розміром до 0,2 мм;

мікрофауна – тварини розміром 0,2-1,0 мм;

мезофауна – тварини розміром більше 1,0 мм;

мегафауна – хребетні тварини;

За *ступенем зв'язку з ґрунтом* педобіонтів поділяють на такі групи:

геобіонти – тварини, все життя яких проходить у ґрунті;

геофіли – тварини, частина життєвого циклу, яких пов'язана з ґрунтом;

геоксени – тварини пов'язані з ґрунтом випадково, або використовують його в якості сховища.

За *характером живлення* ґрунтові тварини поділяються на такі групи: хижакі, паразити, некрофаги, сапрофаги, фітофаги.

Найбільш типовими мешканцями ґрунту є: найпростіші, нематоди, дощові черв'яки, енхитреїди, голі слимаки та інші черевоногі молюски, кліщі, павуки, багатоніжки (двопарноногі та губоногі), комахи – дорослі та їх личинки (колемболи, двохвістки, щетинохвістки, двокрилі, твердокрилі, перетинчастокрилі). Педобіонти виробили різноманітні пристосування як у зовнішній, так і у внутрішній будові до життя у ґрунті.

Ходи прокладаються тваринами або методом розсування ґрунтових частинок (черв'яки, личинки двокрилих), або шляхом подрібнення ґрунту (характерно для личинок багатьох видів комах). Тварини другої групи часто мають пристосування для відгрибання ґрунту.

Морфофізіологічними пристосуваннями до життя у ґрунті є: втрата пігменту і зору у глибокоґрунтових мешканців; відсутність

епікутикули або наявність її на окремих частинах тіла; для багатьох (дощові черв'яки, енхітреїди) неекономна система виведення продуктів обміну з організму; різноманітні варіанти зовнішньо-внутрішнього запліднення у ряду мешканців; для черв'яків – дихання всією поверхнею тіла.

Екологічні пристосування проявляються у виборі найкращих умов існування, який відбувається шляхом вертикальної міграції у ґрунтовому профілі, зміни станцій мешкання.

Важливе значення має вибір місця для проведення ґрунтових розкопок. Це пояснюється тим, що безхребетні тварини розподілені у ґрунті нерівномірно. Значна частина тварин живиться корінням рослин. Тому вибираючи місце для розкопок зверніть увагу на рослинний покрив. Ув'ядання, пожовтіння рослин вказує на те, що їх корені пошкоджені шкідниками. Розкопки краще проводити біля кущів і дерев.

На рисунках 58 та 59 наведено типові безхребетні ґрунту.

Робота № 51

Підрахунок ґрунтової нанофауни та мікрофауни

Хід роботи

Вивчення нанофауни

На досліджуваній ділянці візьміть невелику пробу землі певного об'єму, розведіть дистильованою або профільтрованою водою і розгляньте під мікроскопом.

Метод культур: 1г ґрунту розведіть в 9 г сінного відвару, проведіть друге, третє розведення. Прогляньте проби під мікроскопом.

Метод ґрунтових пробірок. Пробірки діаметром 0,7-0,8 см і довжиною 3,0-3,5 см наповніть стерильним сінним екстрактом і зарийте в землю на глибину 15 см по 3-5 штук в одне гніздо. Вийміть пробірки через 3-5 днів.

Метод послідовного зафарбовування мазка водної суспензії ґрунту на предметному скельці еритрозином і метиленовим зеленим. При фарбуванні клітини найпростіших зафарбовуються

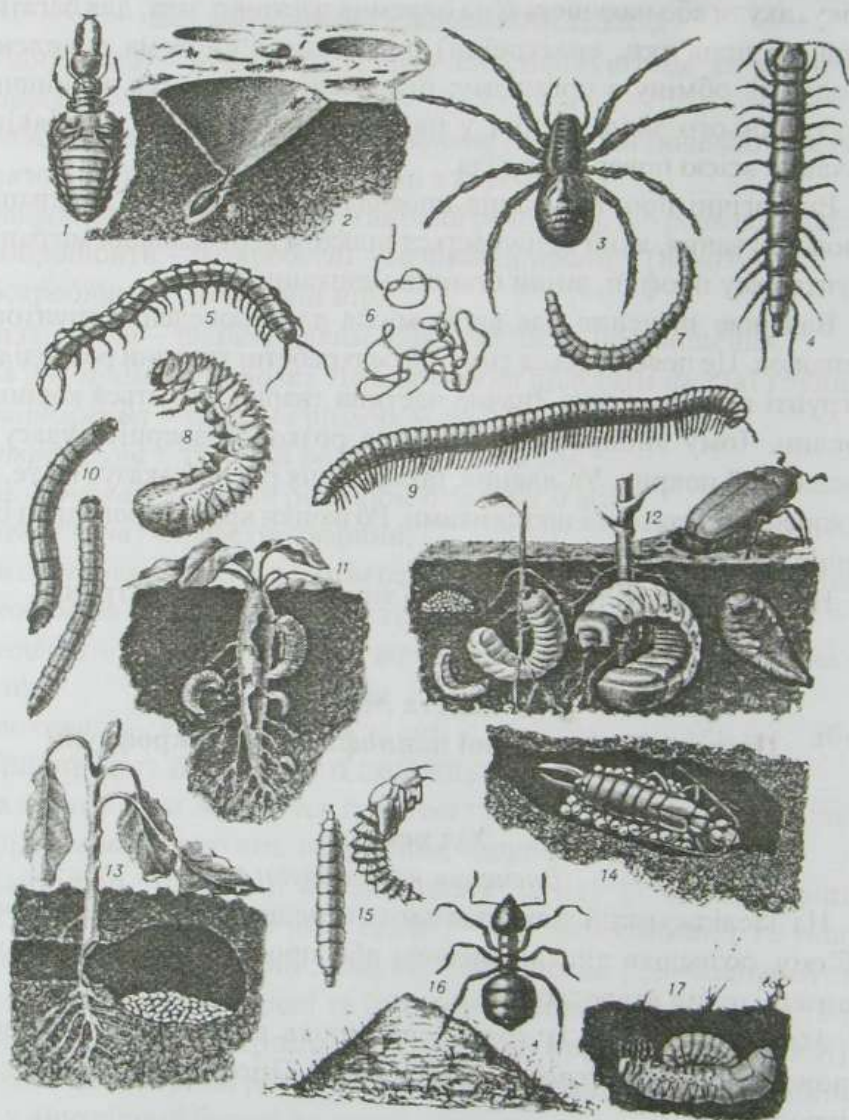


Рис. 58. Безхребетні тварини ґрунту (за Б.М.Мазурмовичем): 1 – личинка мурашиного лева з червеного боку, 2 – личинка мурашиного лева у ґрунті, 3 – тарантул, 4 – кістянка, 5 – сколопендра, 6 – мерміс, 7 – енхітреус, 8 – личинка бронзівки, 9 – ківсяк, 10 – дротяники, 11 – личинки, бурякового довгоноса, 12 – личинка травневого хруща східного, 13 – гніздо вовчка з яйцями, 14 – самка щипавки з яйцями у гнізді, 15 – личинка і лялечка ктира, 16 – чорна мурашка та її гніздо, 17 – личинка оси сколії

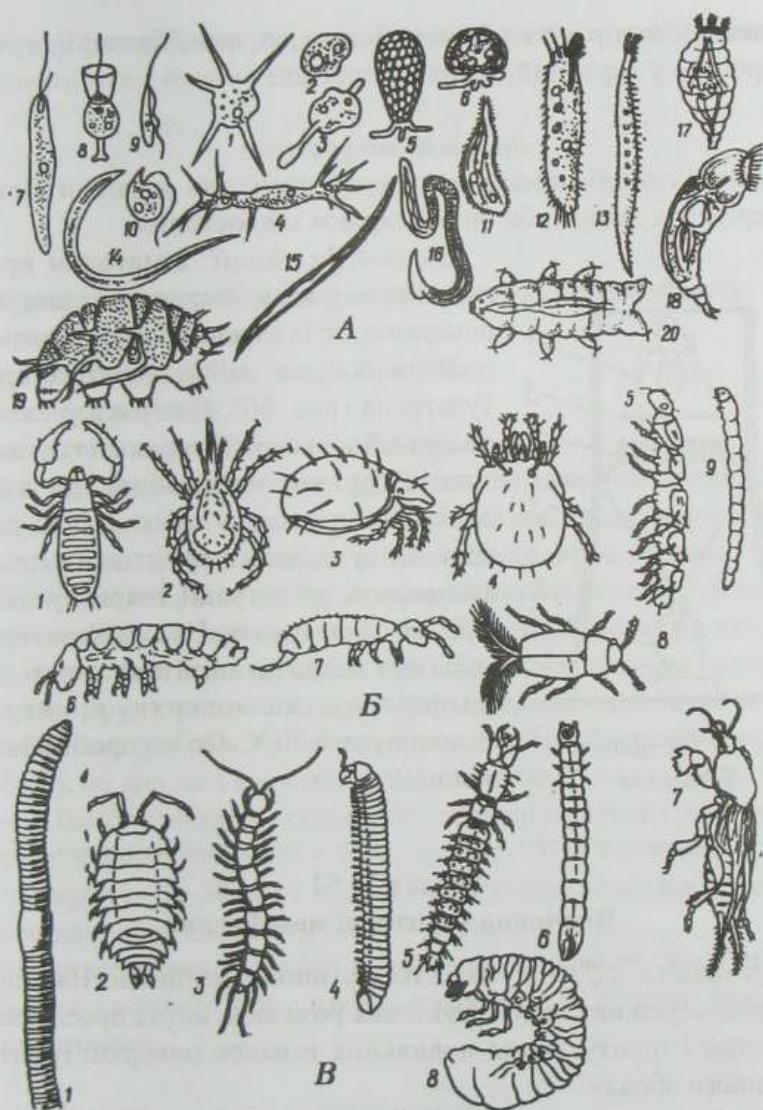


Рис. 59. Деякі представники зоофауни ґрунту (за Н.М. Черновою): А – мікрофауна: 1-4 – голі амеби, 5-6 – панцирні амеби, 7-10 – джгутикові, 11-13 – інфузорії, 14-16 – круглі черви, 17-18 – коловертки, 19-20 – тихоходки; Б – мезофауна: 1 – псевдо скорпіон, 2-4 – кліщі, 5 – багатоніжка, 6-7 колемболи, 8 – жук, 9 – личинка комара-хірономіди; В – макрофауна: 1 – дощовий черв'як, 2 – мокриця, 3-4 – багатоніжки, 5 – личинка жуужелиці, 6 – личинка щелкуна, 7 – медведка, 8 – личинка хруща.

у рожевий колір з темно-червоними ядрами, бактерії, гриби, водорості – у червоний, ґрунт – у зелений

Вивчення мікрофауни

Ручний спосіб: шматочки ґрунту помістіть у чашки Петрі і розберіть під лупою або бінокулярним мікроскопом.

Метод флотації: шматочки проби перенесіть у воду, тваринки спливають на поверхню, де їх можна зібрати щіточкою.

Вигонка за допомогою апарату Тульгрена (рис. 60). Екстрактор складається з лійки, на якій закріплено ґрунтове сито з ґрунтовою пробой, до лійки прикріплена ємність з фіксуючою рідиною. Висушування ґрунтового зразка призводить до міграції тварин у більш глибокі шари ґрунту. Над лійкою можна закріпити лампочку такої потужності, щоб температура на поверхні ґрунту не перевищувала 30 °С. Об'єм проб 100 см³ і менше.

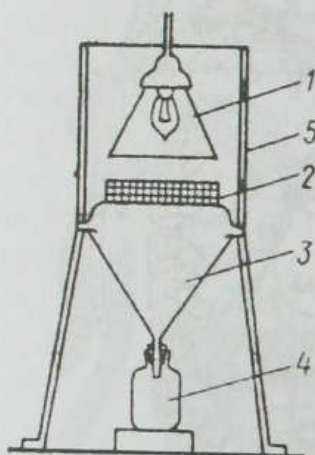


Рис. 60. Екстрактор
Тульгрена

Робота № 52

Вивчення ґрунтової мезофауни

Ґрунтова мезофауна вивчається різними методами. Найбільш поширені серед них метод ґрунтових розкопок, метод просіювання підстилки і ґрунту, метод ловильних канавок поверхні ґрунту і рослинного опаду.

Хід роботи

Ґрунтові розкопки

Виберіть найбільш типові ділянки, на яких закладіть пробні площадки. Розмір площадок 25х25, 50х50 або 100х100 см. У вологі сезони розмір площадки не повинен перевищувати 50х50 см. Глибина взяття проб визначається характером вертикального

розподілу безхребетних тварин. Розміщення дослідних площадок на ділянці може бути таким:

а) . . . б) . . . в) . . . г) . . . д)

.

.

.

.

При виконанні роботи дотримуйтеся такої послідовності:

- відмітьте площадку;
- від її меж відгребіть обпад, підстилку;
- видаліть рослини;
- розмістіть поруч з ділянкою плівку.

Для проведення розкопок необхідна складана металева рамка, розміром 0,5х0,5 м (чотири дротини $d=5-7$ мм, трохи довші, ніж 50 см з зігнутими кінцями, так, що їх можна було потім з'єднати. Рамку покладіть на поверхню ґрунту, по краях її зробіть позначки лопаткою і копайте. Поряд розстеліть клейонку, брезент або фанеру, так, щоб один кінець прилягав до краю ями. Потім невеликими порціями виймайте ґрунт, кладіть на клейонку і уважно перебирайте його руками. Комах, черв'яків та інших тварин зберіть у баночку чи велику пробірку, на дно якої насипте трохи землі або до половини налейте води. У банку покладіть етикетку. З визначеної ділянки ґрунт зніміть шарами: перший (верхній) – 5 см, другий – 5-15 см, третій – 15-35 см, четвертий – 35-50 см і т. д. Навесні та восени розкопки проводьте до глибини 40-60 см, влітку – до 25-40 см.

Якщо необхідно провести кількісний пошаровий облік тварин, вибраних з кожного шару ґрунту, зафіксуйте їх окремо. Заповніть такі протоколи:

Місце збирання _____ Час збирання _____

Біотоп (характер місцевості) _____

Рослинний покрив _____

Розміри ями _____

Назва групи тварин	Шар ґрунту			
	5 см	5-15 см	25-35 см	35-50 см

Метод просіювання ґрунту і підстилки на ситах

Проведіть відбір зразка як описано вище. Розбір проб проведіть з використанням колонки ґрунтових сит (діаметр отворів 0,25, 0,5, 2,0 и 5,0 мм), дна і кришки. На крупне сито помістіть порцію досліджуваного субстрату, закрийте кришкою і добре струсіть. Продивіться кожне сито. Тварин, що в них знаходяться зафіксуйте. Цей метод дозволяє проаналізувати більшу кількість проб порівняно з ручним збиранням. Результати занесіть до таблиці 25.

Таблиця 25

Характеристика мезофауни

№ пробної площадки	Тип, клас, відділ, родина	Кількість тварин у пробі/м ²			
		Підстилка	Ґрунт		
			0-5 см	5-10 см	10-20 см
Всього:					

Робота № 53

Вивчення тварин, що мешкають на поверхні ґрунту за допомогою пасток Барбера та ловчих канавок

Хід роботи

Пастки Барбера (скляні або пластикові банки, об'ємом 0,3-0,5 л) закопайте так, щоб їх горлечко знаходилося на одному рівні з поверхнею ґрунту. Можна використовувати спирт або формалін як рідину для фіксації, приманки.

Ловильні канавки мають глибину 7-10 см від поверхні ґрунту, довжина їх не більше 3-4 м. Стінки вертикальні, гладкі. Встановіть на кінцях канавок і на їх перетинах ловчі банки.

Пасками Барбера, ловильними канавками відловлюють тварин, що активно переміщаються (павуків, жуличей, стафілінідів, гнойовиків та ін.). Для повної характеристики фауни безхребетних (тварин – мешканців поверхні ґрунту) відлов доповнюйте збором

членистоногих під каменями, стовбурами, великими гілками та іншими покриттями. Провіряйте пастки Барбера і канавки один раз на день зранку. Результати заносьте у таблицю 26.

Таблиця 26

Дата та місце підрахунку	Групи безхребетних тварин	№№ пасток / канавок					
		1	2	3	4	5	6 і т.д.

Робота № 54

Визначення видового багатства та різноманіття тварин

Оцінка видового багатства та видового різноманіття тварин проводиться окремо в межах кожної групи життєвих форм.

Видове багатство (D) оцінюється за формулою Маргалефа:

$$D = \frac{S - 1}{\ln N},$$

де S – кількість виявлених видів;

N – загальна кількість особин усіх видів у всіх пробах.

Видове різноманіття оцінюється за формулою Шеннона:

$$H_i = - \sum_{i=1}^I P_i \cdot \ln P_i,$$

$P_i = \frac{n_i}{N}$ – ймовірність внеску кожного виду в угруповання;

n_i – кількість особин кожного виду у всіх пробах;

N – загальна кількість особин усіх видів у всіх пробах.

Матеріали й обладнання: ексгаустер, термоелектор, ловильні пастки, 4%-ний формалін.

Хід роботи

У межах досліджуваної екосистеми проведіть відлов тварин різних груп життєвих форм, скориставшись адекватним для кожної групи методом відлову.

Кількість проб повинна бути не менше 4-х в одній екосистемі для можливості статистичної обробки результатів.

Скориставшись формулами Маргалефа та Шеннона визначте видове багатство та різноманіття для кожної з груп життєвих форм.

Робота № 55

Визначення індексу синантропності угруповань комах

Якщо комаха спонтанно мешкає в поселеннях людини проти її волі, а також співіснує з людиною і залежить від її діяльності, така комаха може бути названа **синантропною**. По комахах, на відміну від рослин, поки що немає ґрунтовних праць щодо рівня їх синантропності. Проте кожний дослідник може встановити її сам, як це описано в цій роботі.

Ступінь синантропності певного виду комах визначте за наступною формулою (P.Nuorteva):

$$S = \frac{2a + b - 2c}{2}$$

де a – доля особин даного виду серед збору усіх комах даної групи в поселенні людини;

b – те ж у сільській місцевості в межах агроценозів;

c – те ж у природних біотопах.

При значенні індексу близькому до 100, комаха явно надає перевагу поселенням людини. Якщо індекс близький до нуля – поселення людини не впливають на популяції цього виду. При індексі 50 і нижче вид явно уникає поселень людини.

Тепер визначте індекс синантропності угруповань комах:

$$I_s = \frac{K_s}{K_f} \times 100,$$

де K_f — загальна кількість комах у пастці;
 K_s — кількість комах синантропних видів у пастці.

Контрольні запитання до розділу

1. Які Вам відомі життєві форми тварин? Який пріоритетний спосіб відлову застосовується до кожної з них?
2. Які способи заморювання застосовуються до комах та павукоподібних тварин?
3. Які Вам відомі способи заморювання дощових черв'яків та крупних ехітреїд?
4. Назвіть комах, яких найчастіше можна відловити на луках.
5. Опишіть конструкцію біоценометра. Для яких цілей він використовується?
6. З яких частин складається ексгаустер? Для чого він використовується?
7. Назвіть комах, яких найчастіше можна відловити в лісі.
8. Чим відрізняється прямий та непрямий способи визначення тамно- та дендробіонтів?
9. Які Вам відомі життєві форми жужелиць. Дайте їх морфологічну характеристику.
10. Що таке мікро-, нанно- та мезофауна? Яка специфіка виявлення цих груп ґрунтових тварин?

РОЗДІЛ VI

АНАЛІЗ МІКРОБОЦЕНОЗУ ҐРУНТУ

Ґрунти – сприятливе середовище для розвитку і накопичення багатьох видів бактерій, грибів, найпростіших і вірусів. У ґрунті дуже чітко проявляються симбіоз, метабіоз і антагонізм мікробів і, як ні в якому іншому місцезнаходженні, виявляється надзвичайно багатий їх видовий склад.

Розподіл мікроорганізмів у ґрунті на сьогодні вивчено недостатньо. Очевидно, більшість мікроорганізмів у ґрунтах розміщується в мікроджерелах. Це залежить як від складу органічних речовин ґрунтових мікрозон, так і від взаємовідносин, які складаються між мікроорганізмами. Важливими факторами, що регулюють розподіл мікроорганізмів у природних середовищах, є ґрунтово-географічні та кліматичні умови існування мікробів, тобто еколого-просторові закономірності розподілу мікроорганізмів і специфіка мікронаселення ґрунтових типів. Найбільш багаті бактеріями чорноземні та каштанові ґрунти, а також сіроземи.

Кількість бактерій у ґрунтах, багатих органічними речовинами, досягає іноді декількох десятків мільярдів у 1 г. Дещо в меншій мірі розповсюджені у ґрунті актиноміцети. Їх кількість в 1 г перевищує 10 млн. Гриби зустрічаються в кількості сотень тисяч і мільйонів, а число водоростей і найпростіших – декілька сотень тисяч в 1 г ґрунту. Мікроорганізми, які живуть у ґрунті мають дещо менші розміри, ніж ті ж мікроорганізми, вирощені на поживних середовищах у лабораторії.

При дослідженні мікрофлори ґрунту необхідно пам'ятати, що кількісні показники вмісту мікробів залежать більше від методу дослідження, а не від конкретного їх вмісту. Найбільш достовірними необхідно вважати дані, отримані при використанні прямих методів аналізу. Якісний і кількісний аналіз ґрунту визначає його родючість (сапрофітна мікрофлора) та санітарний стан (патогенна мікрофлора).

Бактеріологічне дослідження ґрунту охоплює: визначення загальної кількості сапрофітних мікроорганізмів; кількості мікробів різних фізіологічних груп (амоніфікуючих, нітрогенфіксуєючих та ін.); мікроорганізмів-антагоністів і виявлення їх активності; визначення санітарно-показових мікроорганізмів (кишкова паличка).

Роль і значення мікроорганізмів у навколишньому природному середовищі. Високий ККД використання сонячної енергії, високий вміст білку, швидке розмноження і накопичення біомаси, можливість існування в усіх сферах і несприятливих умовах природного середовища робить мікроорганізми майже ідеальними продуцентами, основою трофічних ланцюжків живлення особливо в несприятливих екстремальних умовах існування живих організмів у природному середовищі. Суттєва роль мікробів в геологічній діяльності на Землі. В природі практично не існує хімічних елементів які б не могли використовувати мікроорганізми в якості субстратів живлення. Деякі хімічні сполуки (CH_4 , C_2H_6 , CO , N_2 і інші) здатні ефективно використовувати тільки окремі представники мікроорганізмів. Важко переоцінити руйнівну здатність мікробів гірських порід, складних органічних сполук. Найважливіша функція мікроорганізмів для існування життя на Землі це їх активна участь в кругообігу хімічних елементів (вуглецю, нітрогену, фосфору, кисню, сульфору, метану і інших) природного середовища. Мікроорганізми забезпечують мінералізацію вуглецю, переведеного зеленими рослинами в органічні сполуки, і тим самим підтримують досить точну рівновагу між процесами фіксації CO_2 і мінералізації органічних сполук. Не менш важлива роль відводиться мікроорганізмам в природному середовищі при запасанні енергетичного потенціалу на Землі. Вони приймають активну участь в утворенні гумусових і сапропелевих горючих корисних копалин. Утворювали цілий ряд речовин, які відкладались в минулі геологічні епохи і забезпечують їх відкладання в геологічних структурах в наш час. Суттєвий вплив мікробів на стан життєдіяльності окремих особин різних популяцій і певних популяцій організмів в цілому. Цінні властивості мікроорганізмів дали змогу людям широко використовувати мікроорганізми в сільському господарстві,

харчовій, медичній промисловостях, природоохоронних сферах і інших галузях виробничої діяльності сучасного суспільства.

Для того, щоб жити, розвиватися, розмножуватися, пересуватися, мікроорганізмам потрібне джерело живлення. Враховуючи відношення до джерел вуглецю, мікроорганізми поділяють на дві великі групи – автотрофи й гетеротрофи.

Автотрофи перетворюють вуглекислоту, яка не має енергетичної цінності, бо вуглець у ній знаходиться в найбільш окисненій формі, в багаті енергією органічні сполуки. Для відновлення CO_2 до рівня органічних компонентів клітини вони використовують різні джерела енергії: енергію окислення мінеральних речовин, а також сонячного світла.

Гетеротрофи не здатні добувати енергію для асиміляції вуглецю з CO_2 шляхом окислення мінеральних речовин або сонячного світла, і тому потребують готових органічних сполук, які вони використовують як джерело вуглецю і як джерело енергії.

Живлення мікроорганізмів різко відрізняється від інших живих істот. До його особливостей належить незвичайна інтенсивність обмінних процесів. Мікроорганізми не мають спеціальних органів травлення й виділення. Обмін речовин відбувається через усю поверхню клітини. Активна роль у цьому процесі належить клітинній оболонці та цитоплазматичній мембрані.

6.1. Загальні дослідження мікробіоценозу ґрунту

Робота № 56

Методика відбору проб ґрунту для мікробіологічного аналізу

При дослідженні мікрофлори ґрунтових горизонтів зробіть ґрунтовий розріз. Перед взяттям проб зніміть поверхневий шар ґрунту на глибину 0,5-1 см, очистіть зовнішній шар вертикальної стінки ґрунтового зрізу. Проби візьміть чистим інструментом по шарах і горизонтах ґрунту. Інструменти можна не стерилізувати, але вони повинні бути чистими і перед взяттям проб, протерті ґрунтом відповідного горизонту.

При деяких ґрунтово-мікробіологічних дослідженнях беруть *змішану пробу*. *Змішана проба* складається із індивідуальних зразків, взятих циліндричним буром, неменше, ніж з 5 точок поля по одній або двох діагоналях. Чим більша площа досліджуваного поля, тим більше треба брати індивідуальних проб. Розмір індивідуальних зразків повинен бути приблизно однаковим. На чистій клейонці або листку паперу перемішайте їх і візьміть середню пробу вагою 500-600 г. Проби помістіть у стерильні пакети або банку, які необхідно завернути у звичайний папір. Для кожної проби напишіть простим олівцем детальну етикетку, в якій відмітьте точну назву поля, горизонт, з якого взято пробу.

Матеріали й обладнання: стерильні мішечки з синтетичної тканини або скляні банки з притертим корком, металічне сито з діаметром отворів 2 мм, стерильна ложечка, совок або ніж.

Хід роботи

Ґрунт відберіть у стерильні мішечки з синтетичної тканини або скляні банки з притертим корком. Для того, щоб отримати більш повне уявлення про склад мікрофлори ґрунту відберіть декілька проб з площі 25 м².

Проби візьміть в 4-5 точках на глибині 10-30 см у кількості 100-200 г з різних місць по діагоналі ділянки. Із загальної проби після перемішування візьміть середньо змішану пробу ґрунту масою 500 г. Даний ґрунт просійте через металічне сито з діаметром отворів 2 мм.

Відбір проб з поверхневого шару ґрунтів проводьте за допомогою стерильної ложечки, совка або ножа.

Бактеріологічне дослідження ґрунту необхідно проводити у день відбору зразків!

При виділенні мікроорганізмів з ґрунту необхідно враховувати, що який б метод не використовували, всі наявні у ґрунті мікроорганізми не виростуть на ньому. При порівняльній характеристиці необхідно враховувати, що на такому-то середовищі виросло стільки-то бактерій.

Приготування поживних середовищ

Для одержання й підтримання культур необхідні особливі субстрати – поживні середовища. Будь-яке поживне середовище повинно містити всі речовини, потрібні для росту і розмноження даного мікроорганізму, у формі, яка легко засвоюється, бути ізотонічним, стерильним, прозорим і, по можливості, містити основні мікроелементи, вітаміни, пуринові й піримідинові основи, незамінні амінокислоти, мати оптимальну вологість, рН, в'язкість, окисно-відновний потенціал. Тому для виділення й вивчення властивостей мікроорганізмів застосовується велика кількість середовищ, які відрізняються за походженням, консистенцією, складом, призначенням.

Будь-яке поживне середовище, що застосовують для вирощування мікробів, має задовольняти такі потреби:

1) містити необхідні для мікроорганізмів поживні речовини: джерела азоту, вуглецю, кисню та водню, неорганічні солі, фактори росту;

2) бути вологим, оскільки мікроби засвоюють лише розчинені поживні речовини;

3) бути стерильним, тобто не містити ніяких інших мікробів;

4) бути прозорим, що забезпечує можливість спостереження за характером росту культури і тими змінами, що відбуваються в середовищі в результаті життєдіяльності мікроорганізмів;

5) мати відповідну рН.

Залежно від походження середовища поділяють на природні й штучні. З останніх виділяють особливу групу – синтетичні середовища (з хімічно чистих речовин: солей, вуглеводів, амінокислот, вітамінів у певних співвідношеннях).

Природними середовищами називають натуральні продукти – молоко, яйця, овочі або природний субстрат – сироватка крові, жовч тощо.

Штучні середовища готують за певними рецептами з різних настоїв і відварів тваринного й рослинного походження й додаванням неорганічних солей, вуглеводів та нітрогенистих речовин, взятих у певних співвідношеннях.

Синтетичні середовища готуються із хімічно чистих речовин (солей, вуглеводів, амінокислот, вітамінів та ін.) у певних співвідношеннях.

За консистенцією розрізняють середовища рідкі, напіврідкі й тверді. *Рідкі* складаються з води й розчинених у ній речовини. *Тверді* штучні середовища готують шляхом додавання до рідких середовищ ущільнюючих речовин – желатини (10-15%), агар-агару (1-2%). *Напіврідкі* – містять такі ж ущільнюючі речовини, але в меншій кількості (0,2-0,3% агар-агару).

За призначенням поживні середовища поділяються на звичайні, спеціальні, елективні та диференціально-діагностичні.

Звичайні застосовують для вирощування більшості мікроорганізмів. До них відносяться бобово-пептонний і м'ясо-пептонний бульйон, м'ясо-пептонний агар тощо.

Спеціальні середовища застосовують для виділення й культивування певних груп або видів мікроорганізмів, наприклад: середовище Чапека – для культивування грибів, середовище Омелянського – для виділення збудників анаеробного розпаду клітковини.

Елективні середовища придатні для розвитку одного виду мікроорганізмів, які пристосувалися до даних умов існування. Супутні мікроорганізми або зовсім не ростуть на таких середовищах, або розвиток їх сильно затримується. До таких середовищ відносять накопичувальні середовища С.М Виноградського для більшості мікроорганізмів ґрунту.

Диференціальна-діагностичні середовища застосовуються для вивчення біохімічних властивостей мікроорганізмів і для виділення чистих культур. Вони дозволяють виявити ензими, що виділяють мікроби, одні з яких розщеплюють у різному ступені білки та вуглеводи, а інші здійснюють реакції окислення та відновлення (рідкі середовища Гісса з вуглеводами, щільні середовища з індикаторами – Ендо, Левина, Плоскірева та інші).

До окремої групи належать так звані *селективні* середовища. На них проводять селекцію мікробів з якоюсь ознакою, наприклад, середовище з пеніциліном є селективним для пеніцилінстійких бактерій.



Рис. 61. Виливання розтопленого агару в чашку Петрі

Перед роботою поживні середовища розтопіть і розлийте у пробірки або чашки Петрі (рис. 61), дотримуючись стерильності. Під час розливу горло колби проведіть через полум'я спиртівки.

Матеріали й обладнання: яловичі кубики, стерильна дистильована вода, пептон, агар-агар, білок яйця, картопля, 0,5% розчин кухонної солі, водяна баня, автоклав або термостат, пробірки або колби.

Хід роботи

Для роботи бажано використовувати готові поживні середовища, розведення, яких вказано на заводській обгортці. Однак деякі суміші можна приготувати самостійно.

М'ясо-пептонний агар (МПА). Бульйонні яловичі кубики розведіть у дистильованій стерильній воді, введіть у середовище 1% пептону і 2% агар-агару. Після відстоювання протягом 1 год. суміш нагрійте на киплячій водяній бані до повного розчинення агару. МПА стерилізуйте автоклавуванням (у колбі або в пробірках по 20-30 мл) при 1 атм. протягом 20-30 хв, або в термостаті при 120°C протягом 2 годин.

Бульйонні кубики можна замінити горохом. Для цього 200 г гороху розваріть в 1 л води, відфільтруйте, пептон і агар додайте як і в попередньому разі.

Щоб отримати добре помітні ізольовані колонії мікроорганізмів середовище рекомендується освітлювати. Для цього на 500 мл середовища використайте білок одного яйця. До білка додайте стерильної дистильованої води у співвідношенні 1:1, суміш добре збийте до утворення густої піни. Збитий білок вилийте у приготовлене середовище з рН=7-7,3 (попередньо нагріте й охолодіть до 40-45°C). Середовище добре перемішайте з білком і прогрійте на киплячій водяній бані протягом години. Відбувається процес згортання білка і адсорбції всіх зважених у середовищі частинок. Середовище відфільтруйте у гарячому вигляді через вату.

Перед роботою поживні середовища необхідно розтопити і розлити у пробірки або чашки Петрі, дотримуючись стерильності.

Під час розливу горло колби простерилізуйте у полум'ї спиртівки. Ватний корок після розливу обпечіть, пробірки з середовищами простерилізуйте. Для одержання прямого агару або желатини пробірки помістіть у штатив, або середовище розлийте у чашки Петрі, а для одержання скошеної поверхні середовища пробірки покладіть під нахилом на підставку так, щоб стовпчик середовища знизу пробірки був не менше 1 см, а верхній кінець косого агару закінчувався за 3-4 см до її дна (рис. 62).

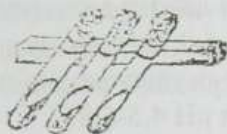


Рис. 62. Скошування поживного середовища

Картопляне середовище використовується для виділення амілолітичних бактерій. Для його приготування бульби картоплі старанно промийте, очистіть під лущиння і дрібно наріжте. 200 г продукту залийте 1 л води, прокип'ятіть протягом 15 хв., розлийте в посуд і простерилізуйте (30 хв. при одній атмосфері). Після стерилізації до середовища додають стерильну крейду для нейтралізації кислих продуктів, які виділяються з картоплі.

Пептонна вода придатна для багатьох мікроорганізмів. Для її приготування до дистильованої води додайте 1% розчин пептону і 0,5% кухонної солі. Встановіть рН – 7,2, прокип'ятіть 30 хв., знову перевірте рН. Потім розчин профільтруйте через паперові фільтри до повної прозорості та простерилізуйте протягом 30 хв. при 120°C.

Рибо-пептонний агар готується з сухого порошку, що виготовляється НДІ поживних середовищ (за заводським приписом).

Перед роботою і особливо перед висівом мікроорганізмів рекомендується в лабораторії на 10-15 хв. увімкнути бактерицидну лампу у відсутності людей.

Робота № 58

Визначення рН поживного середовища для культивування мікроорганізмів

Ріст мікроорганізмів, їх морфологічні та фізіологічні властивості проявляються лише на поживному середовищі, що має оптимальну

для даного виду (штаму) рН. Для більшості бактерій оптимум рН 7,0-8,0, тобто вони розвиваються в слаболужному середовищі, в той час як увільові гриби та дріжджі розвиваються в кислому середовищі при рН 4,5-6,8.

Найпростішим методом визначення реакції середовища є використання лакмусового папірця, але він є досить неточним і не застосовується в мікробіологічній практиці.

Досить точним та зручним методом є визначення концентрації іонів водню в середовищі калориметричним шляхом у спеціальних приладах – компараторах Міхаеліса. Суть його полягає в тому, що деякі речовини – так звані індикатори, змінюють інтенсивність забарвлення залежно від реакції середовища – його рН. Інтенсивність забарвлення є показником кислотності чи лужності в пробірці. В апараті Міхаеліса індикатором є метанітрофенол та паранітрофенол. Метанітрофенол використовують при визначенні рН вище 7,0, а паранітрофенол – при рН нижче 7,0. Стандартом є рідина в запаяних ампулах, що має колір, відповідний до певної рН.

Матеріали й обладнання: пробірки, поживні середовища, розчини лугу або кислоти, стандартні пробірки для визначення рН.

Хід роботи

У пробірку налейте 2 мл проби, 4 мл дистильованої води та 1 мл індикатора. Пробірку поставте в апарат, у середнє гніздо першого ряду. Поряд з цією пробіркою, в 1 та 3 гнізда поставте пробірки, що містять по 2 мл досліджуваного середовища та по 5 мл дистильованої води (без індикатора). Позаду досліджуваної пробірки (тобто на 5 місці) поставте пробірку з 7 мл дистильованої води, а по боках від неї, на 4 та 6 місця, поставте запаяні стандартні пробірки з набору з потрібною рН.

Пробірку роздивіться у світлі, що проходить через нижні отвори компаратору на фоні блакитної чи молочно-білої скляної пластинки. Якщо колір рідини в досліджуваній пробірці світліший за колір стандарту, то середовище кисле. У пробірку з середовищем додайте з бюретки по краплинах 0,1 н розчин лугу. Якщо ж колір рідини в досліджуваній пробірці буде темнішим, то середовище лужне. До середовища по краплинах додайте 0,1 н розчин соляної кислоти.

Після додавання кожної краплини вміст пробірки перемішуйте скляною паличкою. Розчин лугу (або кислоти) додавайте доти, доки колір досліджуваного середовища не буде збігатися з кольором стандартного розчину.

Точно врахуйте кількість лугу (кислоти), витрачену на доведення досліджуваного середовища до необхідної рН. За кількістю витраченого на нейтралізацію середовища розчину розрахуйте кількість кислоти (або лугу) яку необхідно додати до всього обсягу приготовленого середовища, щоб встановити потрібну рН. При стерилізації середовища рН зміщується на 0,1-0,2 в кислий бік.

Стерилізація посуду та середовищ

Стерилізація – це повне знищення мікроорганізмів, їх спор і всього живого в поживних середовищах, матеріалі, посуді, інструментах та інших предметах лабораторного вжитку. Стерилізація здійснюється різними способами і є обов'язковою умовою успішної роботи мікробіолога при використанні поживних середовищ, інструментів і посуду, вільних від зайвих мікроорганізмів.

Найчастіше застосовується хімічна й фізична стерилізація.

Хімічна ґрунтується на згубній дії на мікроорганізми хімічних речовин, що застосовуються для обробки вакцин, сироваток, а також для знищення патогенних мікроорганізмів у об'єктах зовнішнього середовища. Це розчин фенолу, формаліну, хлорного вапна, хлораміну, йоду, сулеми тощо.

Фізична – це стерилізація високою температурою, ультрафіолетовими променями, радіоактивними випромінюваннями, ультразвуком, холодна стерилізація фільтруванням через спеціальні пристрої (бактеріальні фільтри).

Стерилізація високою температурою – найбільш надійний і поширений фізичний метод. Вона проводиться обпиканням предметів на полум'ї спиртівки кип'ятінням, сухим жаром (гарячим повітрям), перегрітим паром під тиском і пробочною парою. Високою температурою проводять також тиндалізацію і пастерізацію.

Існує декілька доступних методів стерилізації.

1. Сухим паром у термостаті при температурі 160-180°C протягом 2-3 годин. У випадку обвуглювання паперу і ватних корків

температуру рекомендується понизити до 105-110°C, а термін збільшити до 5 годин.

2. **Текучим паром** при температурі 100°C одноразовою обробкою не менше 30 хв. або методом дробної стерилізації (необхідно провести повтор через добу) для того, щоб убити спори, що приросли у спороутворюючих бактерій.
3. **Прожарювання** в полум'ї спиртівки (голки, петлі, шийки колб, пробірок), не нагріваючи їх дуже сильно.
4. **Автоклавування** в герметично закритій камері протягом 20 хв. гарячим паром під тиском.
5. **Опромінення** ультрафіолетовими або гамма-променями.

Поживні середовища підлягають стерилізації в день приготування. Допускається їх зберігання в холодильнику при низькій позитивній температурі не більше доби. Перед стерилізацією пробірки і колби з поживним середовищем закрийте ватними корками, обгорніть папером і обв'яжіть. Пробірки з ватними корками помістіть у металічні штативи, які теж обмотайте папером. М'ясо-пептонний агар проавтоклауйте при 1 атм. протягом 20-30 хв. У піпетки перед стерилізацією вкладіть маленькі ватні тампони в якості фільтрів і загорніть кожну піпетку окремо в довгі смужки паперу шириною 4-5 см, закінчивши обмотування біля кінця з тампоном. Шпателі та інший посуд перед стерилізацією також обгорніть папером ізольовано, а потім об'єднайте разом. Чашки Петрі загорніть разом по 2-4 штуки.

Перед проведення мікробіологічного аналізу обов'язково простерилізуйте посуд і середовища.

Робота №59

Культивування та посів мікроорганізмів. Методи вивчення властивостей колоній

Культивування мікроорганізмів – основний метод мікробіологічних досліджень. Для вирощування аеробів у лабораторній практиці найчастіше використовується метод поверхневого культивування мікроорганізмів на твердих і рідких

середовищах завдяки безпосередньому контакту з киснем повітря. Поживні середовища в кількості 10-20 мл розливають тонким шаром у чашки Петрі. Аеробні мікроорганізми розвиваються на поверхні середовища у вигляді відносно щільних колоній. Використовується також метод глибинного культивування мікроорганізмів у рідких поживних середовищах на качалках-ролерах зі швидкістю обертання 100-200 обертів за хвилину. При збільшенні швидкості обертання зростає ступінь аерації середовища.

Методи культивування анаеробів ґрунтуються на механічній ізоляції мікроорганізмів від повітря. Найпростіший – вирощування анаеробів у високому шарі поживного середовища. Посівний матеріал вносять у нижній шар середовища. Його поверхню заливають шаром стерильного вазелінового масла. Культури, які не виділяють газів, закривають щільними гумовими корками. Анаеробні мікроорганізми можна культивувати у звичайних пробірках і чашках Петрі, помістивши їх після посіву в анаеростати.

Матеріалом для дослідження можуть бути зразки ґрунту, насіння, надземні частини чи корені рослин, вода, рослинні соки, різні виділення організму тварин і людини і т.д. Матеріал піддають бактеріологічному дослідженню в той же день.

Рідкий матеріал для посіву беруть бактеріологічною петлею чи піпеткою. При узятті петлею рідина повинна утворити в кільці петлі тонку прозору плівку. Піпетками користуються в тих випадках, коли матеріал засівають у великому чи точно відміряному обсязі. З щільного матеріалу, що може емульгуватися, готують суспензію у фізіологічному розчині (0,85% розчин NaCl). У випадку посіву такого щільного матеріалу, з якого не можна приготувати суспензію, його розтирають у стерильній ступці зі стерильним піском чи роздробленим склом, додають фізіологічний розчин і (після приготування суспензії) роблять посів.

Хід роботи

Посів у рідке поживне середовище проводиться бактеріологічною петлею, пастерівською чи градуйованою піпеткою.

Дотримуючись стерильності, петлею візьміть посівний матеріал, внесіть його в пробірку з рідким поживним середовищем (рис. 63),

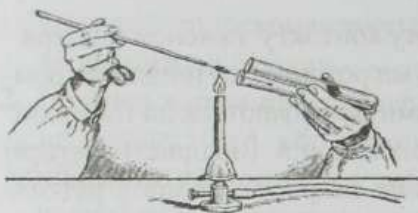


Рис. 63. Посів на рідке поживне середовище

видуйте. Після посіву петлю чи піпетку витягніть із пробірки і проведіть знезараження.

Пробірку з засіяною культурою обпаліть на полум'ї і швидко закрийте пробкою, провівши її через полум'я так, як би намагаючись вштовхнути в пробірку частину полум'я. Засіяні пробірки струсіть, підпишіть і помістять у термостат для пророщення.

Посів на щільні поживні середовища. При посіві на косий агар пробірку з культурою і скошеним агаром візьміть у ліву руку так, щоб скошена поверхня агару була звернена догори. Корки пробірок захопіть мізинцем правої руки і витягніть над полум'ям. Прожареною петлею захопіть матеріал і при строгому дотриманні стерильності перенесіть у пробірку зі свіжим поживним середовищем. Петлю з культурою опустіть до дна пробірки. Доторкніться петлею до поживного середовища і ковзними рухами по скошеній поверхні агару нанесіть пряму лінію чи зигзагоподібні штрихи (рис. 64). Розподіливши матеріал, петлю вийміть. Край пробірки обпаліть у полум'ї. Пробірку закрийте корком над полум'ям горілки, підпишіть і поставте у штатив. Петлю також прожарте у полум'ї пальника і поставте у штатив.

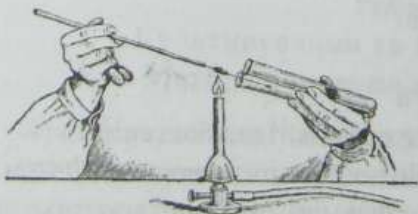


Рис. 64. Посів на скошений агар

Посів на чашку Петрі проводять біля пальника. Чашку зафіксуйте на столі лівою рукою. Кришку підніміть великим, середнім і вказівним пальцями настільки, щоб у щілину, що утворилася, вільно проходили петля чи шпатель. Посівний матеріал

захопіть петлею і штриховими рухами розподіліть по поверхні поживного середовища, бактеріологічну петлю прожарте на вогні безпосередньо перед взяттям матеріалу і одразу після посіву. Можна нанести краплю посівного матеріалу на поверхню агару петлею чи піпеткою, а потім розтерти її стерильним шпателем (рис. 65).



Рис. 65. Посів на щільне поживне середовище у чашки Петрі

Стерильні піпетки і скляні шпателі перед посівом розгорніть над полум'ям пальника, а після посіву опустіть у дезінфікуючий розчин. На чашках Петрі з боку дна, а на пробірках у верхній частині зробіть напис, де вкажіть дату, назву засіяного матеріалу. Пробірки і чашки з посівами помістіть у термостат з температурою, оптимальною для конкретного мікроба. Чашки в термостаті розмістіть догори дном, щоб запобігти стіканню конденсаційної води з кришки і розмиву колоній.

Посів уколом у стовпчик поживного середовища. Пробірку з поживним середовищем, застиглим у вигляді стовпчика, візьміть у ліву руку. Над полум'ям вийміть пробку і переверніть пробірку догори дном. Петлю з досліджуванним матеріалом вкладіть знизу в центр стовпчика (рис. 66.) на всю його глибину, вийміть петлю, закрийте пробірку і помістіть у термостат для вирощування.

Крім морфологічних ознак дуже важливе значення при визначенні виду бактерій мають їх культуральні ознаки, тобто характер росту на рідких і щільних поживних середовищах. Кожен вид мікробів утворює на щільних поживних середовищах колонії, що характеризуються певними властивостями. Ці властивості колоній вивчають макроскопічним та мікроскопічним методом.

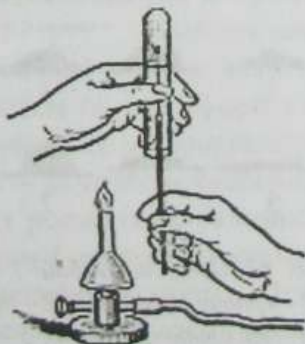


Рис. 66. Посів уколом

При макроскопічному вивченні колоній (неозброєним оком) чашку розглядають спочатку з боку дна проти світла, а потім з боку кришки у відбитому світлі. Для описання росту бактерій відбирають чашки з окремо розміщеними колоніями. Чашки з суцільним ростом мікробів або з наявністю великої кількості колоній, що злилися для дослідження не використовуються.

Мікроскопічне дослідження колоній проводять або за допомогою лупи або безпосередньо під мікроскопом. При дослідженні під мікроскопом чашку з посівом поміщають на предметному столику догори дном. Дослідження ведуть при малому збільшенні. При мікроскопічному дослідженні добре виявляється будова колоній – характер їх країв і структура.

У випадку вирощування на рідких поживних середовищах відзначають: характер розвитку плівки (тонка, суха, складчаста, слизувата) і її колір; наявність помутніння (слабке, помірне, сильне); присутність, характер осаду (рясний, щільний, пластівчастий) і його колір.

Колонії на чашці спочатку необхідно згрупувати за культуральними ознаками. До них відносяться: форма колоній (рис 68.), профіль колоній (рис.67.), край колоній (гладкий, хвилястий, зубцюватий, лопатевий, ворсистий; гіллястий); поверхня (гладка, шорстка, складчаста, горбиста); розміри (10 мм і більше у діаметрі – велика, від 1 до 10 – середня, не перевищує 1 мм – крапкова); оптичні властивості (прозора, не прозора, блискуча, матова, флуоресціююча); колір (брудно-білий, білий, жовтий, жовтогарячий, бузковий, синій, червоний, чорний і т.д.); структура колонії

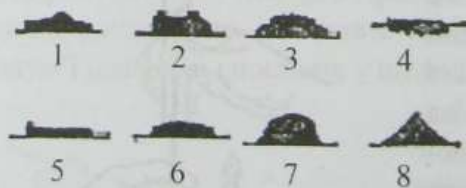


Рис. 67. Профіль колоній: 1 – вигнутий; 2 – кратероподібний; 3 – бугристий; 4 – вростаючий в агар; 5 – плоский; 6 – випуклий; 7 – краплеподібний; 8 – конусоподібний

(однорідна, чи грубозерниста, плівчаста, що вростає в агар, що легко знімається голкою з агару); консистенція (масляниста, тістоподібна, слизувата, суха, щільна, що вростає в агар).

При посіві уколом, коли голку з культурою вводять у стовпчик агар-агару, відзначають інтенсивність росту у

верхній, середній чи нижній частині уколу.

При вивченні культуральних ознак актиноміцетів необхідно звертати особливу увагу на пігмент і обумовленим фарбування повітряного міцелію і середовища.

Зазвичай користуються спеціальними посібниками (шкала кольорів Бондарцева й інші для визначення кольору). Значення має консистенція колонії (щільна, шкіряста, пухка), міцеліальний ободок; поверхня колоній (борошнеста, бархатиста) і запах колонії (землистий, ефірний, фруктовий і т.д.).

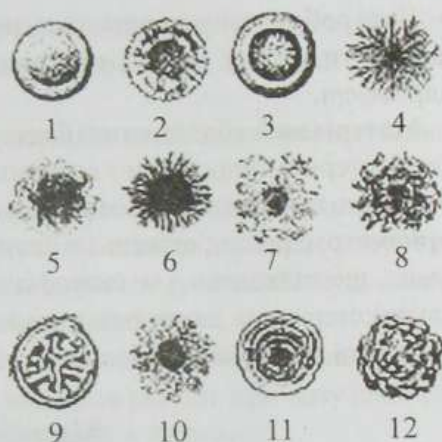


Рис. 68. Форма колоній: 1 – кругла; 2 – кругла з фестончастим краєм; 3 – кругла з валиком по краю; 4, 5 – ризоїдні; 6 – з ризоїдним краєм; 7 – амебовидна; 8 – ниткоподібна; 9 – складчаста; 10 – неправильна; 11 – концентрична; 12 – складна

Робота № 60

Визначення загальної кількості мікроорганізмів у ґрунті

Одним із найсприятливіших середовищ для розвитку різних мікроорганізмів є складова наземних екосистем – ґрунти (педосфера). Кількість мікроорганізмів в 1 г ґрунту нараховує сотні мільйонів і мільярдів. Особливо численні та різноманітні мікроорганізми навколо корневих систем (в ризосфері) і на поверхні коренів. З життєдіяльністю ґрунтових мікроорганізмів пов'язано багато ґрунтових процесів – колообіги біогенних елементів, мінералізація тваринних і рослинних залишків, збагачення ґрунту доступними для рослин формами нітрогену. З діяльністю мікроорганізмів пов'язана родючість ґрунту. Отже, ґрунтові мікроорганізми впливають безпосередньо на життя рослин, а через них – на тварин і людину, будучи однією із головних частин наземних екосистем.

Дана робота дає можливість визначити кількісно мікроорганізми-сапрофіти ґрунту в двох середовищах: у педосфері (ґрунті) та гідросфері.

Матеріали й обладнання: бактерицидна лампа; стерильні чашки Петрі; стерильні пробірки з корками з вати або фольги; водяна баня; спиртівка; ваги з різноважками; стерильні піпетки на 1 мл; термостат; термометр; сірники; олівець по склу; м'ясо-пептонний агар або інша суміш, що підходить для сапрофітів (наприклад готовий гідролізат кільки); стерильна дистильована вода; зразки ґрунту; зразки води з природної водойми або відстояна з водопровідного крану.

Хід роботи

Підготовка ґрунту до аналізу ґрунтової витяжки. Зразки ґрунту звільніть від крупних частинок: коренів, гравію, скла. Крупні грудки ґрунту попередньо подрібніть. Зразки ґрунту просійте через стерильне сито з діаметром отворів 3 мм, добре перемішайте й із загальної суміші для розведення відберіть наважку 10 г ґрунту.

Наважку ґрунту внесіть у колбу з 90 мл стерильної водопровідної води. Вміст колби добре збовтайте протягом 3-5 хв. до одержання рівномірної суспензії. Після 1,5-2 хвилинного відстоювання з приготовленої суспензії (1:10) стерильною піпеткою візьміть 1 мл бовтанки і внесіть у пробірку з 9 мл стерильної води. Так отримаємо розведення 1:100. Добре перемішайте протягом 1 хв. і залишіть для відстоювання на 30 с. Із пробірки візьміть 1 мл суспензії стерильною піпеткою і перенесіть у другу пробірку з 9 мл стерильної води. Отримаємо розведення 1:1000. Аналогічно перенесіть 1 мл суспензії

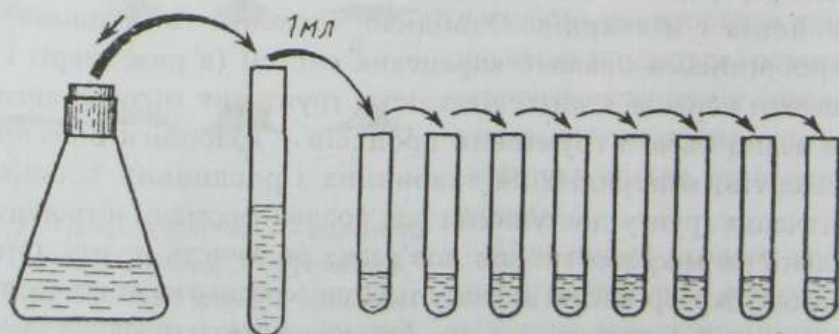


Рис. 69. Схема розведення ґрунтової витяжки

з другої пробірки в третю, із третьої в четверту і т.д., і отримайте потрібні десятикратні розведення (рис. 69). Зазвичай готують розведення до 1:1000000.

При проведенні описаних операцій необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Для кожної операції використовуйте нову стерильну піпетку.
2. Паперові пакети, в які загорнуті піпетки, відкривати лише біля верхнього кінця піпетки, не торкаючись руками або будь-якими предметами до нижньої частини піпетки.
3. Пробірки з водою відкривати на мінімальний час, необхідний для того, щоб набрати певну кількість рідини, причому пробірку в цей момент тримайте вертикально, а не похило.
4. Ватні корки на стіл не кладіть, а тримайте їх за верхню частину пальцями правої руки; перед закриттям пробірки пробку проведіть через полум'я спиртівки.

Приготувавши розведення, проведіть глибинний посів. З кожної проби ґрунту висійте не менше двох повторностей різних розведень. Перед посівом вміст пробірок добре перемішайте. Стерильною піпеткою наберіть 1 мл суспензії і перенесіть на дно стерильної чашки Петрі. Чашки з ґрунтовою суспензією залийте 20 мл розплавленого й охолодженого до 45°C м'ясо-пептонного агару. Обережно (легкими покачуваннями) перемішайте ґрунтову бовтанку з поживним середовищем. Після застигання агару чашки помістіть догори дном (щоб краплі води, які утворюються при конденсації водяної пари не потрапляли у середовище) у термостат при температурі 30-35°C на 24-48 год., а потім витримайте 1-2 доби при кімнатній температурі. На кришці чашки попередньо вкажіть номер групи, прізвище студента і ступінь розведення ґрунтової суспензії.

Кількість мікроорганізмів, що містяться в 1 г ґрунту, визначте за кількістю колоній, що вирости у чашці. Для підрахунку візьміть такі розведення, при яких на чашках виростає від 50 до 150 колоній. Чашки з кількістю колоній менше 50 вважаються непридатними для досліджень. При великій кількості колоній, що вирости (більш 150) проведіть підрахунок на 2 чашки з наступним перерахунком на всю її площу. Із суми колоній, що вирости на двох чашках, виведіть середньоарифметичне число і зробіть перерахунок на число бактерій,

що містяться в 1 г ґрунту. Для цього середнє число колоній, що вирости в чашках відповідного розведення, помножте на ступінь розведення.

Наприклад. У чашках, засіяних ґрунтовою суспензією з розведенням 1:10000, вирости в середньому 60 колоній.
 $60 \times 10000 = 600000$ бактерій містяться в 1 г ґрунту.

Для одержання більш повних результатів проведіть перерахунок кількості мікроорганізмів, які вирости, на 1 г абсолютно сухого ґрунту. Для цього проведіть визначення вологості досліджуваного ґрунту. З цією метою наважку ґрунту (10-20 г) помістіть у попередньо приготовлений металевий або скляний бюкс і висушіть у сушильній шафі при 105°C. Перше контрольне збовтування висушеного ґрунту проведіть через 3 години, потім висушіть ґрунт до постійної ваги (контрольне збовтування кожних 2 год.). Розрахунок проведіть за формулою:

$$N = \frac{N_c \cdot 100\%}{100\% - C} = n \cdot a$$

де N – кількість клітин бактерій в 1 г абсолютно сухого ґрунту;

N_c – кількість клітин бактерій в 1 г сирого ґрунту;

a – ступінь десятикратного розведення;

n – число колоній, що вирости на чашці (середнє арифметичне з усіх чашок);

c – вологість досліджуваного ґрунту (%).

Під час підрахунку кожену колонію помітьте восковим олівцем або авторучкою на склі чашки Петрі, пам'ятаючи, що кожна мікробна клітина дала одну колонію.

Результати занесіть до таблиці 26:

Таблиця 26

Загальна кількість мікроорганізмів

Характеристика ґрунту	Число колоній, шт.	
	у чашці Петрі	у 1 г ґрунту
типовий чорнозем		
малогумусний чорнозем		

Зробіть висновки відносно вмісту мікроорганізмів у різних типах ґрунтів.

Робота № 61

Регідратаційний метод визначення загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті

Кількісне визначення біомаси мікроорганізмів у ґрунті є одним із найважливіших моментів ґрунтово-мікробіологічних досліджень.

Регідратаційний метод базується на явищі вивільнення в навколишнє середовище внутрішньоклітинних компонентів з обезводнених клітин при їх регідrataції. Механізм цього явища полягає в тому, що в процесі зневоднення порушується бар'єр проникливості клітин, внаслідок денатурації цитоплазматичних мембран. Водночас, висушування при помірно високих температурах (не вище 70°C) не призводить до руйнування мертвої позаклітинної органічної речовини. Висушування є досить специфічним селективним засобом впливу саме на живі організми, які характеризуються в нативному стані наявністю бар'єру проникливості.

Матеріали й обладнання: $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , глюкоза, зразки ґрунту, K_2SO_4 , центрифуга.

Приготування сірчанохромової суміші. Розчиніть 1,28 г $K_2Cr_2O_7$ в 400 мл води, додайте 2 л концентрованої H_2SO_4 .

Хід роботи

Відібрані зразки ґрунту з глибини 0-10 см, одразу ж після відбору, звільніть від коренів, просійте через сито 3 мм і зберігайте до аналізу не більше 2-3 днів у вологому стані в холодильнику при 2-4°C.

Зважте 5 г ґрунту, додайте 10 мл 0,5н розчину K_2SO_4 і збовтайте на качалці протягом 30 хв. Суспензію відцентрифугуйте. 1,6 мл центрифугату, змішайте з 2,4 мл сірчанохромової суміші, витримайте при 140°C протягом 20 хв., охолодіть, проведіть спектрофотометричне визначення при 340 нм у кварцових кюветах. В якості стандарту використовуйте розчин глюкози в концентрації 5-40 мг/л. Якщо у витяжках високий вміст органічних речовин (більше 100 мг С/л), необхідно використовувати на порядок більш концентровану

сірчанохромову суміш, з колориметричним визначенням відновленого хрому при 590 нм.

Робота № 62

Визначення мікробіоценозу ґрунту методом обростання скелець за Н.Г. Холодним

У зв'язку з тим, що у мікробіологів з'явилося бажання проводити спостереження за мікрофлорою безпосередньо в ґрунті, Н.Г. Холодним був запропонований метод обростання скелець.

Метод обростання скелець Россі-Холодного дозволяє отримати дані, які до деякої міри відповідають дійсності, але й цей метод має ряд суттєвих недоліків, оскільки, перш за все, не дає можливості вести спостереження за живою мікрофлорою. На фіксованому і забарвленому препараті мікроорганізми часто дуже змінюють свій зовнішній вигляд, що стають невпізнаними.

Матеріали й обладнання: предметні скельця, горщечки з ґрунтом, спиртівка, стерильна вода, карболовий еритрозин, мікроскоп.

Хід роботи

На рівній поверхні ґрунту зробіть ножем невеликий надріз, глибина якого залежить від досліджуваного горизонту. Одну зі стінок розрізу зробіть по можливості рівною, намагаючись зберегти природний склад ґрунту.

Чисті, стерильні та обезжирені предметні скельця щільно прикладіть до вертикальної стінки розрізу (одночасно візьміть декілька скелець). Притисніть їх до стінки і засипте землею. Місця, де закладено скельця, відмітьте етикеткою.

При достатній вологості ґрунту предметне скельце скоро покриється ґрунтовим розчином, до його поверхні прилипнуть колоїдні частинки органічного та неорганічного походження. Разом з ґрунтовим розчином на скло потраплять різні мікроорганізми, які починають розмножуватися і з часом утворюють мікробіоценози, характерні для даного ґрунту і в даний час.

Через 3-4 тижні скло відкопайте і обережно відділіть від стінки, до якої воно було притиснуте. Нижній бік скельця витріть сухою ганчіркою. Верхній висушіть на повітрі і зафіксуйте, тричі провівши над полум'ям спиртівки. Якщо на склі є крупні частинки ґрунту, то після фіксації препарату їх обережно відмийте водою: скло помістіть у воду верхнім боком донизу, не доводячи до дна. При цьому крупні частинки ґрунту відмокнуть і впадуть на дно, а зафіксовані мікроорганізми і дрібні частинки залишаються на склі.

Після фіксації та промивки препарат зафарбуйте фуксином, еритрозином (помістіть препарат у розчин карболового еритрозину і витримайте з барвником 30 хв.) або іншим барвником, висушіть і розгляньте під мікроскопом.

Метод дозволяє побачити під мікроскопом склад і розподіл мікроорганізмів у їх природній асоціації.

Робота № 63

Визначення мікробних пейзажів ґрунту за допомогою педоскопів

У місцях природного існування мікроорганізми розвиваються не хаотично, а в певних взаємовідносинах один з одним. Для кожного з місць існування характерні певний якісний склад і певне просторове місцезнаходження мікроорганізмів, які складають мікробоценоз, або пейзаж різних ґрунтів. При використанні загальноприйнятих методів мікробіологічних досліджень порушується просторовий розподіл мікроорганізмів, тому немає можливості виявити мікробні пейзажі різних горизонтів ґрунтів.

Для вивчення мікронаселення ґрунтів, виявлення мікробних пейзажів, встановлення спрямування й інтенсивності процесів, які зумовлюють життєдіяльність мікробних біоценозів, визначення взаємовідносин, які складаються в цих біоценозах між окремими представниками ґрунтового мікросвіту, запропоновано ряд методів.

Виходячи з того, що в природних умовах розвиток мікроорганізмів відбувається в основному на стінках капілярів, Б.В. Пефільєв та Д.Р. Габе сконструювали спеціальний прилад – педоскоп. Педоскоп складається з п'яти плоскопаралельних

капілярних комірок з тонкими стінками. Довжина комірок 1-2 см, а ширина – близько 4 мм. Комірки кріпляться по 5-7 штук у скляній обоймі, або тримачі. Капілярні комірки в різних варіантах педоскопа розміщені так, що їх каналці зорієнтовані або перпендикулярно, або паралельно довгій стороні тримача.

Матеріали й обладнання: педоскопи, мікроскопи, барвник.

Хід роботи

Для встановлення педоскопа у ґрунт спочатку зробіть у ньому щілину спеціальним стальним пробійником. Стерильні педоскопи вставте так, щоб канали комірок набули вертикального положення або знаходилися під нахилом, тобто відповідали б переважаючому напрямку ґрунтового розчину.

Через 2-3 тижні (іноді через 7-8 тижнів) педоскопи вийміть із ґрунту і розгляньте під мікроскопом спочатку у незабарвленому вигляді для виявлення мікрофауни і рухомих форм бактерій. Педоскопи ліпше поміщати на спеціальний столик з обладнанням, яке запобігає висиханню капілярів педоскопа. Після розгляду живих мікроорганізмів педоскоп підсушіть, проведіть фіксацію і зафарбуйте. Завдяки капілярним силам фарба заповнює канал комірки. Через 3-5 хв. барвник заберіть (відтягніть) з капілярів за допомогою фільтрувального паперу або вати, комірки промийте, зануривши їх декілька разів у стакан з водою. Надлишок води усуньте з капілярів фільтрувальним папером, комірки підсушіть і заповніть капіляри імерсійним маслом. Приготовлені так препарати продивіться під мікроскопом з імерсійним об'єктивом.

В окремих ділянках капіляра проглядаються мікробні пейзажі, що відповідають місцям їх мікрозонального розвитку.

Робота № 64

Підрахунок мікроорганізмів ґрунту гістохімічним методом

Хід роботи

На досліджуваній ділянці візьміть невелику пробу землі певного об'єму, розведіть дистильованою або профільтрованою водою і розгляньте під мікроскопом.

Зафарбуйте мазок водної суспензії ґрунту на предметному скельці еритрозином і метиленовим зеленим. При цьому клітини найпростіших зафарбуються у рожевий колір з темно-червоними ядрами; бактерії, гриби, водорості – у червоний; ґрунт – у зелений.

Робота № 65

Визначення сумарної біологічної активності ґрунту

Напрям біологічних процесів у ґрунті можна проаналізувати, визначивши стан окремих мікроорганізмів (дані про дихання ґрунту, його нітрифікаційну – здатність, денітрогеназну активність). Останнім часом біологічну активність ґрунту визначають за кількістю амінокислот, що синтезуються на льняному полотні, вміщеному у ґрунт: чим більше утворюється амінокислот, там вища активність мікрофлори ґрунту.

Утворення амінокислот і білків відбувається в результаті метаболізму мікроорганізмів, здатних розщеплювати целюлозу і сапрофітної мікрофлори. Наявність амінокислот встановлюють за допомогою хроматографічних проявників: нінгідрину, бромфенолового синього, а їх кількість – колориметрично.

Матеріали й обладнання: скляні пластинки розміром 10х50 см, біла льняна тканина або батист, гумові рукавиці; 0,5% розчин нінгідрину, бромфеноловий синій, 0,2% розчин ацетатної кислоти, 75% розчин етанолу, 10% розчин ізопропанолу, хромова суміш.

Приготування бромфенолового синього: 1 г реактиву розчиніть у 250 мл дистильованої води

Хід роботи

Скляні пластини, добре вимиті у хромовій суміші, обтягніть тканиною. Встановіть їх вертикально у ґрунт, так щоб тканина щільно прилягала до рівної вертикальної поверхні ґрунтового розрізу, викопаного на глибину 50 см. З другого боку пластини засипте ґрунтом (підготовку скла до аналізу, обтягування його полотном та інші операції виконуйте у гумових рукавицях).

Через певний час (5, 10 або 15 діб) пластини вийміть з ґрунту, тканину зніміть і виріжте з неї ту частину, що контактувала з

поверхнею ґрунтового розрізу. Вирізану смугу тканини з прилиплим до неї ґрунтом добре просушіть на повітрі і лише після цього очистіть від ґрунту чистою щіткою.

Висушену і очищену від ґрунту тканину обприсніть 0,5% розчином нінгідрину в ацетоні і знову висушіть при кімнатній температурі впродовж 24 год. Проявляються плями амінокислот.

Другу висушену смугу тканини обприсніть водним розчином бром фенолового блакитного – вся смуга синіє. Далі тканину занурте у 0,2% розчин ацетатної кислоти, після чого тло залишиться блідо-блакитним, а білкові плями набудуть темно-блакитного забарвлення.

Для точнішого уявлення про інтенсивність забарвлення окремих шарів полотна, проявленого нінгідрином, використовуйте колориметричний метод. Для цього тканину розріжте на смуги, розміри яких відповідають окремим глибинам орного шару. Потім ці смуги обробіть 75% етанолом до повного знебарвлення. Екстракт розбавте до певного об'єму і встановіть відносну інтенсивність забарвлення витяжок, взятих з однакових смуг тканини. За 100 візьміть забарвлення з полотна, що відповідає шару 0-10 см.

Можна проводити також ідентифікацію амінокислот, які нагромаджуються в окремих плямах полотна. Для цього смуги тканини після їх очищення розріжте на клапті однакової маси і площі. Кожний клапоть подрібніть та проведіть екстракцію 20-30 хв. 75% етанолом. При слабкому нагріванні феном спирт випарується, сухий залишок розчиніть у 10% ізопропанолі. Далі визначення проведіть методом паперової хроматографії.

Робота № 66

Експрес-метод визначення біологічної активності ґрунту за Аристовською-Чугуною

Метод оснований на візуальному виявленні найактивнішого мікробоценозу за інтенсивністю розкладу сечовини.

Матеріали й обладнання: повітряно-сухий ґрунт сечовина, дистильована вода, чашки Петрі, лакмусовий папірець

Хід роботи

Досліджувані зразки повітряно-сухого ґрунту масою 50 г змішайте з 1 г сечовини і перенесіть в чашку Петрі. Зразки рівномірно розподіліть по дну чашки і зволожите до 60% від повної вологості. На внутрішню поверхню кришки чашки Петрі прикріпіть лакмусовий папірець, так щоб він не торкався ґрунту.

Відмітьте час початку досліду і проведіть спостереження за зміною забарвлення лакмусу. По мірі розкладу сечовини повітряне середовище в чашці буде підлужуватися аміаком, внаслідок чого, лакмусовий папірець синітиме.

Дослід проведіть у 3-5 кратній повторюваності до моменту, коли колір індикатора залишатиметься незмінним протягом 2 годин. Паралельно проведіть контрольний дослід в чашках з сечовиною без ґрунту. Результати занесіть до таблиці 27.

Таблиця 27

Ґрунт	Швидкість зростання лужності повітряного середовища (в год.) до значень pH:							
	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0

Робота № 67

Визначення коефіцієнту мікробного дихання ґрунтів за В.П.Кучерявим

Ґрунт виконує свої екологічні функції завдяки активності ґрунтових мікроорганізмів. При достатній забезпеченості ґрунтів основними елементами живлення до числа лімітаційних факторів ґрунтової родючості і функціонування мікробіологічної складової належить переущільнення і забруднення важкими металами, вуглеводнями та іншими токсичними речовинами.

Застосування мікробіологічних показників, які відображають реальний стан ґрунту, є особливо важливим для ґрунтів з широкою амплітудою фізико-хімічних параметрів. Стійкість мікробних

угруповань і водночас їх висока чутливість до змін параметрів середовища існування дають можливість охарактеризувати стан ґрунту. На сьогодні надзвичайно складним і актуальним є питання оцінки стану мікробного блоку при довготривалому впливі різних доз великого спектра політантів, а також з'ясування провідних та другорядних чинників, стану мікробного ценозу та відображення змін у його функціонуванні та стійкості до несприятливих факторів.

Для оцінки стійкості функціонування комплексу ґрунтових мікроорганізмів В.П. Кучерявим запропоновано використовувати наступні показники: *швидкість дихання* мікроорганізмів (V_{basal}) від їх біомаси (B) або залежність V_{basal} від швидкості субстрат-індукованого дихання (V_{sir}). У першому випадку, показник отримав назву *метаболічного коефіцієнта* – q_{CO_2} (V_{basal} / B); у другому – *коефіцієнта мікробного дихання* – Q_r ($V_{\text{basal}} / V_{\text{sir}}$). Ці показники є достатньо чутливими та точними індикаторами різних змін у ґрунтовій системі. Встановлено, що значення q_{CO_2} зростає зі збільшенням вмісту важких металів, розорюванням ґрунтів, застосуванням добрив та пестицидів. Коефіцієнт мікробного дихання є індикатором процесів самоочищення ґрунту, за величиною Q_r можна кількісно оцінити вплив органічних політантів на угруповання ґрунтових мікроорганізмів і його стійкість. Оскільки коефіцієнти q_{CO_2} і Q_r близькі за своїм фізіологічним значенням використання Q_r є доцільнішим тому, що не вимагає трудомісткого визначення біомаси ґрунтових мікроорганізмів і дає можливість співставити результати, отримані різними авторами.

Матеріали й обладнання: зразки ґрунту, набір сит, пластикова пакети, колба з притертим корком, концентрована глюкозо-мінеральна суміш, 1,0-н розчин КОН, термостат.

Приготування концентрованої глюкозо-мінеральної суміші. До 200 г глюкози, додайте 20 г K_2HPO_4 та 20 мл $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Хід роботи

ґрунтові зразки відберіть із глибини 0-10 см, просійте через сито з діаметром отворів 3 мм, помістіть у пластикові пакети для збереження польової вологості. Проби використовуйте для аналізу не пізніше, ніж через 24 год. після відбору.

Визначення субстрат-індукованого дихання V_{sir}

Наважку ґрунту внесіть у колбу із притертим корком, додайте концентровану глюкозо-мінеральну суміш (КГМС) для створення концентрації глюкози 10 мг/л ґрунту. Після додавання КГМС, колбу закрийте, зафіксуйте та перенесіть у термостат для інкубації при температурі 25 °С. Через 4 год. проведіть визначення CO_2 , який виділився із зразка ґрунту, методом абсорбції з 1,0-н розчином КОН. Швидкість субстрат-індукованого дихання мікроорганізмів виразить в $мкг\ C-CO_2\ г/год.$ Результати занесіть до таблиці 28:

Таблиця 28

Об'єкт	V_{basal} , мкг/год	V'_{basal} , %	V_{sir} , мкг/год	V'_{sir} , %	Q_r	Q'_r

Показник V_{sir} характеризує активність мікробного угруповання ґрунту. За значеннями V_{sir} досліджуваних ґрунтів визначте у відсотках від контрольного варіанту (V'_{sir}) зміну активності мікроорганізмів ґрунту.

Наприкінці оцініть ступінь порушення стійкості мікробних угруповань. Для цього спочатку визначте показник Q_r , а потім $-Q'_r$ (Q_r дослідної ділянки / Q_r контрольної ділянки). Чим більше значення Q'_r , тим сильніше виражено порушення стійкості під дією зовнішніх чинників.

6.2. Дослідження бактерій, поширених у ґрунті

Бактерії – доядерні організми (прокаріоти), які разом із синьо-зеленими водоростями (ціанобактеріями) утворюють царство дроб'янок. Більшість з них одноклітинні, але є і нитчасті. довжина бактерій 1-10 мкм, ширина – 0,2-1 мкм.

За формою бактерії поділяють на коки (кулясті), палички (бацили), вібріони (мають форму коми), спіриди (спіральні вигнуті палички).

За характером живлення бактерії є

- автотрофні, які синтезують органічну речовину з неорганічної в процесі фотосинтезу (фототрофні) – пурпурні і сірі

сіркобактерії; та хемосинтезу (*хемосинтетики*) – нітрифікуючі, залізо- та сіркобактерії;

- гетеротрофні, що споживають готову органічну речовину, яких в свою чергу поділяють на *сапрофітів* (живляться органічними рештками відмерлих організмів); *паразитів* (живуть за рахунок живих організмів) та *симбіонтів* (здатних до симбіозу з вищими рослинами, наприклад, нітроген фіксуючі бактерії).

За відношенням до кисню бактерії поділяють на аеробів, які для дихання використовують кисень повітря та аеробів – живуть і розмножуються у середовищі, позбавленому кисню, продуктами їх життєдіяльності можуть бути етиловий спирт, оцтова та молочні кислоти тощо.

Бактерії існують в усіх середовищах, пристосувалися до життя в різних умовах. Ціанобактерії використовують CO_2 для фотосинтезу, O_2 для дихання, N_2 – як нітрогенфіксуючі організми. Вони виявлені через кілька діб в епіцентрі вибуху після випробування ядерної зброї. В 1 г ґрунту кількість бактерій досягає сотень мільйонів і навіть кількох мільярдів; в 1 мл води – від 5 до 100 тисяч бактеріальних клітин; в 1 мм^3 закритого приміщення – до 30 тисяч.

Робота № 68

Прямий підрахунок бактерій у ґрунті за С.М. Виноградським

Виноградський С.М. запропонував прямий підрахунок ґрунтових бактерій, який пізніше був дещо модифікований Шульгіною О.Г.

Матеріали й обладнання: бактерицидна лампа; стерильні чашки Петрі, пробірки з корками з вати або фольги, піпетки на 1 мл; водяна баня; спиртівка; ваги з різноважками; термостат; термометр; сірники; олівець по склу; м'ясо-пептонний агар, дистильована вода; зразки ґрунту; розчин еритрозиу.

Хід роботи

З ґрунтової бовтанки розведення 1:10 після 5-хвилинного збовтування подальшого відстоювання протягом 10-15 сек. (для

осадження грубих мінеральних частинок), стерильною мікропіпеткою наберіть 0,01 мл бовтанки і нанесіть чисте та знежирене предметне скло. Бовтанку розподіліть рівномірно на площі в 4 см^2 , площу можна обвести діамантовим олівцем або під скло покласти міліметровий папір з добре окресленим квадратиком ($2 \times 2 \text{ см}$). Після просушування препарат закріпіть краплею стерильного агару (1:1000), знову підсушіть і зафіксуйте абсолютним спиртом. Зафарбуйте препарат карболовим розчином еритрозину, який добре фарбує бактеріальні клітини, але не фарбує ґрунтові частинки, або зафарбуйте за Грамом. Промивати зафарбовані препарати потрібно обережно, зручніше це робити шляхом поступового опускання препарату в ряд посудин з чистою водою. При фарбуванні еритрозином екстра препарат достатньо фарбувати 20-30 хвилин. Якщо ж еритрозин іншої якості, то потрібно експериментально встановити термін фарбування, оскільки фарбування іноді доводиться проводити протягом 20-24 годин.

Д.М. Новогрудський рекомендує для посилення фарбування додавати в розчин еритрозину невелику кількість CaCl_2 . Підрахунок бактерій на препараті проводьте з імерсійною системою. Дослід показав, що підраховувати необхідно не менше, ніж у 100 полів зору на кожному препараті. Потім підрахуйте середню кількість мікроорганізмів, яка припадає на 1 поле зору або один квадратик окулярної сітки. Знаючи площу окулярної сітки, середню кількість бактерій на цій площі та площу препарату, підрахуйте кількість мікроорганізмів, що припадає на 1 г ґрунту.

Приклад перерахунку: якщо площа окулярної сітки дорівнює $0,004 \text{ мм}^2$ (край сітки – $0,02 \text{ мм}$), то на 1 см він буде повторюватися 25 000 раз, а на всьому препараті – 100 000 разів. Припустимо, що в одному квадратикі виявлено в середньому 2 мікроорганізми. Звідси на всьому препараті 4 см^2 буде $2 \cdot 100\,000 = 200\,000$, оскільки брали 0,1 мл ґрунтової бовтанки, розведеної 1:100 чи 0,0001 г ґрунту, то ця кількість мікроорганізмів міститься у вказаній наважці ґрунту, а в 1 г ґрунту буде міститися в 10 000 разів більше ($1 \text{ г} : 0,0001 = 10\,000$). Звідси $200\,000 \cdot 10\,000 = 2$ млрд. мікробних клітин. Якщо для приготування ґрунтової бовтанки брали вологий ґрунт, то проведіть перерахунок на 1 г сухого ґрунту.

Недоліком методу Виноградського С.М. необхідно визнати неможливість розмежування живих і мертвих клітин мікроорганізмів. У силу цього і дані, отримані за допомогою цього методу, помітно перевищують фактичний вміст живих бактерій у ґрунті.

6.3. Дослідження грибів, поширених в ґрунті

Гриби (*Mycota*) – аеробні гетеротрофні (осмотрофні) організми. Їх чисельність залежить від типу ґрунту. Найбільша кількість грибів спостерігається у верхніх горизонтах, а також у підстилці. З глибиною кількість грибів різко зменшується. В одному грамі ґрунту, залежно від типу міститься від декількох сотень до сотень тисяч, а загальна довжина гіфів досягає 700 м. Мікроміцети – редуценти рослинних решток.

Стійкі лігнінцелюлозні сполуки деревини руйнуються завдяки життєдіяльності, в основному, вищих грибів. Виділяючи в

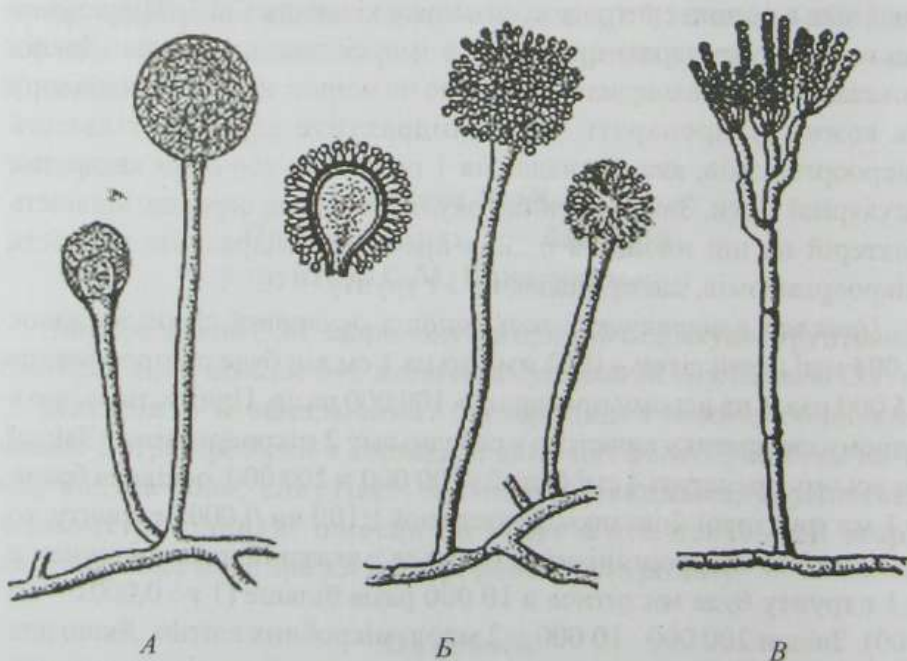


Рис. 70. Представники царства грибів: А – *Mycor*; Б – *Aspergillus*; В – *Penicillium*

зовнішнє середовище різноманітні гідролітичні ферменти, вони розчиняють будь-які органічні субстрати. Гриби беруть участь у перетворенні нітрогену, фосфору, відіграють роль в структуруванні ґрунту.

Гриби впливають на життя мікроорганізмів і вищих рослин, виділяючи в ґрунт фізіологічно активні речовини – вітаміни, стимулятори росту рослин, антибіотики, токсини.

За будовою міцелію гриби поділяються на *вищі* і *нижчі*. Гіфи вищих грибів мають поперечні перегородки – *септи*. У нижчих грибів міцелій *несептований* (як і в актиноміцетів). Представники цього класу мають добре розвинений, сильно розгалужений міцелій з великою кількістю гаплоїдних ядер, типові представники – роди *Mucor* – головчаста плісень має добре розвинений, одноклітинний міцелій. Від повітряного міцелію виростають гіфи, які плодоносять – спорангієносці, які закінчуються шароподібним спорангієм. Частина з них – мікоризоутворювачі, інші руйнують рослинний опад і деревину.

Робота № 69

Визначення загальної кількості мікроміцетів у ґрунті

Для виділення мікроскопчних грибів з ґрунту найбільш часто використовують підкислені молочною кислотою суслоагар і синтетичні середовища з простими вуглеводами, наприклад середовище Чапека-Докса. Кисла реакція пригнічує розвиток бактерій.

Для грибів, що не розвиваються на кислих середовищах необхідно інгібувати розвиток бактерій-конкурентів, шляхом використання барвників (бенгальський рожевий, кристалічний фіолетовий, малахітовий зелений або комбінації з антибіотиками). Для селективного виділення грибів із ґрунту використовують такі антибіотики: хлороміцетин (5 мг/л), неоміцин (50-100 мг/л), пеніцилін (50 мг/л), ендоміцин (5-10 мг/л).

Матеріали й обладнання: сахароза, NaNO_3 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KCl , FeSO_4 , молочна кислота, агар, чашки Петрі, проби ґрунту.

Хід роботи

Приготуйте середовище Чапека-Докса (сахароза 30 г/л, NaNO_3 – 1 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г/л, KCl – 0,5 г/л, FeSO_4 – 0,01 г/л, молочна кислота – 4 г/л, агар – 20 г/л).

Простерилізуйте і розлийте середовище у чашки Петрі. Для визначення кількості грибів використовуйте розведену ґрунтову суспензію 1:100; 1:1000. Оптимальна температура інкубації 24-26°C для більшості грибів. Розгляньте вміст чашок-Петрі на 3-5 добу, на 6-10 добу на середовищі з целюлозою. Останній день підрахунку на середовищі з лігніном – через 2-3 тижні, на голодному ґрунтовому агарі – через 3-4 тижні.

Робота №70

Виявлення різних груп ґрунтових грибів

Гриби в ґрунті представлені найрізноманітнішими щодо систематичного положення та харчових потреб формами. Тому для їх виділення з ґрунту, як і для інших груп мікроорганізмів, не може бути одного універсального середовища. Сапротрофні ґрунтові мікроскопічні гриби за здатністю засвоювати ті чи інші субстрати об'єднують у різні харчові блоки: сахаролітичні, розкладаючі целюлозу, лігнін, хітин, кератин тощо. Для виділення мікроміцетів, які швидко засвоюють легкодоступні вуглеводи використовують сусло-агар, середовище Чапека і др. Гриби, які не витримують конкуренції за моноцукри за високих їх концентрацій у середовищі, виділяють на „голодних” середовищах – водний агар, агар з ґрунтовою витяжкою, агар з розведенням у 8-10 разів сусл. На цих середовищах більшість мікроміцетів розвиваються повільно і утворюють дрібні (2-3 мм в діаметрі) колонії, відділені одна від одної, що сприяє виділенню грибів у чисті культури. Для виділення мікроскопічних грибів із ґрунту найбільш часто використовують підкислені молочною кислотою сусло, агар і синтетичні середовища з простими вуглеводами, наприклад середовище Чапека-Докса. Кисла реакція пригнічує розвиток бактерій. Для грибів, що не розвиваються на кислих середовищах необхідно інгібувати розвиток бактерій-конкурентів, що здійснюється застосуванням

різноманітних барвників – бенгальський рожевий, кристалічний фіолетовий, малахітовий зелений або комбінації з антибіотиками. Для селективного виділення грибів із ґрунту використовують такі антибіотики: хлороміцетин (5 мг/л), неоміцин (50-100 мг/л), пеніцилін (50 мг/л), ендоміцин (5-10 мг/л).

Хід роботи

Для виявлення різних груп ґрунтових грибів застосуйте селективні середовища, технологія приготування яких наводиться нижче.

Середовище Чапека для пліснявих грибів сахароза – 30 г, NaNO_3 – 3 г, KH_2PO_4 – 1 г, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г, KCl – 0,5 г, FeSO_4 – 0,01 г, вода – 1000 мл. Для утворення твердого середовища необхідно додати 1,5% агару.

Середовище для грибів, що руйнують целюлозу. На поверхню селевих пластинок покладіть кільця фільтрувального паперу, просочених розчинами мінеральних солей. Можна використовувати розчин з джерелом нітрогену у формі сірчаноокислого амонію (сіль фізіологічно кисла, сірчаноокислий амоній – 1,5 г, калій фосфорноокислий однозаміщений – 1 г, магній сірчаноокислий – 0,5 г, залізо сірчаноокисле – сліди, марганець сірчаноокислий – сліди, вода дистильована – 200 мл) і у вигляді азотноокислого калію (сіль фізіологічно кисла, калій азотноокислий – 4 г, калій фосфорноокислий двоаміщений – 1 г, магній сірчаноокислий – 0,5 г, натрій хлористий – 0,5 г, залізо сірчаноокисле – сліди, марганець сірчаноокислий – сліди, вода дистильована – 200 мл) стерилізація при 1 атм. 30 хв.

Середовище для мікоризних грибів. До агаризованого суслу міцністю 2 Бал, додайте близько 0,5% грибного екстракту. **Приготування грибного екстракту.** Плодові тіла звичайних їстівних грибів помийте, подрібніть і залийте холодною водою. Залишіть на ніч у прохолодному місці. Після настоювання відіжміть, профільтруйте і простерилізуйте періодично протягом трьох днів текучим паром 30 хв., кожен день додавайте по 0,5% стерилізованого грибного екстракту до розтопленого і охолодженого до 60 °С стерильного середовища з дотриманням необхідної антисептики.

Для виділення дріжджів найчастіше використовують солодове сусло, а із синтетичних середовищ – агар Сабуро (г/л): глюкоза – 40; пептон – 10; агар – 20 і глюкозо-амонійне середовище (г/л): глюкоза – 20; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 5; KH_2PO_4 – 1,95; K_2HPO_4 – 0,15; MgSO_4 – 0,5; NaCl – 0,1; CaCl – 0,1; агар – 20. Для збагачення факторами росту іноді до середовищ додають виноградний сік (3%), дріжджовий (0,2%) і м'ясний (0,3%) екстракти.

Для пригнічення росту бактерій і актиноміцетів середовища підкислюють до рН 4,5 мінеральними або органічними кислотами. Для підкислення синтетичних середовищ використовують соляну кислоту, а для руслових – молочну, лимонну або винну. Для підкислення заводського солодового сусла додають 3-4 мл/л концентрованої молочної кислоти в рідке агаризоване середовище після стерилізації безпосередньо перед розливанням у чашки Петрі. Якщо використовується 3%-ний агар, то середовище застигає навіть при рН 4,8.

Для пригнічення росту бактерій також використовують антибіотики широкого спектру дії: стрептоміцин 80 мг/л або 100 од/мл, пеніцилін (20 – 40 од/мл), левоміцетин (50 мг/л). Їх додають у середовище окремо і в комплексі, як і при роботі з грибами. Ріст грибів обмежують, додаючи в середовище специфічні речовини: дифеніл (0,5 – 0,01%), бичачу жовч (0,25 – 0,5%), телурит калію (0,05 – 0,15%), пропіонат натрію (0,15 – 0,25%) або деякі барвники.

6.4. Дослідження актиноміцетів, поширених у ґрунті

Актиноміцети (*actis* – промінь; *myces* – гриб) – це своєрідні мікроорганізми, які поєднують властивості бактерій і увільових грибів. Типові представники актиноміцетів мають добре виражений міцелій. На відміну від увільових грибів міцелій актиноміцетів являє собою одну велику дуже розгалужену клітину. Діаметр гіфів актиноміцетів складає 0,1 – 1,0 мкм, що приблизно в 10 разів менше від діаметру гіфів увільових грибів. Довжина гіфів у актиноміцетів досягає декількох міліметрів, а в дійсних грибів – декількох сантиметрів.

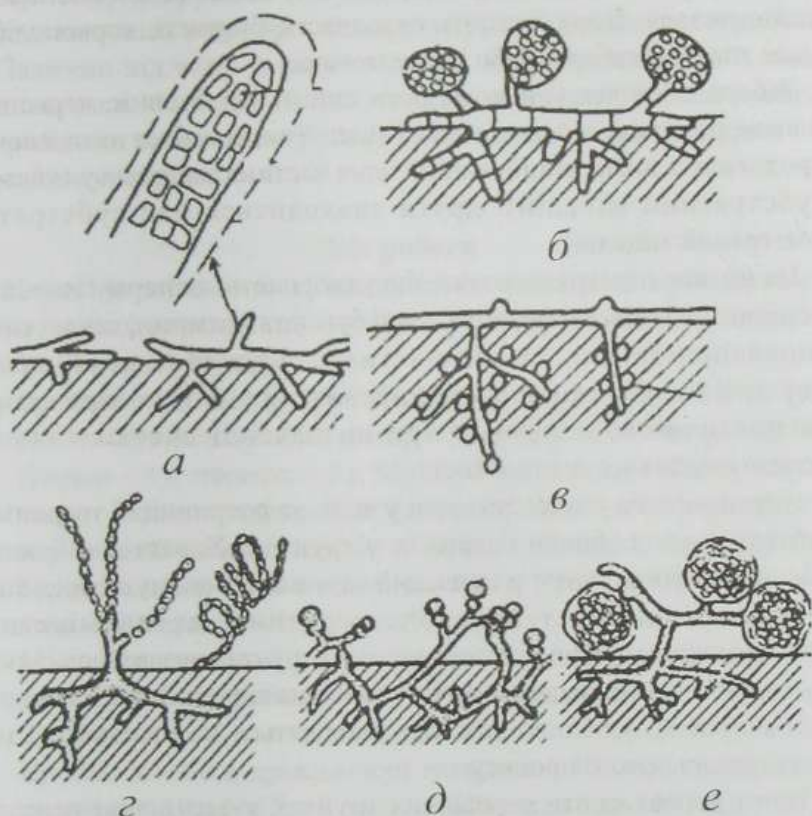


Рис. 71. Представники актиноміцетів: А – *Dermatophil*; Б – *Actinoplanes*; В – *Micromonospora*; Г – *Streptomyces*; Д – *Microbispora*; Е – *Streptosporangium*.

З грибами їх об'єднує також здатність розмножуватися спорами. Нижче наводиться характеристика найбільш поширених ґрунтових актиноміцетів.

Клітинна стінка міцелію актиноміцетів за будовою подібна до оболонки грам позитивних бактерій. Ядро не має ядерної мембрани і не відмежоване від цитоплазми. Відсутність оформленого ядра відрізняє актиноміцети від увільових грибів і споріднює їх з бактеріями.

Колонії актиноміцетів щільні, не змочуються водою, петлею не захоплюються. Вони бувають складчасті, бугристі, коркоподібні, рідше гладкі, безбарвні або пігментовані.

Забарвлення колоній може бути синім, фіолетовим, червоним, жовтим, рожевим, зеленим тощо. Міцелій актиноміцет на поживних середовищах диференційований: одна частина занурена у субстрат (субстратний міцелій), друга знаходиться над субстратом (повітряний міцелій).

На нитках повітряного міцелію утворюються спорангієносці зі спорами. За будовою спорангієносці бувають прямими, хвилястими, спіралеподібними та кільчастими. Будова і розміщення спорангієносців, тип спороутворення, форма і розміри спор є діагностичними ознаками при визначенні систематичного місцезнаходження актиноміцет.

Актиноміцети розповсюджені у воді, на рослинних і тваринних рештках, але особливо багато їх у ґрунтах. Характерний запах свіжого вологого ґрунту, зумовлений наявністю в ньому актиноміцет.

Завдяки здатності до пристосування, актиноміцети є переважаючою групою мікроорганізмів у ґрунтах низької родючості, сухих, пустельних, засолених та лужних, не сприятливих для інших груп мікробів, особливо тих, що знаходяться на перших стадіях ґрунтоутворюючого процесу.

Вони переважають у родючих ґрунтах у засушливі періоди. Актиноміцети активно перетворюють органічні та мінеральні речовини, завдяки антагоністичним властивостям сильно впливають на формування мікробних ценозів, є продуцентами фізіологічно активних речовин – амінокислот, ферментів, вітамінів, антибіотиків.

Оптимальна температура для розмноження мезофільних актиноміцет – 23-30 °С. Променисті грибки ростуть у досить широкому інтервалі рН 4,4-9 при оптимумі рН між 6,8-7,5.

Робота №71

Виявлення різних груп актиноміцетів ґрунту

У порівнянні з грибами і бактеріями актиноміцети можуть добре розвиватися при низькій вологості поживного субстрату (при 8-

10%). Тому у ґрунтах посушливих зон, а також при засухах переважаючими мікроорганізмами у ґрунті є променисті грибки.

Залежно від типу ґрунту та інших екологічних умов їх вміст коливається від 5 до 70 % і складає близько 30% загального мікробного населення ґрунту. Ґрунтові сапрофітні форми – в основному аероби.

Хід роботи

Користуючись нижченаведеними приписами приготування селективних середовищ, виділіть різні групи актиноміцетів з відібраних проб ґрунту.

1. Крохмаль – 20 г, KHPO_4 – 0,5 г, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г, KNO_3 – 1,0 г, NaCl – 0,5 г, FeSO_4 – 0,01 г, агар – 30 г, вода – 1000 мл, pH 7,2-7,4.
2. Пептон – 1 г, глюкоза – 5 г, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,4 г, K_2HPO_4 – 0,4 г., агар – 30,0 г, проціджений відвар картоплі – 100 г (картоплю варить в 200 мл води і доведіть водою об'єм до 1 л), pH 7,2-7,4.
3. Горохова мука – 10,0 г, глюкоза – 10,0 г, NaCl – 5,0 г, CaCO_3 – 1 г, агар – 30,0 г, вода – 1000 мл, pH 7,2-7,4.
4. М'ясний екстракт – 50, 0 мл, пептон – 4 г, NaCl – 2,5 г, дріжджовий екстракт – 5 мл, глюкоза – 10 г, агар – 30 г, вода – до 1000 мл, pH 7,2-7,4.
5. Крохмаль – 10 г, дріжджовий екстракт – 10 мл, кукурудзяний екстракт – 10 г, NaCl – 2 г, агар – 30 г, вода – до 1000 мл, pH 7,2-7,4.
6. Найбільш поширеним середовищем для підрахунку актиноміцетів у ґрунті є крохмально-аміачне середовище: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2 г, K_2HPO_4 – 1 г, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 1г, NaCl – 1 г, CaCO_3 – 3 г, крохмаль – 10 г, агар – 20 г, вода 1000 мл.

Розведення при засіванні поживних середовищ візьміть залежно від передбачуваної кількості актиноміцетів у досліджуваному субстраті, зокрема, з ґрунту приготуйте бовтанку із розрахунку 1 г ґрунту на 10 мл води і посів зробить зазвичай з 2-4-го розведення, тобто 1:100, 1:1000, 1:10000. на поверхню середовища, яке знаходиться у чашці Петрі, нанесіть 0,05 мл бовтанки (1 краплю), розітріть її шпателем по поверхні або ж бовтанку змішайте у чашці Петрі з поживним агаром. Засіяні чашки залишіть при температурі

25-28 °C на 7-10 днів. У багатьох актиноміцет колонії покриті пухнастим, бархатистим або мучнистим нальотом, у більшості різнокольорового забарвлення – бурі, чорні, жовті, червоні. Іноді вони розміщуються концентричними колами.

Однією із основних діагностичних ознак для визначення виду актиноміцетів є будова спороносців. Для цього користуються такими середовищами:

Середовище з мінеральним джерелом нітрогену: KNO_3 – 1 г, K_2HPO_4 – 0,5 г, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г, NaCl – 0,5 г, FeSO_4 – 0,01 г, крохмаль – 30 г, агар – 30 г, вода – до 1000 мл.

Середовище з органічним джерелом нітрогену: бульйон Хотингера (700 мг % амінного нітрогену) – 30 мл, пептон – 5 г, NaCl – 5 г, глюкоза – 10 г, агар – 30 г, вода – до 1000 мл.

6.5. Дослідження водоростей, поширених у ґрунті

Ґрунтові водорості, на відміну від інших мікроорганізмів ґрунту, мають досить крупні розміри і зелене, синьо-зелене або коричневе забарвлення.

Синьо-зелені водорості (*Cyanophyta*) мають характерне синьо-зелене з різними відтінками забарвлення, просту будову клітин, клітини без оформленого ядра і хроматофорів. У ґрунті представлені в основному порядками *Chroococcales*, *Nostocales* і *Oscillatoriales*.

Порядок *Chroococcales* найбільш примітивний. Для ґрунтів притаманні види роду *Microcystis* – мікроскопічні, безформні або більш-менш округлі слизисті колонії з дрібними шаровидними клітинами, які хаотично розміщені у слизі.

Порядок *Nostocales* широко представлений у різноманітних ґрунтах. Найбільш часто зустрічаються представники родів *Stratonostos*, *Sphaeronostoc*, *Amorphonostoc* і *Cylindrospermum*. Деякі з них здатні у масі розростатися по поверхні ґрунту. *Stratonostos* утворює крупні колонії (до декількох сантиметрів у перерізі). Всередині щільного слизу, який утворює колонію хаотично розміщено багато ниток, які складаються з шаро- або діжкоподібних вегетативних клітин, серед яких місцями зустрічаються порожні клітини з товстою оболонкою або гетеро цисти і спори.

Представники порядку *Oscillatoriales* мають просту нитчасту будову, не мають гетероцист і спор. Їх досить багато у ґрунті, особливо багато представників родів *Phormidium*, *Lyngbya* і *Microcoleus*. У *Phormidium* нитки мають слизові чохла, завдяки яким легко з'єднуються у плівки. На забрудненому ґрунті часто зустрічаються плівки темного, чорнильного кольору.

Зелені водорості (*Chlorophyta*). Характерною ознакою є наявність у клітинах водоростей хроматофорів різної форми, забарвлених у чисто зелений колір. У переважній більшості вони дифузно розсіяні серед ґрунтових частинок. У ґрунті добре представлені порядки *Volvocales*, *Protococcales*, *Ulotrichales* і *Siphonales*. Серед представників порядку *Volvocales* найбільш характерні *Chlamydomonas* – одноклітинні рухливі організми, на передньому кінці тіла яких є два джгутики.

Ґрунтові представники порядку *Protococcales* багато численні. Це одноклітинні, нерухомі організми найпростішої будови. Майже у всій ґрунтах зустрічаються види роду *Chlorella* – шароподібні клітини дзвоноподібним хроматофором, *Chlorococcum* – володіють глибокочашеподібним хроматофором, розмножуються зооспорами. порядок *Ulotrichales* – багатоклітинні, нитчасті форми, розмножуються зооспорами або розпаданням ниток на окремі клітини.

Жовто-зелені водорості (*Xanthophyta*) у ґрунтах небагаточисельні. Основними ознаками є дископодібні хроматофори жовтувато-зеленого кольору та два джгутики різної довжини (різnodжгутикові – *Heterocontae*). Ґрунтові форми – *Pleurochloris*, *Bumilleria*, *Tribonema*, *Botrydium*.

Діатомові водорості (*Bacillariophyta*) володіють прозорими двостулковими оболонками клітин, просочені кремнеземом (панцир). у ґрунті зустрічаються лише одноклітинні, вільноживучі форми.

Евгленові водорості (*Euglenophyta*) – одноклітинні рухливі організми, на передньому кінці тіла є джгутик, зелених хроматофор і червоне око. У ґрунті виявлено лише декілька форм, але зустрічають досить часто, особливо у забруднених і болотистих ґрунтах.

При постановці культур ґрунтових водоростей використовують загальноприйняті прийоми мікробіологічної техніки, що стосується стерильності посуду, поживних середовищ, води та інструментів.

Завдяки фізіологічній специфіці водоростей, як фототрофних організмів, які не потребують готових органічних речовин, їх вирощують або безпосередньо на ґрунтах, або у мінеральному поживному середовищі, але обов'язково на світлі. У першому випадку досліджуваний ґрунт служить одночасно і об'єктом вивчення і поживним субстратом, у другому – використовується лише невелика його порція для засіву у культуру. Культури необхідно виставляти як можна ближче до світла, але не на пряме сонячне освітлення. В осінньо-зимовий період необхідно використовувати додаткове освітлення електричною лампою 300-500 ват.

Робота № 72

Визначення загальної кількості ґрунтових водоростей

Кількісний підрахунок ґрунтових водоростей дає уяву про кількість клітин у 1 г ґрунту.

Матеріали й обладнання: проби ґрунту, центрифуга

Хід роботи

Метод прямого підрахунку наважки ґрунту. Стерильну свіжу пробу ґрунту доведіть до повітряно-сухого стану, подрібніть і перемішайте. Візьміть наважку 5 г проби і розмішайте у невеликій краплі води. Заберіть крупні частинки ґрунту. Краплю накрийте покривним скельцем (вода не повинна виступати за краї скельця) На край краплі, що знаходиться на предметному склі поставте ребром під кутом 45° покривне скельце, обережно покладіть на краплю так, щоб у ній не утворилися бульбашки повітря. Крапля повинна заповнити весь простір між предметним склом і не виступати за краї. Надлишок відберіть за допомогою смужок фільтрувального паперу. Препарат розгляньте під мікроскопом із збільшенням об'єктива й окуляра (40х15 чи 60х15). Підрахуйте всі виявлені клітини. Скельце прогляньте від одного краю покривного скельця до іншого вздовж нанесених штрихів зверху до низу.

Смужки проглядайте почергово. Отриману після підрахунку цифру помножте на 200 для встановлення кількості клітин у 1 г ґрунту. Підрахунок проведіть тричі і визначте середнє значення.

Метод Виноградського у модифікації Е.О.Штиної. Наважку ґрунту 1 г залийте 4 мл дистильованої води, збовтайте 2-3 хв., надосадову рідину покладіть на відстоювання 30 с, злийте у центрифугу пробірку. Операцію повторіть ще двічі, додаючи до осаду по 3 мл води.

Всі суміші злийте разом. Осад викиньте а надосадову рідину поділіть на три рівних частини, які про центрифугуйте протягом 1 хв. при 500 обертах за секунду або 2 хв. на ручній центрифuzі. Надосадову рідину викиньте, а осад потрібен буде для подальших досліджень. Кожен осад розведіть дистильованою водою до певного об'єму (10-40 мл), залежно від густоти суспензії, дослідження проводьте окремо. Після доброго перемішування осаду наберіть мірною піпеткою 1 мл надосадової рідини і випускаючи її по краплям, підрахуйте кількість крапель у цьому об'ємі. Одну з крапель помістіть на рахувальну пластинку. У даному випадку клітини водоростей можна рахувати не у всій краплі, а лише у $S!$, j або $\frac{1}{5}$ частині, тобто у кожній третій, четвертій або п'ятій смузці, залежно від того скільки смужок поміщається під покривним скельцем. підраховане число клітин помножте на коефіцієнт, який можна отримати у результаті перемноження чисел: знаменника дробу, встановленого числа крапель в 1 мл та числа мл надосадової рідини.

Наприклад, якщо прораховано $\frac{1}{5}$ мл, у 1 мл було 24 краплі, а вся надосадова рідина становить 20 мл, то коефіцієнт буде дорівнювати $5 \cdot 24 \cdot 20 = 2400$. Цифри підрахунку всіх трьох суспензій просумуйте, у результаті отримаєте кількість клітин у 1 г ґрунту.

Якщо немає можливості опрацювати свіжезібраний ґрунт, то наважку 1 г повітряно-сухого ґрунту зафіксуйте 4% розчином формаліну і до обробки зберігайте у закритому посуді.

6.6. Дослідження найпростіших, поширених у ґрунті

Значення найпростіших для ґрунтових процесів і родючості ґрунту ще недостатньо вивчено. Основна роль найпростіших полягає в тому, що вони, живлячись бактеріями, значно зменшують їх кількість. Встановлено, наприклад, що одна ґрунтова амеба *Naegleria gruberi* за період між її поділами поглинає в чистій культурі приблизно 130 000 бактерій. Найпростіші харчуються в ґрунті як корисними, так і шкідливими бактеріями.

У змішаних культурах присутність найпростіших сприяє посиленню фіксації азоту азотобактером. Припускають, що, знищуючи частину бактерій, найпростіші сприяють життєдіяльності тих що залишаються, виділення амеб і інфузорій стимулюють азотфіксуючу здатність азотобактера.

Амеби та інфузорії *Colpoda steini* у культурі з целлюлозорозкладаючою бактерією *Cytophaga sp.* сприяли більш швидкому розпаду целюлози. Аналогічні дані про стимуляцію встановлені і для процесів амоніфікації і нітрифікації. Існують дані, що амеби впливають на окислювання цукрів бактеріями.

Кількість видів найпростіших, знайдених у ґрунті, досягає більше 300. Вони відносяться до трьох класів:

- **саркодові** (*Sarcodina*) – амеби, черепашкові корененіжки та **сонячники**. До найбільш типових ґрунтових амеб належать *Naegleria gruberi*, *Vahlkampfia*, які мають джгутикову стадію та *Hartmanella hyaline*. Часто зустрічаються в ґрунті *Amoeba verrucosa*, *A. terricola*, *A. radiosa*, *hyalodiscus guttula* та інші. Амеби можуть рухатися по ледь вологому твердому субстрату та завдяки цьому порівняно добре пристосовані до життя в ґрунті, зустрічаючись в ньому інколи в дуже великій кількості.
- **джгутиконосці** (*Mastigophora*, або *Flagelata*). Ґрунтові джгутиконосці – дрібні безбарвні форми, які живляться бактеріями і частково осмотично готовими органічними сполуками, але інколи в ґрунті зустрічаються і рослинні джгутиконосці з зеленим пігментом – евглени. Серед ґрунтових джгутиконосців найбільш відомі представники родів *Cercomonas*, *Oicomonas*, *Bodo* та ін. Це дуже дрібні форми від 5 μ до 20 μ .

➤ **інфузорії** (*Infusoria*, або *Ciliata*). Інфузорії крупніші за джгутикових і їм важче існувати в ґрунті, в плівковій воді. В ґрунті живуть дрібні форми *Colpoda cucullus*, *C. steini*, *Colpidium*, *Chilodon*, *Gonostomum affine*, *Oxytricha pelliorzella* та деякі інші.

Робота № 73

Виявлення ґрунтових найпростіших

Методів виявлення найпростіших у ґрунті існує чимало, але усі вони можуть бути зведені до двох основних: **прямого**, чи безпосереднього виявлення в ґрунті чи ґрунтовій суспензії й **опосередкованого**, або виявлення найпростіших в різних поживних середовищах у які були внесені проби ґрунту. Найбільш простий метод: пробу ґрунту змішують з невеликою кількістю води, безпосередньо на предметному склі (краще з поглибленням) і досліджують під мікроскопом. Цим способом вдається знайти активних найпростіших, і крім того, головним чином великі форми, якщо їх дуже багато в ґрунті. Порівняно легко помітні в таких пробах черепашкові корененіжки. Необхідно зважати на те, що деякі найпростіші при змочуванні швидко (через кілька хвилин) виходять з цист і, отже, для виявлення активних форм, пробу ґрунту необхідно переглядати дуже швидко.

Принцип непрямих методів полягає в тому, що ґрунтових найпростіших виявляють у поживному середовищі після того як у це стерильне середовище була внесена наважка ґрунту, узята з природних умов.

Матеріали й обладнання: чашки Петрі, агаризовані середовища, термостат, ґрунтові зразки.

Хід роботи

Агаризовані середовища розлийте у чашки Петрі, простерилізуйте внесіть досліджуваний ґрунт і помістіть у термостат при температурі 20-25° С. Проводьте дослідження середовища для визначення найпростіших, які розвинулися, протягом ряду днів. Деякі найпростіші з'являються дуже швидко, але незабаром інцистуються або гинуть, інші види розвиваються протягом декількох тижнів.

Іноді для порівняння рекомендується використовувати декілька середовищ водночасно, а також поміщати проби ґрунту в стерильну дощову або дистильовану воду. В такій воді чисельність найпростіших набагато менша, ніж в поживному середовищі і при цьому вони швидко зникають або інцистуються. Кількість розвинених найпростіших на поживних середовищах та їх видовий склад залежить від наявності та розвитку бактерій, що служать їжею цим *Protozoa*.

Середовище для виявлення найпростіших повинно бути сприятливе для розвитку бактерій, якими живляться найпростіші. Такими середовищами можуть бути:

Настій із гною. Приготуйте 5% настій з кінського або коров'ячого гною, залишіть на добу, розбавте до 1-2% профільтруйте і простерилізуйте.

Ґрунтовий екстракт. Пробу ґрунту, висушіть на повітрі і потім помістіть у колбу з водою з розрахунку 10 % розчину або навіть 1 кг на літр води. Суспензію прокип'ятіть 15 хв, нейтралізуйте, розчин відіжміть через ганчірку, потім розбавте і відфільтруйте, простерилізуйте. Ґрунтову витяжку можна використовувати разом з 3-4% сінним настоєм.

Можна використовувати також настої з овочів, картоплі, салату, моркви. Овочі прокип'ятіть до разварювання і приготуйте 1-5% настій, простерилізуйте.

Останнім часом для культур деяких найпростіших запропоновано середовище на рисі. Кілька зерен рису помістіть на чашку Петрі зі стерильною водою. Через 2-3 доби в чашку внесіть пробу ґрунту,

Культивувати найпростіших, особливо амеб і дрібних інфузорій, краще на твердих агарових середовищах:

М'ясний агар. М'ясний екстракт – 0,3-0,5 г, NaCl – 0,5 г, агар – 20,0 г, вода – 1000 мл.

Дуже добре розвиваються амеби і *Colpoda* з чистої культури *Bact. radicola* на середовищі такого складу: маніт – 10 г, K_2HPO_4 – 1 г, ґрунтова витяжка – 1000 мл, агар – 15 г.

На середовищах Виноградського і Омелянського для нітрифікуючих бактерій добре розвиваються джгутиконосці.

Робота № 74

Визначення кількості ґрунтових найпростіших

Найпростіші тільки тоді можуть впливати на біохімічні процеси, коли вони розмножуються в ґрунті і кількість їх стає значною. Кількість найпростіших у ґрунті дуже коливається, нерідко за добу число особин може змінитися в межах сотень тисяч на 1 г ґрунту. *Підрахунок найпростіших* виявлених безпосередньо в ґрунтовій суспензії, проводять звичайними методами, прийнятими у мікробіології для бактерій або в гідробіології для найдрібнішого населення води.

Матеріали й обладнання: зразки ґрунту, дистильована вода, 1-2% розчин желатини, колби.

Хід роботи

Для підрахунку *форм, що швидко рухаються* до краплі досліджуваного середовища додайте для уповільнення руху 1-2% розчин желатини або гуміарабіку. За допомогою цього методу можна підрахувати тільки вільно плаваючих найпростіших, а не всю масу організмів, що залишилася серед ґрунтових часток.

При непрямому методі дослідження для кількісного обліку користуються методом розведення (за Кетлером): 10 г ґрунту розведіть в 100 мл води (1:10), 10 мл № 1 розведіть в 90 мл води (1:100); 10 мл № 2 розведіть в 90 мл води (1:1000); 20 мл № 3 розведіть в 30 мл води (1:2500); 20 мл № 4 розведіть в 20 мл води (1:5000); 30 мл № 5 розведіть в 15 мл води (1:7500); 20 мл № 6 розведіть в 10 мл води (1:10000).

Після розведення вміст колби добре збовтайте і візьміть 1 мл суспензії, помістіть на поживне середовище. Після дослідження через визначені проміжки часу протягом місяця встановіть для кожного виду найпростіших найбільше розведення, при якому виявлено їх розвиток. Кількість найпростіших повинна відповідати числу, що лежить між двома найближчими найбільшими розведеннями, з яких наступне не дало найпростіших.

Наприклад, 1 мл суспензії із розведення 1:2500 дав розвиток найпростіших, а 1:5000 не дав його, отже, число найпростіших лежить між 2500 і 5000 на 1 г ґрунту.

Визначення числа активних форм і цист. Одночасно з приготуванням серій розведень візьміть 10 г того ж ґрунту й проведіть обробку 2% розчином HCl (густина 1,15), так, щоб був деякий надлишок кислоти після нейтралізації карбонатів. Ґрунт залишіть на ніч, протягом цього часу всі активні форми загинуть, а цисти зберігають життєздатність. Проведіть розведення, як описано вище.

На поживному середовищі розвиваються лише ті найпростіші, які розвилися з цист. Різниця між першим і другим підрахунком дасть число активних найпростіших. Перегляд поживного середовища слід проводити по два рази на добу, тому що чисельність активних форм і цист швидко змінюється.

Для визначення аміб використовується метод розведення, удосконалений Северцевою. Проведіть зараження у чашках Петрі з агаровим середовищем чистою культурою бактерій у формі хреста; таких хрестів нанесіть 10-15 в кожную чашку.

Культури, що розвиваються, не повинні доторкатися між собою. У центр кожного хрестика внесіть 0,12 мл (з кінця капілярної піпетки) ґрунтової суспензії (10 г ґрунту помістіть у 100 мл стерильної води та доведіть до потрібного розведення, як було зазначено вище). Чашки помістіть у термостат.

На одних хрестиках амеби (і інші найпростіші) розвиваються, на других ні. Одна амеба дає початок колонії, підраховуючи число хрестиків з амебами можна визначити їх число у вихідній пробі.

Наприклад, на хрестики внесене по 0,12 мл суспензії ґрунту з розведенням у 100 разів, тобто 0,0012 мл (чи 0,00012 г ґрунту). З 20 хрестиків 10 виявилися з найпростішими, а 10 без них. Звідси можна припустити, що лише в половині порцій по 0,00012 г знаходилося по одному найпростішому, що дали початок культурі. Отже, у 1 г ґрунту знаходилося від 4166 до 8332 найпростіших.

На підставі підрахунків, зроблених на декількох чашках, візьміть середнє з усіх розведень ґрунтової суспензії, опускаючи останні числа (мінімальне і максимальне).

Для визначення числа активних організмів і цист, що знаходяться в суспензії, останню нагрійте до 60-70° С, тобто до температури, при якій гинуть активні найпростіші.

Метод агарових пластинок Сінга. На чашки Петрі помістіть по 8 скляних кілець (внутрішній діаметр 2 см, глибина 1 см, товщина 1-2 мм). Попередньо чашки Петрі залийте тонким шаром агару (15 см³) на чашку. Чашки простерилізуйте, а в кожне кільце налейте шаром у 1-2 мм 1% агар, що містить 5 г/л NaCl. Після цього в кожне кільце внесіть суспензію культури бактерій одного чи декількох їстівних видів.

Приготуйте розведення ґрунту – 10 г ґрунту залийте 50 мл нормального сольового розчину, збовтайте протягом 4 хв. у 3 цього розведення ($1/3$) зробіть великі розведення – від $1/10$ до $1/81920$, шляхом розведення 5мл суспензії, взятої з попереднього більш слабого розведення в 5 мл стерильного сольового розчину.

Проведіть зараження 8 кілець на одній чашці 0,05 мл суспензії визначеного розведення. Чашки поставте на інкубацію протягом 15 днів при 20-21°C. Через 6-7 днів перегляньте їх під мікроскопом для виявлення і визначення найпростіших. Чисельність найпростіших визначте шляхом підрахунку кілець, що містять найпростіших і позбавлених їх.

Таблиця 29

Кількість кілець з найпростішими і без них при різних розведеннях

Розведення	Амеби		Джугитикові		Інфузорії	
	+	–	+	–	+	–
1/5	8	0	8	0	8	0
1/10	8	0	8	0	6	2
1/20	8	0	8	0	3	5
1/40	8	0	8	0	3	5
1/80	8	0	8	0	4	4
1/160	8	0	8	0	0	8
1/320	8	0	8	0	2	6
1/640	7	1	8	0	0	8
1/1280	5	3	6	2	0	8
1/2560	8	0	8	0	0	8
1/5120	2	6	4	0	0	8
1/10240	1	7	2	6	0	8
1/20480	0	8	1	7	0	8
1/40960	0	8	0	8	0	8
1/81920	1	7	1	7	0	0
Всього	80	40	86	34	26	94

Таблиця 30

Визначення числа *Protozoa* методом розведення
(на 1 г ґрунту при розведенні від 5 до 81 920 разів у 8
повторностях на 15 чашках)

А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
4	1 690 000	27	132 000	50	17 300	73	2330	96	317
5	1 430 000	28	121 000	51	15 800	74	2140	97	290
6	1 230 000	29	110 000	52	14 500	75	1960	98	265
7	1 060 000	30	101 000	53	13 300	76	1800	99	243
8	931 000	31	92 000	54	12 200	77	1650	100	223
9	824 000	32	84 200	55	11 100	78	1510	101	203
10	729 000	33	77 100	56	10 200	79	1390	102	185
11	650 000	34	70 500	57	9 380	80	1270	103	169
12	581 000	35	64 500	58	8 570	81	1170	104	154
13	520 000	36	59 000	59	7 860	82	1070	105	140
14	467 000	37	54 000	60	7 210	83	979	106	126
15	421 000	38	49 400	61	6 600	84	898	107	113
16	380 000	39	45 200	62	6 040	85	823	108	101
17	344 000	40	41 400	63	5 540	86	755	109	90,2
18	311 000	41	37 900	64	5 080	87	693	110	79,4
19	282 000	42	34 700	65	4 670	88	635	111	69,5
20	256 000	43	31 800	66	4 280	89	582	112	60,2
21	232 000	44	29 200	67	3 920	90	534	113	51,3
22	211 000	45	26 700	68	3 600	91	490	114	42,9
23	192 000	46	24 500	69	3 300	92	450	115	34,8
24	175 000	47	22 400	70	3 020	93	412	116	27,4
25	159 000	48	20 500	71	2 770	94	377		
26	145 000	49	18 800	72	2 540	95	346		

Примітка: А - число негативних культур, Б - організмів на 1 г

У таблиці 30 наведений приклад підрахунку найпростіших при 8 кільцях на кожній чашці Петрі. На підставі статистичного методу Фішера складена таблиця 31, по якій визначають число найпростіших на 1 г ґрунту.

Таблиця 31

	Амеб	Джгути- кових	Інфузорій
Культур з найпростішими (+)	80	86	26
Культур без найпростіших (-)	40	34	94
Число на 1 г ґрунту (див. табл. 30)	41400	70500	377

Робота № 75

Вивчення активності і поширення Protozoa у ґрунті лабораторним методом

Питання про те, які види найпростіших можуть бути активними в ґрунті і при яких умовах, інакше кажучи, чи будуть вони розмножуватися в ґрунті і поширюватися в ньому, можуть бути вирішені способом, заснованим на принципі поширення найпростіших у ґрунті.

Хід роботи

Для проведення дослідіу ґрунт доведіть до повітряно-сухого стану і, просійте від великих часток, помістіть у чашки Петрі.

Ґрунт візьміть по вазі і, якщо використовуєте чашки різних розмірів, то зробіть це з таким розрахунком, щоб на одиницю площі поміщалась однакова кількість ґрунту. Якщо необхідно вивчити активність Protozoa у залежності від механічного складу ґрунту, у чашки Петрі помістіть окремі фракції даного ґрунту, рівномірно зволожите до заданого відсотка від повної вологості. На ґрунті, зробіть помітки через 1 см від центра, після чого чашки простерилізуйте в автоклаві при тиску 2 атм протягом 25-30 хв. У центр чашки з ґрунтом у невелике поглиблення помістіть 1-2 петлі культур найпростіших чи грудочку ґрунту. Заражені чашки поміщують у термостат при 20-25°C під скляний ковпак для запобігання випаровування. Щодня з кожної ділянки ґрунту, починаючи від центра, тобто місця зараження, до периферії чашки, візьміть пробу ґрунту і перенесіть у стерильне поживне середовище (тверде агарову на чашках Петрі, або рідке в сільничках чи колбах).

Щодня, починаючи з другого дня, проводьте дослідження середовища для виявлення найпростіших. Якщо, наприклад, через два дні після зараження ґрунту найпростішими, останні будуть

знайдені на відстані 1 і 2 см від місця зараження, а проба на віддалі 3 см виявиться стерильною, то відповідно, протягом 2 діб найпростіші поширювалися на 2 см чи трохи більше ніж на 2 см. Поширення найпростіших у стерильному ґрунті показує їх активний рух і розмноження. Активність найпростіших залежить від механічного складу ґрунту і його вологості.

Робота № 76

Вивчення активності і поширення Protozoa у ґрунті польовим методом (методом Ніколюка)

Для визначення активності та поширення найпростіших у ґрунті, Ніколюк запропонував метод дослідження без посередньо в польових умовах.

Хід роботи

Витягніть невеликі ґрунтові моноліти за допомогою металевих циліндрів (висота 15 см, діаметр 10 см). Ці циліндри по обидва боки закрийте половинами чашки Петрі і загорніть у папір, простерилізуйте під тиском 1,5 атм. протягом однієї години. По вистиганні кожен моноліт поверніть на своє місце в ґрунт, одночасно з монолітів зробіть контрольний посів на відсутність найпростіших. Зверху ці ділянки ґрунту закрийте стерильними шиферними пластинками, що лежать на металевих кільцях висотою 5 см і з діаметром вдвічі більшим, ніж стерильні ділянки. Усю цю ділянку зверху засипте землею.

Надалі, через визначені проміжки часу в стерилізованих ділянках і навколо них визначте вологість, склад і кількість найпростіших. Показано, що стерильний ґрунт поступово заселяється найпростішими завдяки активному пересуванню цих організмів. Чисельність найпростіших може бути дуже велика.

Наприклад, число аміб і різних джгутикових у ґрунтах досягає 400 000, а інфузорій у 1 г ґрунту кілька сотень. На зрошуваних ґрунтах найпростіших трохи більше, ніж на цілині і серед них кількість аміб і джгутикових досягає ста і більше тисяч, а інфузорій від 0 до 50 тисяч і більше у 1 г. У ґрунті, з квіткових горщиків кількість джгутикових сягає до 8 300 000 у 1 г.

Контрольні запитання до розділу

1. Що таке змішана проба, яку беруть для дослідження мікрофлори ґрунту?
2. Які групи організмів потрібно визначити для повної характеристики структури мікробоценозу?
3. Які Вам відомі живильні середовища для культивування мікроорганізмів?
4. Як приготувати м'ясо-пептонний агар?
5. Яке повинно бути значення рН живильного середовища для культивування бактерій, грибів, дріжджів?
6. Як забезпечити необхідне значення рН живильного середовища при культивуванні мікроорганізмів?
7. Які Вам відомі способи стерилізації посуду та живильних середовищ?
8. Яких принципів слід дотримуватись при відборі зразків для мікробіологічного аналізу ґрунтів?
9. Для виділення якої групи мікроорганізмів ґрунту використовують середовище Чапека-Докса?
10. Назвіть класи найпростіших, поширених в ґрунті.

РОЗДІЛ VII

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛООБІГУ РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ

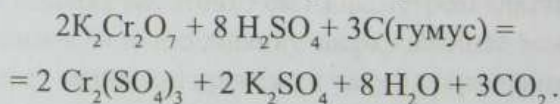
7.1. Колообіг органічної речовини

Робота № 77

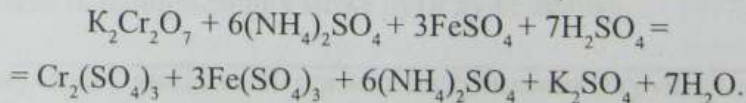
Визначення вмісту органічної речовини в ґрунті методом Тюріна

Особливу органічну речовину ґрунту, що утворюється при розкладанні й гуміфікації рослинних і тваринних залишків і забарвлює верхню частину профілю називають *гумусом*. Від його вмісту залежить родючість ґрунтів. У чорноземних ґрунтах, як найбільш родючих, його вміст може досягати 10 % і більше.

Простим і точним способом визначення гумусу є метод І.В.Тюріна, який широко застосовують при масових аналізах ґрунтів. Метод оснований на окисленні гумусових речовин у ґрунті до CO_2 за допомогою двохромовоокислого калію ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), виготовленого в сірчаній кислоті при нагріванні:



За кількістю хромової суміші, що йде на окислення гумусу, судять про його кількість. Залишок біхромату, що не прореагував, визначають його титруванням розчином FeSO_4 або солі Мора.



Матеріали й обладнання: 0,4 н. розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 0,2 н розчин солі Мора – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,2 % розчин фенілантранілової кислоти або 0,5 % дифеніламіну; 85 % розчин H_3PO_4 ; просіяний повітряно-сухий ґрунт; конічні колби на 100 мл; бюретки; піпетки на 10 мл; колби на 500 мл; бюкси; дистильована вода.

Приготування 0,4 н. розчину $K_2Cr_2O_7$: візьміть 20 г порошку $K_2Cr_2O_7$ розчиніть у 500 мл дистильованої води і додайте 500 мл H_2SO_4 із питомою вагою 1,84;

Приготування 0,2 н розчину солі Мора: $80(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ (80 г) насипте у мірну колбу на 1 л, додайте 20 мл концентрованої H_2SO_4 і об'єм доведіть до мітки дистильованою водою (поправка до солі Мора визначається за допомогою 0,1 н. розчину $KMnO_4$);

Приготування 0,2 % розчину фенілантронілової кислоти: 0,2 г фенілантронілової кислоти розчиніть у 100 см³ соди;

Приготування 0,5 % розчину дифеніламіну: 0,5 г дифеніламіну розчиніть у 100 мл H_2SO_4 із питомою вагою 1,84; до розчину повільно, з великою обережністю, додайте 20 мл дистильованої води.

Хід роботи

Візьміть наважку від 50 до 200 мг (у залежності від умісту гумусу) повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1 мм. Якщо ґрунт темний, він містить більше органічної речовини, тому для аналізу візьміть 50-100 мг, а якщо світлий, то він має менше органічних речовин, тому наважку візьміть від 150 до 200 мг. Наважку висипте у конічну колбу на 100 мл. Обережно з бюретки долийте 10 мл 0,4 н розчину хромової суміші та обережно перемішайте коловими рухами колбочки.

Для запобігання розбризкування й охолодження парів у колбу поставте маленьку лійку, яка слугуватиме зворотнім холодильником, вставте на азбестову сітку і нагрійте до кипіння. Кип'ятіть 5 хв., запобігаючи бурхливому кипінню. Потім вміст охолодіть. Колір суміші після кип'ятіння повинен бути оранжевим. Якщо колір стане зеленим, це означає, що органічної речовини в пробі більше від окислювача й визначення треба повторити з меншою наважкою ґрунту.

Потім стінки колбочки змийте з піпетки дистильованою водою об'ємом 30-40 мл. Додайте 4-5 крапель 0,2% фенілантронілової кислоти, яка виконує роль індикатора. Суміш відтитруйте 0,1 або 0,2 н розчином солі Мора. Кінець титрування визначте за переходом вишнево-фіолетового забарвлення в зелене.

Якщо як індикатор Ви будете використовувати дифеніламін, то послідовність операцій повинна бути наступно. Суміш з малої конічної колби перенесіть кількісно в колбу на 400-500 мл з допомогою дистильованої води (200 мл). Стінки колби, лійки змийте дистильованою

водою і злийте у велику колбу. Додайте 8-10 крапель дифеніламіну 2-3 мл 85 % H_3PO_4 і при безперервному збовтуванні проведіть титрування 0,2 н розчином солі Мора. Початкове буре забарвлення перед закінченням титрування переходить в синє, а потім в зелене.

Одночасно поставте контроль з прожареним ґрунтом або піском.

Вміст органічного вуглецю вирахуйте за формулою:

$$C = \frac{(a - b) \cdot K_M \cdot 100 \cdot 0,0006 \cdot K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 1,724}{P}$$

де C – кількість гумусу в ґрунті, у %;

a – кількість мл 0,2 н розчину солі Мора, що пішла на титрування контролю;

b – кількість мл 0,2 н розчину солі, що пішла на титрування дослідної проби;

K_M – поправка до титру солі Мора;

0,0006 – кількість органічного вуглецю, що відповідає 1 мл 0,2 розчину солі Мора, г;

1,724 – кількість органічного вуглецю в г, що відповідає 1 г гумусу;

$K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт гігроскопічності для перерахунку на абсолютно суху наважку ґрунту.

Коефіцієнт гігроскопічності визначте в такий спосіб:

Зважте фарфоровий тигель із кришкою. В нього помістіть 1-2 г ґрунту.

Відкритий тигель з наважкою поставте у холодну муфельну шафу і поступово нагрійте її до 800°C . Прожарте дві години, а після охолодять 5 хв. Охолоджений тигель зважте і знову поставте у муфель для прожарювання на 40 хв. Після цього знову його охолодять і зважте. Прожарювання проводьте до одержання постійної ваги або до тих пір поки різниця у вазі не буде перевищувати 0,001 г.

Результати занесіть до таблиці 32.

Вміст мінеральних речовин у ґрунті визначте за формулою:

$$\frac{a(100 + b)}{C} = 3\Gamma,$$

де $3Г$ — зольність ґрунту, в %;

a — вага золи, г;

$с$ — вологість ґрунту, %;

C — наважка повітряно-сухого ґрунту, г.

Втрату гумусу від прожарювання вирахуйте за формулою:

$$A = 100 - 3Г,$$

де A — втрата від прожарювання, виражена в % від ваги сухого ґрунту;
 $3Г$ — зольність ґрунту (у % ваги сухого ґрунту).

Таблиця 32

№ тигля	Вага порожнього тигля, г	Вага тигля з ґрунтом до прожарювання, г	Вага тигля з ґрунтом після прожарювання, г	Вологість ґрунту, %	Вміст сухого ґрунту, г	Втрата гумусу при прожарюванні, г (3-1—вода)

Робота № 78

Визначення інтенсивності утворення органічної речовини в листках рослин за методом Тюріна в модифікації Бородуліної

Приготування хромової суміші. 9,8 г $K_2Cr_2O_7$ розчиніть в 200-300 мл дистильованої води і перенесіть в мірну у колбу на 0,5 мл. До розчину як каталізатор додайте 10 мл 10%-го розчину $CuSO_4$ і розчин доведіть до мітки. До 500 мл біхромату прилийте рівний об'єм 0,5 л (1:1) концентрованої сірчаної кислоти. Приготовлену суміш зберігайте в банці з темного скла.

Хід роботи

Для виконання роботи свердлом виріжте із листків по 5 дисків відомої площі, помістіть їх у пробірку (на 20-40 мл), куди з бюретки прилийте 10 мл 0,2 н хромової суміші. Хромову суміш необхідно

приготувати завчасно. Паралельно цьому частину рослин виставте на 1 годину на інтенсивне світло. Реакційну суміш слабо прокип'ятіть протягом 5 хв. на піщаній бані під тягою. Після повного охолодження розчин із пробірки кількісно перенесіть в мірну колбу на 50 мл, промиваючи пробірку дистильованою водою і доведіть об'єм до мітки. Оптичну густину розчину визначте на фотоколориметрі з жовтим фільтром проти контролю. Контролем служить 0,2 н розчин хромової суміші, розбавлений у 5 раз (10 мл хромової суміші доведіть до мітки 50 мл).

Одержані показники оптичної густини переведіть в значення концентрації глюкози за допомогою калібрувального графіка.

Побудова калібрувального графіка

Для побудови калібрувального графіка у 5 пробірок налейте 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 та 1,0 мл стандартного розчину глюкози (1 г глюкози на 100 мл розчину; 1 мл такого розчину вміщує 10 мг глюкози) і по 10 мл 0,2 н хромової суміші. В шосту пробірку тільки 10 мл хромової суміші. Вміст пробірок прокип'ятіть 5 хв. на піщаній бані. Після охолодження розчин із пробірок кількісно перенесіть в мірні колби на 50 мл, доведіть до мітки дистильованою водою, перемішайте і виміряйте оптичну густину (Д) на фотоколориметрі з жовтим фільтром проти контролю (шостої пробірки). По осі абсцис відкладіть концентрацію глюкози (мг в 50 мл розчину), а по осі ординат – відповідне значення оптичної густини. Точки перетину з'єднайте і отримаєте калібрувальну криву (одну калібрувальну криву готують на 2-х студентів).

Враховуючи співвідношення атомної (чи молекулярної) ваги, проведіть перерахунок органічної речовини на вуглець (M_c) чи двоокис вуглецю (M_{CO_2}), виходячи із розрахунків, що

$$M_c = 0,4 M_{гл.}, \quad M_{CO_2} = 0,4 M_{гл.},$$

де $M_{гл.}$ – кількість глюкози, що відповідає вмісту органічної речовини.

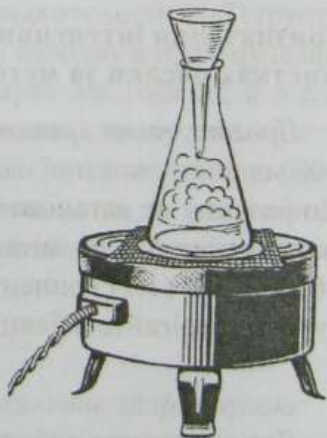


Рис. 72. Визначення гумусу за Тюріним

Кількість вуглекислого газу органічної речовини (в мг), що вміщається в шматочку листка площею в 1 дм², розрахуйте за формулою:

$$X = \frac{1,4M_{\text{ст}} \cdot 100}{S},$$

де S – площа дисків, см².

Результати занесіть у таблицю 33.

Таблиця 33

Об'єкт	Час визначення	Площа дисків (см ²)	Показ ФЕКу (оп. од.)	Вміст глюкози по калібр. на 50 мл	Вміст CO ₂ (мг/дм ²)	Інтенсивність фотосинтезу (мг CO ₂ /дм ² ·год)
1	2	3	4	5	6	7
	Початок дослідів					
	Після перебування рослин на світлі 1 год.					

Порівняйте інтенсивність фотосинтезу декількох видів рослин. Зробіть висновок.

7.2. Колообіг біогенних елементів

Колообіг біогенних елементів оцінюють за двома формулами:

$$C_1 = \frac{\text{вміст елемента в опаді}}{\text{вміст елемента в ґрунті}},$$

$$C_2 = \frac{\text{вміст елемента в гілках дерев}}{\text{вміст елемента в ґрунті}},$$

де C_1 – індекс колообігу елемента в малому колі,

C_2 – індекс колообігу елемента у великому колі,

$K_{\text{повер}} = \frac{C_2}{C_1}$ коефіцієнт повернення елемента в ґрунт.

7.2.1. Колообіг нітрогену

Робота № 79

Прискорений мікрометод Кьельдаля для визначення загального нітрогену (у рослинному матеріалі, органах та молоці тварин)

Принцип методу. Матеріал озоляють мокрим озоленням з сульфатною кислотою, а для прискорення мінералізації, крім того, додають пероксид водню. При мокрому озоленні нітроген звільняється в формі аміаку, який зв'язується з сульфатною кислотою з утворенням сульфату амонію.

Цей розчин нейтралізують лугом, внаслідок чого виділяється аміак. Потім додають реактив Неслера (K_2HgJ_4), який з аміачним нітрогеном утворює йодистий меркурій-амоній. Розчин набуває жовтого забарвлення, інтенсивність якого залежить від вмісту солей амонію. При високому вмісті нітрогену забарвлення буде оранжеве. Оптичну густину розчину визначають на фотоколориметрі із застосуванням синього світлофільтра або на спектрофотометрі при 410 нм і потім за допомогою калібрувальної кривої розраховують вміст нітрогену в досліджуваній пробі.

Матеріали й обладнання: сірчана кислота питомої ваги 1,84, 30%-ний пероксид водню, 25%-ний розчин сегнетової солі, реактив Неслера, 1 н розчин NaOH, лакмусовий папір, колби Кьельдаля, мірні циліндри, електронні терези, мірні колби на 100 і 250 мл.

Приготування реактиву Неслера $K_2(HgJ_4)$. 17,5 г йодистого калію розчиніть в 100 мл деатилфованої води; до цієї рідини додайте по краплям розчин хлорної ртуті (15 г $HgCl_2$ в 300 мл води) до появи червоного осаду, незникаючого при збовтуванні. Об'єм отриманого розчину доведіть дистильованою водою до 500 мл і охолодіть в крижаній воді.

Приготуйте 50%-ний розчин їдкого натрію: 105 г NaOH розчиніть в 200 мл дистильованої води та охолодіть в крижаній воді.

Після цього обидва розчини змішайте і розведіть дистильованою водою до 1 л. Прозору відстоюну рідину злийте. Реактив готовий до використання. Зберігайте реактив в темному місці.

Хід роботи

Мокре озолення

1. На аналітичних терезах (в пробірці) зважте 0,5 г сухої проби біологічного матеріалу, або 5 мл молока і помістіть в колбу Кьельдаля ємністю 250 мл.

2. Мірним циліндром (або за допомогою автоматичної пікетки) в колбу долийте 10 мл концентрованої сульфатної кислоти (пит. вага 1,84), обережно перемішайте (легким покачуванням колби), щоб наважка була змочена кислотою і залишіть на ніч.

3. Вміст колби нагрійте на електроплитці або газовій горілці. Через 20-30 хв. додайте 1-2 мл 30% пероксиду водню та продовжте нагрівання. Час від часу нагрівання припиняйте і після деякого охолодження в колбу додавайте невелику кількість 30 %-го розчину пероксиду водню і знову нагрівайте до повного знебарвлення вмісту колби і одержання прозорого розчину.

Зв'язування кальцію та магнію в комплексні сполуки (для попередження випадання осаду при підлучуванні розчину)

4. По закінченню озолення вміст колби охолодіть та обережно розбавте дистильованою водою і перенесіть у мірну колбу на 250 мл, долийте до мітки дистильованою водою та добре перемішайте.

5. Після відстоювання візьміть піпеткою 10 мл розчину при аналізі рослинного матеріалу (або 5 мл у випадку проб органів і тканин тварин), помістіть у мірні колби на 100 мл, долийте 20-25 мл дистильованої води, 5 мл 25 %-го розчину сегнетової солі, киньте маленький шматочок лакмусового паперу та ретельно перемішайте.

Підлучування розчину

6. Проведіть нейтралізацію розчину. По краплях з бюретки додавайте 1н розчин NaOH до посиніння лакмусового папірця, після чого

об'єм розчину в колбі доведіть дистильованою водою до 80-90 мл. Закінчення нейтралізації визначте за посинінням лакмусового папірця.

Утворення йодистого меркурій-амонію

7. До добре перемішаного розчину додайте (мірним циліндром або піпеткою з гумовою грушею) 4 мл реактиву Неслера, знову перемішайте, об'єм розчину доведіть до мітки дистильованою водою і ще раз перемішайте.

8. Через 15 хв. фотоколориметром виміряйте оптичну густину розчину і розрахуйте вміст нітрогену за формулою:

$$C_N = C_x \cdot \frac{250}{V \cdot m}$$

де C_N – вміст нітрогену в 1 кг сухої проби, г

C_x – кількість мг нітрогену в 100 мл колориметрованого розчину, знайдена за калібрувальною кривою;

250 – загальний об'єм розчину, одержаний після мокрого озолення, мл;

V – об'єм, взятий в мірну колбу для колориметрування;

m – наважка сухої проби аналізованого матеріалу, г (або л)

Для перерахунку даних на природну вологість їх множать на коефіцієнт гігроскопічності:

$$K_z = (100 - x) / 100,$$

де x – процент вологи.

При визначенні нітрогену в органах і тканинах тварин одержаний після мокрого спалювання розчин необхідно розвести в 10 раз: 10 мл розчину внесіть в мірну колбу на 100 мл і додайте до мітки 1 н розчин H_2SO_4 . Результат визначення в цьому випадку помножьте на 10.

Робота № 80

Визначення білкового та небілкового нітрогену

Принцип методу. При визначенні нітрогену, який входить до складу білкових речовин, білки відділяють від інших нітрогенистих речовин осадженням і наступним фільтруванням. На фільтрі (осад) залишається нітроген білків, а в фільтрат переходить нітроген

неорганічних сполук (небілковий). Нітроген визначають за допомогою реактиву Неслера.

Хід роботи

1. Наважку добре подрібненого матеріалу, в якій міститься 3-5 мг білкового нітрогену, перенесіть в стакан ємністю 100 мл, додайте 50 мл дистильованої води, нагрітої до 50-60 °С.

2. Стакан нагрівайте протягом 10 хв. на киплячій бані при помішуванні скляною паличкою

♦ При аналізі матеріалу, який містить велику кількість крохмалю (насіння злакових та зернобобових культур) вміст стакану нагрівайте на водяній бані, яка має температуру не вище 50-60° С, оскільки при більш високій температурі крохмаль клейстеризується і подальше фільтрування ускладнюється.

3. Після короточасного нагрівання проведіть осадження білків 50%-трихлороцтовою кислотою (ТХО). Для цього в стакан при помішуванні додайте 10 мл 5%-го ТХО і після відстоювання протягом 30-40 хв. вміст відфільтруйте в мірну колбу на 100 мл. Стакан та осад на фільтрі промийте декількома порціями 2%-ї ТХО.

4. По закінченню фільтрування фільтр разом з воронкою перенесіть в термостат і висушіть протягом 1-1,5 години при температурі 50-60 °С.

5. Коли папір почне легко відділятися від воронки, фільтр разом з осадом перенесіть в пробірку і визначте нітроген за Неслером так само як при визначенні загального нітрогену.

Визначення небілкового нітрогену

Після фільтрування білкового нітрогену в колбу ємністю 100 мл, її вміст доведіть дистильованою водою, яка не містить аміак, до мітки.

Візьміть 25 мл фільтрату і перенесіть в пробірку для того, щоб визначити загальний вміст небілкового нітрогену.

Фільтрат, який залишився у колбі, використовуйте для визначення окремих небілкових сполук нітрогену. При цьому усі небілкові форми нітрогену визначають в одній навазці.

Принцип визначення *різних форм небілкового нітрогену* базується на послідовному витісненні нітрогену різних небілкових сполук (аміачного, амідного та нітратного) у замкнутому просторі та уловлюванні нітрогену, який виділяється титрованою кислотою. Аналіз проводьте в невеличких ексикаторах з притертими кришками.

Визначення аміачного нітрогену

20 мл фільтрату налейте у фарфорову чашку і поставте на дно ексикатора. Зверху покладіть спеціальну решітку з невеликими отворами, на неї поставте як приймач аміаку фарфорову чашку, в яку з мікробюретки налейте 10 мл титрованої 0,01н H_2SO_4 та 2-3 краплі змішаного комбінованого індикатора (кислота в прийомнику забарвлюється в червоний колір).

Ексикатор закрийте змащеною по шліфу вазеліном кришкою так, щоб залишилась невелика щілина для введення реактиву, який витісняє аміак. Через цю щілину та отвір в решітці піпеткою в нижню чашку з досліджуванним розчином обережно внесіть 10 мл насиченого розчину поташу (K_2CO_3) або оксиду магнію. Після цього ексикатор швидко повністю закрийте кришкою.

У наслідок підлужування дослідженого розчину виділяється аміачний нітроген, який поглинається кислотою у прийомнику. Тривалість реакції залежить від кількості аміачного нітрогену в досліджуваному розчині, температури та визначається дослідним шляхом.

Здебільшого при кімнатній температурі ексикатори витримують 1-2 доби.

Якщо по мірі виділення аміаку рідина в прийомнику набуває зеленого кольору (вся кислота зв'язалась виділеним аміаком), додайте ще 5-10 мл 0,01 н H_2SO_4 .

По закінченню поглинання виділеного аміаку кислотою прийомник вийміть з ексикатора і невикористану кислоту відтитруйте з мікробюретки 0,01 н NaOH до переходу *рожевого забарвлення* рідини через *фіолетове* в *яскраво-зелене*.

Визначення вмісту амідного нітрогену

Після титрування в прийомник налейте нову порцію (10 мл) 0,01 н H_2SO_4 , додайте змішаний індикатор і поставте прийомник в ексикатор на теж саме місце (нижню чашку з досліджуваним розчином з дна ексикатора не виймайте).

Закривши ексикатор, залишіть невелику щілину, як в попередньому випадку, в нижню чашку з досліджуваним розчином додайте піпеткою 10 мл 40%-го лугу (NaOH). Потім ексикатор герметично закрийте і залишіть на 1-2 доби. Під дією лугу відбувається гідроліз амідів і виділяється аміак.

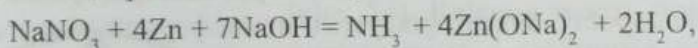
Після закінчення гідролізу амідного нітрогену та зв'язування виділеного аміаку кількість кислоти, яка залишилась в прийомнику відтитруйте, як у випадку визначення аміачного нітрогену 0,01 н NaOH .

Визначення нітратного нітрогену

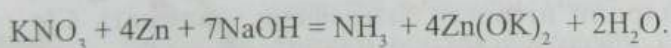
Після визначення вмісту амідного нітрогену в тому ж зразку проведіть визначення кількості нітратного нітрогену. Для цього в прийомник знову налейте 10 мл 0,01 н H_2SO_4 , а в нижню чашку в цьому випадку додайте 0,1 г тонко помолотого сплаву Деварда.

Закриті ексикатори залишіть на 1-2 доби при кімнатній температурі або на 8-10 г при 50-60 С.

Внаслідок взаємодії сплаву Деварда з нітратами, які містяться в досліджуваному розчині, у лужному середовищі нітрати відновлюються до аміаку, який виділяється в газоподібній формі. Схематично цю реакцію можна представити наступним чином:



або



Після закінчення процесу відновлення нітратів і зв'язування аміаку, кислоту, яка залишилась у прийомнику, відтитруйте 0,01 н NaOH , як зазначено вище.

Визначення амінного нітрогену

Кількість амінного нітрогену в зразку знайдіть за різницею між сумарним небілковим нітрогеном (у %) та сумою аміачного, амідного та нітратного нітрогену в аналізованому зразку (у %). Результат буде приблизним.

Обрахунок результатів

Кількість усіх форм небілкового нітрогену визначте за формулою:

$$X = \frac{a \cdot T \cdot 0,14 \cdot 100 \cdot 100}{H \cdot 20}, \text{ де}$$

X – вміст форми небілкового нітрогену, %;

a – кількість 0,01 н H_2SO_4 , витраченої на зв'язування аміаку, що виділився.

T – поправка до титру 0,01 н H_2SO_4 ;

100 – коефіцієнт для переведення у відсотки;

100 та 20 – відповідне розведення.

Робота № 81

Виявлення вільноживучих азотфіксаторів у ґрунті

Незважаючи на те, що в повітрі об'ємна частка нітрогену становить 78 %, рослини не здатні його засвоювати; вони споживають цей хімічний елемент з ґрунтового розчину у вигляді солей амонію та нітратів.

Фіксація нітрогену здійснюється переважно біологічним шляхом і лише незначна кількість (менш як 35 мг/м^3) – у результаті процесів в атмосфері – електричних розрядів і фотохімічних реакцій.

Нітроген вступає в колообіг через кореневу систему рослин або за допомогою симбіотичного зв'язку через бактерії, гриби, синьо-зелені водорості, здатні фіксувати атмосферний нітроген. До вільноживучих в ґрунті мікроорганізмів, здатних фіксувати молекулярний нітроген атмосфери, належать *Clostridium*, *Azotobakter*, *Beijerinckia*, деякі спірили сірчані бактерії, дріжджі й синьо-зелені водорості.

Clostridium pasteurianum – типовий представник анаеробного процесу фіксації нітрогену. В молодих культурах цей мікроб має вигляд прямих паличок з закругленими кінцями розміром $2,5\text{-}7,5 \times 0,5$ мкм. Палички розміщуються поодинокі чи парами та мають велику кількість джгутиків, розкиданих по всій поверхні клітини. При старінні набувають характерну веретеноподібну форму з округлою спорою, розташованою ближче до одного з кінців. В

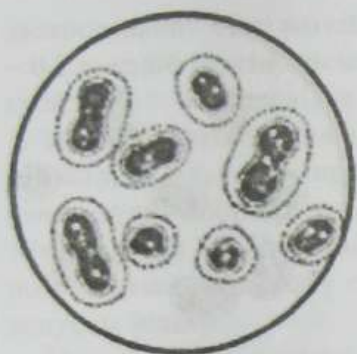


Рис. 73. *Azotobacter chroococcum*

протоплазмі клітин накопичується велика кількість крохмалоподібної речовини – гранулози, яка з йодом дає голубе забарвлення. Спори не зафарбовуються.

Azotobacter chroococcum – найбільш розповсюджений вид. Це рухливі клітини розміром $2-7 \times 1,5-2,5$ мкм, в молодих культурах паличкоподібні, з віком набувають кулястої форми (рис. 73). Клітини об'єднані парами чи більш крупними групами й оточені великою слизовою капсулою.

Вони утворюють темно-коричневий пігмент, нерозчинний у воді. Характерною особливістю виду є здатність використовувати крохмаль в якості єдиного джерела вуглекислого газу. При рості на середовищах з достатньою кількістю поживних речовин всередині клітин накопичується велика кількість зерен запасного поживного матеріалу. Зерна сильно заломлюють світло, завдяки чому при розгляді під мікроскопом не зафарбованих препаратів мають зеленуватий відтінок. На 1 г зброженого цукру *Azotobacter chroococcum* засвоює до 20 мг атмосферного нітрогену.

Azotobacter agile Beijerinck – крупні, кулясті або дещо овальні ($2,5 \times 5,5$ мкм), дуже рухливі клітини, об'єднані найчастіше парами (рис. 74). Клітини мають гомогенну протоплазму з крупними зернами запасної речовини. Навколо клітин є тонкий ободок слизової капсули; виділяє у середовище жовтий або зеленуватий пігмент. Засвоює до 10-15 мг нітрогену на 1 г енергетичного матеріалу. Най-частіше зустрічається у прісних водоймах.



Рис. 74. *Azotobacter agile Beijerinck*

Azotobacter vinelandii Zipman – дрібні ($0,8 \times 2,5$ мкм), рухливі, перетрихально джгутикові палички

(рис. 75, а). З віком клітини вкорочуються і набувають кулястої форми. При рості на середовищах утворюють синьо-зелений пігмент, зв'язує приблизно 15 мг нітрогену на 1 г цукру.

Azotobacter beijerinckii – дещо овальні, крупні (3,5-6,5х2-2,5 мкм) з заокругленими кінцями клітини, з'єднані попарно в тетради і короткі ланцюжки (рис. 75, б). Клітини нерухомі, оточені слизовою капсулою. Утворюють світло-коричневий або жовтий пігмент, нерозчинний у воді. Оптимум рН 4,5-5,5.

Azotobacter indicum – паличкоподібні клітини розміром 1,5-3 х 0,5-1,5 мкм з крупними зернами жиру і великими слизовими капсулами. Утворює іржаво-червоні та коричнево-червоні пігменти. Не росте на середовищах з натуральним білком, однак додавання до поживного середовища невеликої кількості нітрогенвмісних сполук (солей амонію пептону, гідролізату казеїну) стимулює ріст мікроорганізму. Усі перераховані види нітрогенобактеру належать до аеробних мікроорганізмів і краще розвиваються при вільному доступі повітря. Оптимум рН у межах 7,2-8,0.

Матеріали й обладнання: поживне середовище, ґрунт, шпатель для ґрунту, мікроскоп, колби, скельця, барвники.

Хід роботи

Для вивчення вільноживучих у ґрунті нітрогенфіксаторів приготуйте накопичувальну культуру. Найкращим середовищем для розвитку бактерій вважається середовище Ешбі, яке не містить солей нітрогену: маніт (або глюкоза) – 20 г; калій фосфорнокислий

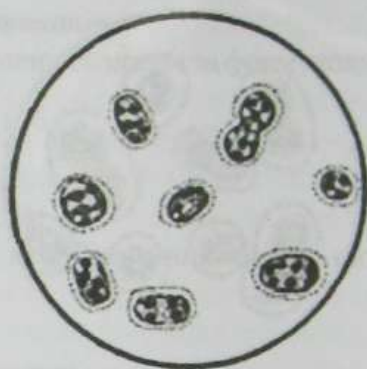


Рис. 75, а. *Azotobacter vinelandii* Zipman

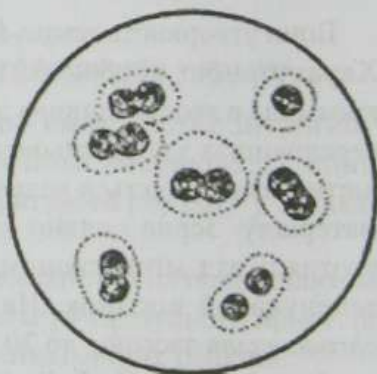


Рис. 75, б. *Azotobacter beijerinckii*

двохосновний – 0,2 г; магній сірчаноокислий – 0,2 г; натрій хлористий – 0,2 г; калій сірчаноокислий – 0,1 г; залізо сірчаноокисле – сліди; крейда – 5 г; водопровідна вода – 1000 мл.

Приготовлене середовище розлийте по колбах ємністю 100-150 мл шаром 1-1,5 см і простерилізуйте. Внесіть у середовище невелику кількість ґрунту (0,5 г). Колбу помістіть в термостат при температурі 22-25°C на 10-14 днів. Азотобактер краще розвивається на рідкому середовищі, в яке покладено складений конусом фільтр.

При наявності в ґрунті вільноживучих азотфіксаторів на 5-6-й день на поверхні поживного середовища, на фільтрі і на стінках колби з'явиться плівка, яка швидко буріє, оскільки містить *Azotobacter chroococcum*, а на дні рідини, яка до цього часу дещо помутніє, буде пінитися і пахнути масляною кислотою буде накопичуватися *Clostridium pasteurianum*.

Для мікроскопічного дослідження приготуйте два мазки із побурілої плівки та з дна колби. В першому препараті знайдіть крупні, круглі або овальні клітини азотобактера, покриті товстою слизовою капсулою (зооглесею). В другому препараті знаходяться веретеноподібні клітини *Cl. Pasteurianum* з продовгуватою спорою у центрі клітини.

Визначити кількість фіксованого бактеріями нітрогену можна хімічним шляхом за модифікованим мікрометодом Кьельдаля. Для визначення фіксованого нітрогену краще користуватися рідкими середовищами з глюкозою. Це дозволяє більш точно розрахувати результати на 2 г використаного цукру.

Робота № 82

Виявлення симбіотичних азотфіксаторів у ґрунті

У процесі еволюції деякі мікроорганізми набули здатності до життя і розмноження не лише на поверхні коренів, але й в глибині їх тканин. До таких бактерій відносяться так звані бульбочкові бактерії роду *Rhizobium*. Бульбочкові бактерії можуть існувати довгий час у ґрунті як звичайні сапрофіти, подібно кореневим і ризосферним бактеріям. Вони можуть розмножуватися в ґрунті,

живитися за рахунок кореневого осмосу різних в тому числі і не бобових рослин. Бульбочкові бактерії проникають в корені рослин з ґрунту через кореневі волоски. На місці проникнення бактерії відбувається посилений поділ клітин кореня, завдяки чому формуються бульбочки. Форма і розмір бульбочок, а також їх розміщення на коренях залежить як від активності бактерій, так і від рослин, на яких вони поселяються.

За підрахунками академіка Д.Н.Прянишнікова, люцерна при доброму урожаї накопичує за вегетаційний період близько 150 кг нітрогену, люпин – близько 160 кг на га. Однорічні бобові рослини (горох, віка, квасоля, соя) накопичують у ґрунті від 60 до 100 кг нітрогену на 1 га.

Бульбочкові бактерії – облігатні аероби, мають вигляд невеликих, дещо вигнутих, рухомих паличок з заокругленими кінцями, спор не утворюють. У молодих культурах розмір їх коливається від 0,5x1 до 1x7 мкм. Поруч з паличкоподібними зустрічаються дуже дрібні рухливі кокоподібні форми – живчики, а також крупні сильно роздуті, колоподібні, грушеподібні або подовжені гіллясті клітини, які називаються бактероїдами. Вважають, що саме у цій бактероїдній формі бульбочкові бактерії найбільш енергійно засвоюють нітроген з атмосфери. Рух молодих бактерій відбувається за рахунок джгутиків, розміщених у різних видів неоднаково. У бульбочкових бактерій можуть бути наявні два джгутики, які відходять з

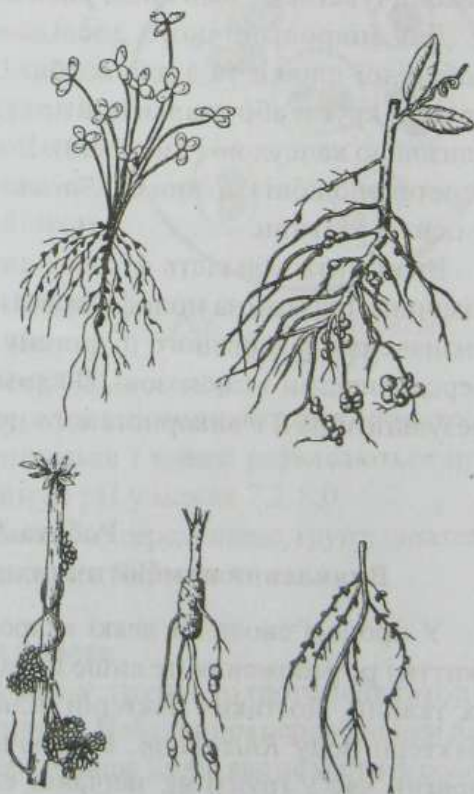


Рис. 76. Бульбочкові бактерії

обох боків клітини, або один, який відходить від кінця клітини під прямим кутом.

Бульбочкові бактерії окремих видів рослин (рис.76) володіють різноманітністю морфологічних форм, а саме: бульбочкові бактерії люцерни більш товсті та короткі (до 2мкм), покриті слизом; у гороху та віки довжина паличок сягає 3,5-4 мкм, а крупні бактерії люпину та квасолі (3,5мкм) сильно вигнуті і покриті слизом. Бактерії люцерни та квасолі на препаратах мають характерне зірчасте розміщення клітин.

Бульбочкові бактерії володіють вибірковою здатністю вступати в симбіоз з різними бобовими рослинами: бактерії гороху – *Rhizobium leguminosarum*, квасолі – *Rhizobium phaseoli*, сої – *Rhizobium japonicum*, люпину – *Rhizobium lupini*, вигни – *Rhizobium vigna*, нуту – *Rhizobium cicer*, люцерни – *Rhizobium trifolii*, еспарцету – *Rhizobium simplr*, лядвинця – *Rhizobium lotus*, акації – *Rhizobium robinii*.

Матеріали й обладнання: свіжі або фіксовані корені різних бобових рослин, мікроскоп, барвник, предметні та покривні скельця, спирт 96%, розчин сулеми 1:1000, стерильні чашки Петрі, бактеріологічна петля, ножиці, скальпель, водяна баня, 9 горщиків з ґрунтом одного складу.

Хід роботи

Ознайомтеся з формою бульбочок у різних бобових рослин. Виділіть бульбочкові бактерії у чисту культуру. Для цього проведіть посів зі свіжої бульбочки на поживне середовище такого складу: бобовий бульйон (з 100г гороху) – 1000 мл, маніт (або сахароза) – 10 г, калій фосфорнокислий – 1,0 г, агар – 15 г. Вивчіть морфологічні особливості бульбочкових бактерій у мазках, приготовлених із бульбочок.

Розлийте середовище по пробіркам (по 15–20 мл) і простерилізуйте в автоклаві при 1 атм. протягом 30 хв.

Для посіву виберіть свіжий корінь бобової рослини. Корінь промийте у воді. Для знищення поверхневої мікрофлори корінці помістіть на 5 хв. в 0,1% розчин спирту, потім промийте стерильною водою. Оброблені корінці перенесіть стерильним пінцетом на предметне скло і розріжте на дрібні частини стерильним скальпелем.

Бактеріологічною петлею візьміть шматочок корінця і внесіть у пробірку з агаром. Добре перемішайте і вилийте в стерильну чашку Петрі.

Чашки помістіть в термостат при температурі 25°C на 24–48 годин. Через декілька днів на поверхні поживного середовища можна спостерігати бактерії у вигляді дрібних, білуватих колоній (*Bac. Radicicola*). Помістіть у краплю води на предметне скло, покрийте покривним і зафарбуйте метиленовим синім і розгляньте під мікроскопом.

Для дослідження бактерій, що містяться у бульбочках, приготуйте гістозрізи або мазки. При виготовленні гістопрепарату зробіть зріз бульбочки тонким ботанічним лезом або мікротомом. Зріз помістіть у краплю води на предметне скельце, покрийте покривним скельцем і проведіть дослідження під мікроскопом – спочатку при малому, а потім при великому збільшенні. Всередині клітин бульбочки видно дрібні палички або бактероїди бульбочкових бактерій. Для того, щоб краще їх побачити зафарбуйте препарат фуксином або метиленовим синім. Мазок приготуйте так: розріжте бульбочку на дві частини. Місце розрізу багатократно проколите препарувальною голкою для руйнування клітин бульбочки. Із зруйнованої бульбочки видавіть крапельку рідини на предметне скельце, розведіть її краплиною стерильної води і приготуйте мазок. Мазок підсушіть, зафіксуйте у полум'ї, зафарбуйте фуксином або метиленовим синім і проведіть дослідження під мікроскопом.

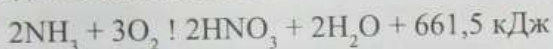
Горщики з ґрунтом простерилізуйте у автоклаві або печі. У три горщики додайте по 2 г нітрату натрію (азотні добрива). Горщики підпишіть.

Розітріть у ступці 6 бульбочок, відірваних від коренів конюшини. Розбавте цю масу водою. Додайте суспензію порівну у три інші горщики, також позначте їх. Три горщики, що залишилися позначте як контрольні. В усі дев'ять горщиків висійте однакову кількість насіння конюшини, вимоченого у воді. Проведіть спостереження за ростом рослин у горщиках впродовж 2 тижнів, результати спостережень зафіксуйте у журналі. Проаналізуйте чи є відмінності у трьох груп. В якій групі конюшина почувається найкраще?

Робота № 83

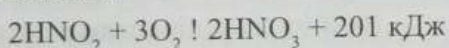
Визначення нітрифікуючих бактерій у ґрунті (на середовищі С.Н Виноградського)

Процес нітрифікації аміаку проходить у дві фази за участі двох спеціалізованих груп аеробних бактерій. В першу фазу аміак окислюється до солей азотистої кислоти:



У цьому процесі приймають участь нітрозні бактерії, які відносять до трьох родів: *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira*. *Nitrosomonas* – овоїдні коки з одним довгим джгутиком, спор не утворюють. *Nitrosocystis* – коки величиною близько 1,5 мкм, здатні утворювати зооглеї – накопичення коків, оточені загальною слизовою капсулою. *Nitrospira* – мають правильну спіральну форму, довжина клітини досягає 20 мкм, хоча і зустрічаються досить дрібні кокоподібні організми.

У другу фазу нітрифікації солі азотистої кислоти окисляються до солей азотної кислоти



У цьому процесі приймають участь нітратні бактерії роду *Nitrobacter*, це дрібні, округлі, яйцеподібні чи грушоподібні клітини, розміром до 1,5 мкм. Зустрічаються короткі нерухомі, безспорові палички з загостреними кінцями розміром 1,2x0,8 мкм палички іноді з'єднуються у ланцюжки, за Грамом фарбуються негативно. На 5-6 добу у культурах проявляються овальні або грушоподібні рухливі клітини.

Нітрифікуючі бактерії строго специфічні по відношенню до речовини, що окислюється: нітрозні бактерії не діють на нітрати, а нітритні – не окислюють амонійних солей. Це типові хемосинтезуючі автотрофи.

Матеріали й обладнання: цинк-йод-крохмаль, дифеніламін, концентрована сірчана кислота, 20% сірчана кислота, пірогалол, крохмаль, ґрунт, колбочки з рідким поживним середовищем С.Н.Виноградського, пастерівські піпетки, фарфорові чашечки.

Приготування цинк-йод-крохмалевого розчину: 4 г крохмалю розітріть у фарфоровій ступці з невеликою кількістю води, в 100

мл дистильованої води розчиніть 20 г хлористого цинку при нагріванні, до киплячого розчину хлористого цинку додайте суспензію крохмалю і суміш прокип'ятіть до просвітлення, доливаючи в неї дистильовану воду до вихідного об'єму. До прозорої суміші додайте 2 г сухого йодистого цинку, долийте дистильованої води до 1 л і профільтруйте. Реактив зберігайте у темному посуді з притертим корком.

Хід роботи

Для накопичення нітрозних бактерій використовують рідкі і тверді селективні поживні середовища, які містять нітроген у формі амонійних сполук і мінеральні речовини. Для нейтралізації утвореної азотистої кислоти в середовище внесіть карбонати кальцію і магнію. В такому середовищі створюються сприятливі умови для розвитку нітрозних бактерій. Супутні сапрофітні мікроорганізми не знаходять в ньому умов для свого розвитку, оскільки немає ніяких мінеральних речовин. Цим вимогам найкраще відповідає рідке середовище С.Н.Виноградського: водопровідна вода – 1000 мл, амоній сірчаноокислий – 2,0 г, калій фосфорноокислий – 1,0 г, магній сірчаноокислий – 0,5 г, натрій хлористий – 2,0 г, залізо сірчаноокисле – 0,4 г, кальцій (або магній) сірчаноокислий – 1,0 г.

Залийте середовище в конічні колбочки ємністю 150-200 мл тонким шаром (0,5-1,0 см), простерилізуйте в автоклаві 30 хв. при 1 атм. При розливанні середовища, його необхідно добре перемішати, оскільки може утворюватися осад фосфорноокислого заліза.

У поживне середовище внесіть ґрунт (близько 0,5 г на колбу) і помістіть у термостат з температурою 25-30 °С. Через 12-14 днів на поверхні рідини утвориться легка плівка, яка складається з нітрозних бактерій, а в середовищі зникає аміак і з'являється спочатку азотиста, а потім азотна кислота.

Для виявлення у поживному середовищі продуктів життєдіяльності нітрифікуючих бактерій проведіть якісні реакції з цинк-йод-крохмалом або дифеніламіном. Для цього у фарфорову чашечку або часове скло крапніть 1 краплю 20% сірчаної кислоти і додайте до неї три краплі реактиву цинк-йод-крохмалю. До суміші

додайте 1 краплю досліджуваного поживного середовища. У присутності NO_2 суміш забарвиться у синій колір. Це відбувається внаслідок витіснення азотистою кислотою вільного йоду з йодистоводневої солі. Вільний йод вступає у взаємодію з крохмалем, обумовлюючи синє забарвлення.

Реакція з дифеніламіном. До 2 крапель концентрованої сірчаної кислоти у фарфоровій чашечці додайте кристалик дифеніламіну. Після його розчинення до суміші додайте 1 краплю досліджуваного середовища. Якщо в середовищі присутні NO_2^- або NO_3^- , то суміш забарвлюється у темно-синій колір. Чутливість реактиву дуже висока (1: 100 000).

Для визначення нітратів у середовищі необхідно зруйнувати нітрити, які містяться в ньому. Для цього середовище прокип'ятить з NH_4Cl в присутності 30% оцтової кислоти. Після кип'ятіння проведіть реакцію з дифеніламіном. Поява синього забарвлення свідчить про наявність в середовищі нітратів, які накопилися у результаті другої фази нітрифікації.

Реакція з пірогалолом. До 10 мл культури додайте 0,2 г пірогалола і добре перемішайте. Опустивши кінчик піпетки в рідину, до суміші обережно прилийте 2 мл концентрованої сірчаної кислот. У пробірку додайте 0,1 г NaCl . На межі суміш – кислота настає закипання рідини і з'являється кільце пурпурового кольору. Інтенсивність забарвлення і ширина кільця вказують на кількісний вміст нітратів.

Вивчення морфології бактерій проведіть у мазках, приготовлених з поживного середовища, і зафарбованих фуксином. У полі зору мікроскопу буде видно або овальні клітини нітрозних бактерій (I фаза), або дрібні палички нітритних бактерій (II фаза).

Робота № 84

Визначення загальної нітрифікуючої здатності ґрунту

Існує ряд методів, які дозволяють визначити сумарний ефект діяльності мікрофлори ґрунту за хімічними показниками. До таких методів належать визначення нітрифікуючої здатності ґрунту, яка показує енергію нітратонакопичення у ґрунті під дією мікроорганізмів.

Матеріали й обладнання: 20%-й КОН або NaOH, дисульфофенолова кислота, контрольний розчин нітрату, 10%-й розчин аміаку, мікроскоп, набір барвників, зразки ґрунту для компостування (по 50 г), стерильні чашки Петрі, барвники, стандартний розчин нітрату, сірчана кислота, люпинове борошно.

Приготування дисульфофенолової кислоти: 3 г чистого фенолу змішайте з 37 г (20,1 мл) концентрованої сірчаної кислоти (густина 1,84) і прогрійте протягом 6 годин на киплячій водяній бані. Колбу, в якій проходить реакція, закрийте притертим корком з довгою скляною трубкою (зворотнім холодильником).

Приготування контрольного розчину нітрату: 0,1631 г хімічно чистого сухого KNO_3 розчиніть в 1 л дистильованої води. У чисту колбу налейте 100 мл цього розчину і доведіть до 1 л дистильованою водою. Цей розчин є робочим і містить у 1 мл 0,01 мг NO_3 або 0,00225 мг нітрогену.

Приготування 10 %-го розчину аміаку: водний розчин аміаку з густиною 0,9 розбавте водою у співвідношенні 1:1.

Проведіть компостування 100, 50 або 25 г ґрунту. Для цього наважку ґрунту помістіть у чашку Петрі і добре перемішайте з розчином сірчаноокислого амонію або люпиноюю мукою, ґрунт зволожите до 60 % від повної його вологоємності. Чашки помістіть у термостат при температурі 25-27 °С. По закінченні терміну компостування (2-3 тижні) визначте нітрати колориметричним методом за Гранвальд-Ляжем.

Хід роботи

Для визначення нітрифікуючої здатності користуються методом компостування ґрунту при оптимальних умовах температури та вологості, а також додаванням різних джерел нітрогену. Дослід проводять в трьох варіантах:

- контроль – компостування зразка зволоженого ґрунту;
- дослід з внесенням сірчаноокислого амонію;
- дослід з внесенням люпинового борошна.

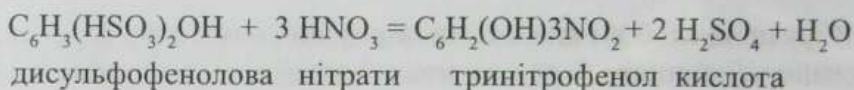
Сірчаноокислий амоній і люпинове борошно внесіть із розрахунку 30 мг нітрогену на 100 г ґрунту. Для сірчаноокислого амонію це відповідає 0,14 г, для люпинового борошна приблизно 0,6 г. Вміст нітрогену в люпині визначте перед дослідом.

Сірчаноокислий амоній внесіть у розчині, люпинове борошно в порошку. Люпинове борошно може бути замінене гороховим або насінням інших рослин, які містять велику кількість білка.

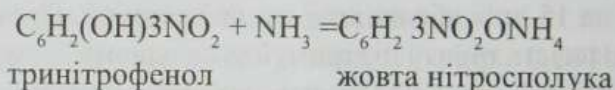
Дослід зручно проводити у глибоких чашках Петрі. Візьміть наважку ґрунту не більше 50 г і додайте до неї необхідну кількість сірчаноокислого амонію та муки. Після внесення азотовмісного матеріалу, ґрунт зволожите до 60 % від повної вологості та перемішайте. *Розрахунок кількості* води, яку потрібно додати до ґрунту проведіть аналогічно описаному у попередній роботі. Дослід закладіть на 15 днів або на інші вказані терміни. Протягом усього дослідження вологість ґрунту підтримуйте на одному і тому ж рівні. На відміну від аміаку, нітрати в ґрунті знаходяться в розчиненому стані (нітрати адсорбуються ґрунтом), тому їх легко можна вилучити водою. По закінченні терміну компостування проведіть водне вилучення нітратів, кількість яких можна визначити колориметрично за методом Грандваль-Ляжу. До ґрунту в 5-кратному об'ємі додайте воду з розрахунком вологи, що вже є у ґрунті, збовтайте 3 хв. та профільтруйте через щільний складчастий фільтр. На лійку перенесіть витяжку разом з ґрунтом. Якщо фільтрат мутний, то його знов перенесіть на той самий фільтр до отримання абсолютно прозорого фільтрату. Якщо не вдається отримати прозорий фільтрат, як це буває при аналізі солонцюватих ґрунтів, то до фільтрованої витяжки додайте сульфат алюмінію ($13 \text{ г } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ в мл дистильованої води), з розрахунку 0,6-2,0 мл на 100 мл витяжки, та луку 0,4-1,6 мл (7 г КОН в 100 мл дистильованої води). Добре знебарвлюються зафарбовані витяжки активованим вугіллям (3 г на 500 мл водної витяжки).

З отриманого прозорого фільтрату візьміть піпеткою 25 або 50 мл, помістіть у фарфорову чашку діаметром 7 – 10 см і випаруйте над водяною банею до суха. Одночасно проведіть випаровування до суха 10, 25 та 50 мл стандартного розчину. Після упарювання в кожну чашку (з дослідним і контрольними розчинами) додайте по 1 мл дисульфофенолової кислоти. Через 10 хв. уміст чашки розмішайте скляною паличкою.

В результаті реакції між нітратами та дисульфофеноловою кислотою утворюється тринітрофенол:



Через 10 хв. у всі чашки додайте по 10 мл води і потім та по краплях при постійному перемішуванні паличкою 10%-й розчин аміаку, KOH або NaOH, до посиніння червоного лакмусового папірця. Якщо в розчині є нітрати, вони зафарбуються в жовтий колір. Поява жовтого забарвлення пов'язана з утворенням нітросполук:



Отримані забарвлені розчини перенесіть у мірні колби ємністю 100 або 50 мл і доведіть дистильованою водою до мітки. Зразки проколориметруйте відносно того контрольного розчину, котрий ближчий за забарвленням.

Розрахунок кількості нітратів.

Кількість нітратів виразіть у мг NO_3 на 100 г сухого ґрунту, врахувавши за формулою:

$$\frac{a \cdot b \cdot h \cdot v \cdot 100 \cdot 0,226}{h_1 \cdot v_1 \cdot c}, \text{ де}$$

- a – титр контрольного розчину (який містить NO_3 в 1 мл в мг);
- b – кількість контрольного розчину, взятого для випаровування в мл;
- h – висота контрольного розчину в колориметрі;
- v – розведення дослідної витяжки;
- h_1 – висота дослідного розчину в колориметрі;
- v_1 – розведення контрольного розчину;
- c – кількість г абсолютно сухого ґрунту, відповідного об'єму дослідного розчину, взятого для аналізу;
- 100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г ґрунту.
- 0,226 – коефіцієнт для перерахунку NO_3 в N

Кількість накопичених нітратів в ґрунті визначте за різницею між вмістом їх до та після компостування.

Енергія нітратонакопичення може бути показником потреби ґрунтів у добривах, якщо її визначати не тільки при одному зволоженні, але і при внесенні сульфату амонію, крейди або люпинового борошна.

Робота № 85

Визначення нітрифікації за Краковим

Принцип методу. Для визначення частки мобілізованого нітрогену, ґрунт на 12 діб помістіть в оптимальні для процесу нітрифікації умови: температура – 28°C, вологість – 60% капілярної вологоємності ґрунту, вільний доступ кисню.

В полі ці умови складаються в чистій парі, де накопичується достатньо велика кількість селітри. Під рослинним покривом також йде нітрифікація, але там нітроген нітратів швидко поглинається кореневою системою рослин.

Створюючи в термостаті оптимальні умови для нітрифікації, в більш короткий термін можна визначити інтенсивність цього процесу та потенціальні можливості процесу нітрифікації і відповідно забезпечення урожаю нітрогеном самого ґрунту.

Нітрифікуюча здатність ґрунту визначається в природному стані, при внесенні в ґрунт добрива (0,14 мг сульфату амонію відповідає 30 мг нітрогену) та вапна (0,5 г) для видалення надлишкової кислотності.

Хід роботи

На технічних вагах зважте три наважки ґрунту по 100 г (з середньої проби, краще ґрунт, відібраний у полі в цей день і просіяний через сито з діаметром отворів 3 мм), одночасно візьміть 10 г ґрунту для визначення вологості ґрунту: одну наважку природного ґрунту перенесіть в склянку, легенько ущільнюючи її маточкою; другу наважку ґрунту перенесіть в фарфорову велику чашку, додайте 0,14 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, добре перемішайте лопаточкою чи ложечкою і перенесіть в другу склянку; третю наважку ґрунту перенесіть у фарфорову чашку, додайте 0,14 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і 0,5 г CaCO_3 , добре перемішайте і перенесіть у третю склянку, легенько ущільніть ґрунт маточкою.

Визначивши вологість ґрунту (висушувати в сушильній шафі в бюксі при 105° до постійної ваги), розрахуйте вологоємність ґрунту. Склянки з ґрунтом покладіть на технічну вагу і долийте по вазі дистильовану воду з піпетки до розрахованого та підписаної на склянці контрольної ваги. Потім поставте їх в термостат при температурі 28°, періодично додаючи воду протягом всього періоду компостування (60% ППВ).

Після 12 днів компостування визначте вміст нітратів в ґрунті (компості).

Робота № 86

Визначення денітрифікуючих бактерій у ґрунті

Денітрифікація – процес відновлення нітратів через стадію нітритів до аміаку і вільного молекулярного нітрогену. Розрізняють пряму та опосередковану денітрифікацію. При прямій денітрифікації відновлення нітратів відбувається в результаті життєдіяльності особливої групи бактерій.

Найбільш активні збудники прямої денітрифікації:

Pseudomonas denitrificans – маленькі, перетрихіально джгутикові, без спорів палички, факультативний анаероб. Відновлюють нітроти до молекулярного нітрогену.

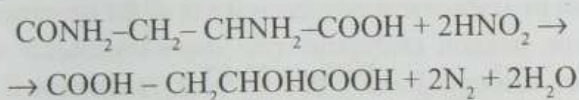
Pseudomonas fluorescens – маленькі, безспорів, грамнегативні, рухливі палички, які утворюють зеленуватий пігмент і зафарбовують середовище у жовто-зелений колір. Дуже активно відновлюють нітрати з утворенням молекулярного нітрогену.

Pseudomonas pyocyanea – невеликі, без спорів, грамнегативні, рухливі палички, краще розвивають у аеробних умовах, утворюють пігмент, що забарвлює середовище у синьо-зелений колір. Відновлюють нітрати до нітритів і навіть до молекулярного нітрогену.

Achromobacter stutzeri – невеликі, грамнегативні палички (0,3 x 0,5 мкм, з'єднані у ланцюжок. Відновлюють нітрати в анаеробних умовах.

Всі бактерії широко розповсюджені у в ґрунті і воді і активно відновлюють нітроти при поганій аерації і високій вологості ґрунту.

Процес прямої денітрифікації є небажаним, оскільки утворюються легкодоступні і добре засвоювані рослинами нітрогеністі сполуки втрачають нітроген. Мінеральний нітроген переходить у газоподібну форму і не може засвоюватися рослинами. Втрати нітрогену в процесі денітрифікації можуть сягати 20%. Процес денітрифікації проходить при таких умовах: висока вологість ґрунту, погана аерація, надлишок легкозасвоюваних безнітрогеністих органічних сполук і нітритів, поганий дренаж, рН 7,0-8,2. Опосередкована денітрифікація відбувається в результаті чисто хімічної взаємодії між амінокислотами, амініми і амідними сполуками і нітрогенністою кислотою. В результаті цієї взаємодії також утворюється молекулярний нітроген:



Роль мікроорганізмів у цьому процесі зводиться до утворення нітритів і амінокислот. Тому опосередкованій денітрифікації сприяють багато видів бактерій, які здатні відновлювати нітрати до нітритів або розкладати білкові речовини з утворенням амінокислот та їх амідів.

Матеріали й обладнання: поживне середовище у круглих колбах з вузьким горлом, ґрунт, шпатель для внесення ґрунту, дифеніламін, концентрована сірчана кислота, піпетки, фарфорова чашечка.

Хід роботи

Для отримання накопичувальної культури денітрифікуючих бактерій приготуйте мінеральне поживне середовище, яке містить в якості джерела нітрогену солі азотної кислоти з рН 7,0: водопровідна вода – 100 мл, цукроза – 2,0 г, натрій азотнокислий – 0,2 г, калій фосфорнокислий – 0,2 г.

Налийте середовище по колбах і простерилізуйте в автоклаві 30 хв. при 1 атм. У середовище внесіть 0,5 г ґрунту, взятого з сильно зволоженої ділянки, що не обробляється. Колбу закрийте корком і помістіть у термостат при температурі 35 °С на 2-3 тижні. Про готовність накопичувальної культури можна судити з виділення

пухирців газу з дна колби і за редукцією нітратів у поживному середовищі, появи нітритів і аміаку.

Відновлення солей азотної кислоти визначте реакцією з дифеніламіном і концентрованою сульфатною кислотою. Відсутність блакитного забарвлення суміші середовища з дифеніламіном вказує на відновлення нітратів до молекулярних форм нітрогену. відсутність солей азотистої кислоти визначають реакцією з цинк-йод-крохмалем.

Для вивчення морфології денітрифікуючих бактерій приготуйте мазок з осаду, зафарбуйте фуксином і проаналізуйте під імерсійним об'єктивом. В полі зору мікроскопа буде видно безспорові палички денітрифікуючих бактерій.

Робота № 87

Визначення амоніфікуючої здатності ґрунту

Майже весь нітроген ґрунту знаходиться в формі органічних речовин (перегній, бактерії, корні та поживні рештки рослин). Мінеральний нітроген ґрунту не перевищує 1% від загальної кількості його в ґрунті. Поряд з надходженням у ґрунт окисленого чи зв'язаного у вигляді аміаку нітрогену з осадом, добривами та фіксованого мікробами в ґрунті йде мінералізація органічних азотовмісних з'єднань при визначених умовах. Лише за допомогою мікроорганізмів проходить перехід нітрогену з органічних з'єднань у мінеральний азот.

Найбільш активними учасниками розкладу білка є мікроорганізми. Розкладання органічної речовини під впливом грибів і бактерій з виділенням нітрогену органічної речовини в формі аміаку називається амоніфікацією.

Аеробні бактерії. Bac. mycoides – невелика паличка довжиною 1,6-3,6 мкм, яка дає спори овальної форми різної величини, рухома, джгутики розміщені навколо всього тіла. На твердих середовищах утворює характерні колонії, що стеляться по поверхні з пучками вигнутих ниток, що нагадують колонії плісняви (звідси і назва *mycoides* – грибоподібний). Це одна із найбільш поширених ґрунтових бактерій.

При визначенні мікробіологічної активності ґрунту й енергії процесів, які в ньому перебігають, важливу роль відіграє визначення динаміки амоніфікації та нітратонакопичення. Зіставлення енергії цих процесів з кількісним підрахунком відповідних фізіологічних груп бактерій дає картину їх мікробіологічної та біохімічної напруженості.

Енергію процесу амоніфікації зазвичай визначають у двох варіантах: компостування лише при зволоженні водою до 60% від повної вологоємності (контроль) та при тій же вологості, але з додаванням додаткового джерела білка – люпинового борошна у кількості 0,6%. Дослід зручно проводити у глибоких чашках Петрі з наважкою ґрунту 50 г, при температурі 25-27°C, протягом 2-4 днів. Ґрунт зволожите до 60 % від повної вологоємності та перемішайте. *Розрахунок кількості води*, яку потрібно додати до ґрунту для доведення її вологості до 60% від повної, зробіть так: спочатку визначте вологоємність досліджуваного зразка у перерахунку на абсолютно сухий ґрунт. Для цього ґрунт висушіть до постійної ваги при 105°C. Припустимо, що вологоємність ґрунту дорівнює 50%, тоді 60% її складе:

$$50 \times 60 / 100 = 30.$$

Отже, до 100 г абсолютно сухого ґрунту необхідно додати 30 мл води. Але оскільки ґрунт для компостування береться зазвичай вологий, то води необхідно додавати менше. Так, якщо досліджуваний ґрунт мав 50% від повної вологоємності і 20% вологості то для доведення її до 60% від повної вологоємності необхідно додавати різницю (30 – 20) тобто 10 мл води. По закінченні терміну компостування проведіть визначення аміаку.

Існує ряд методів визначення аміаку у ґрунті. Ми пропонуємо використати *колориметричний*.

Принцип методу. Аміак у ґрунті знаходиться, в основному, у поглинутому стані і водою витягується лише частково. Повністю його можна вилучити розчином хлористого калію – 74,6 г KCl на 1000 мл дистильованої води, що відповідає 1,0 н. розчину.

Матеріали й обладнання: безаміачна вода, сегнетова сіль, сода, реактив Неслера, HgJ_2 , KJ, NaOH, KNa-виннокислий, дистильована вода.

Приготування безаміачної води: до дистильованої води додайте соди до слабо лужної реакції. Проведіть випарювання близько j об'єму для видалення NH_3 .

Приготування сегнетової солі: 25 г KNa -виннокислого розчиніть у 100 мл води.

Приготування реактиву Неслера: 5 г KJ розчиніть в 10 мл води, додайте 10 г HgJ_2 . Розчин змішайте з 50 мл води, яка містить 10 г NaOH або KOH і залишіть на добу. Рідину, що відстоялася, яка містить K_2HgJ_4 , злийте у темну склянку. При невеликих кількостях аміаку реактив зафарбовується у жовтий колір, який при збільшенні кількості аміаку робиться помаранчевим. При дуже великих кількостях аміаку утворюються коричневі та бурі осад.

Хід роботи

Грунт залийте 5-кратною кількістю 1,0 н розчину (з урахуванням вологості ґрунту), збовтайте 3 хв., покладіть на відстоювання, розчин злийте на щільний складчастий фільтр. Якщо фільтрат мутний, його знову перенесіть на фільтр. Залишок ґрунту знову залийте розчином, знову збовтайте і після відстоювання рідину злийте на той самий фільтр. Відмивання ґрунту від аміаку проводьте до появи негативної реакції фільтрату з реактивом Неслера. Кожній порції розчину дайте повністю відфільтруватися, потім долийте наступну. Фільтрування проводьте у мірну колбу, об'єм доведіть до мітки, колбу закрийте корком і вміст добре перемішайте.

25-50 мл фільтрату (залежно від вмісту аміаку) візьміть мірною піпеткою і перенесіть у мірну колбу ємністю 100 мл, для того щоб не випав осад солей кальцію і магнію, додайте 4 мл сегнетової солі (KNa -виннокислий), доведіть об'єм рідини до 80-90 мл, перемішайте і додайте 4 мл реактиву Неслера. Потім долийте водою до мітки і знову перемішайте декілька раз. Одночасно приготуйте шкалу контрольного розчину: для цього в колби ємністю 100 мл внесіть 10, 20 або 25 мл контрольного розчину, доведіть об'єм до 80-90 мл, перемішайте, додайте 4 мл реактиву Неслера, потім водою доведіть до мітки і перемішайте. Через 15 хв. досліджуваній розчин колориметрично порівняйте з близьким за забарвленням зразковим. Колориметрування

необхідно закінчити не пізніше, ніж через годину після приготування розчину.

Кількість аміаку виразить в мг на 100 г сухого ґрунту. Обрахуйте нітроген за формулою:

$$\frac{a \cdot b \cdot h \cdot v \cdot 100 \cdot 0,776}{h_1 \cdot v_1 \cdot c}, \text{ де}$$

a – вміст NH_4 в 1 мл робочого розчину, мг;

b – кількість мл контрольного розчину, взятого для визначення;

h – показник контрольного розчину у колориметрі;

h_1 – показник досліджуваного розчину у колориметрі;

v – об'єм всього досліджуваного розчину;

v_1 – об'єм проби досліджуваного розчину, взятого для аналізу;

C – кількість абсолютно сухого ґрунту, взятого для визначення, г;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г ґрунту;

0,776 – коефіцієнт для перерахунку NH_4 в N.

Кількість накопиченого аміачного нітрогену у ґрунті визначте за різницею між його вмістом до і після компостування.

Всі реактиви готуйте на воді вільній від NH_3

7.2.2. Колообіг фосфору

Робота № 88

Визначення вмісту фосфору у рослинному або тваринному матеріалі

Принцип методу. При взаємодії фосфорної кислоти з молібденовокислим амонієм утворюється фосфорномолібденова кислота $\text{H}_6\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6$, яка за дії відновлювачів утворює забарвлені в синій колір сполуки. Оптична густина одержаних розчинів пропорційна вмісту фосфору.

За виміряною на фотоколориметрі оптичною густиною одержаних розчинів (із застосуванням червоного світлофільтра, $\lambda=650 \text{ нм}$) за допомогою калібрувальної кривої розраховують вміст фосфору в досліджуваній пробі.

Хід роботи

Визначення фосфору проводьте в солянокислому розчині золи, одержаному після сухого озолення проб рослин, органів та тканин тварин.

1. У муфельній печі озоліть в фарфоровому тиглі 1 г сухої проби досліджуваного матеріалу при температурі 450-550°C до одержання світло-сірої або сірої золи.

2. Золю розчиніть в 6 мл 25%-го розчину соляної кислоти. Розчин (без фільтрування) перенесіть в мірну колбу на 250 мл, долийте до мітки дистильованої води і добре перемішайте.

3. Після відстоювання відміряйте піпеткою 10 мл розчину в мірну колбу на 100 мл, прилийте 30-40 мл дистильованої води і перемішайте. Потім послідовно додайте 2 мл розчину молібденовокислого амонію та 2 мл 2%-го розчину гідроксидону.

4. Через 5 хв. додайте 2 мл 20%-го розчину сульфату натрію, перемішайте, долийте до мітки дистильованою водою і знову перемішайте.

5. Через 15 хв. виміряйте оптичну густину на фотоколориметрі в кюветі з відстанню між робочими гранями 10 мм, застосовуючи червоний світлофільтр ($\lambda=650$ нм) Потім за калібрувальною кривою знайдіть вміст фосфору (в г/кг) в досліджуваній пробі.

6. Для перерахунку на натуральну вологість результат помножьте на коефіцієнт перерахунку:

$$K = \frac{100 - x}{100}$$

Побудова калібрувальної кривої

Для побудови калібрувальної кривої візьміть 6 мірних колб на 100 мл і в кожную з них внесіть певний об'єм робочого стандартного розчину (0,05 мг Р/мл), керуючись таблицею 34.

У всі колби долийте дистильованої води до об'єму 50-60 мл, 2 мл молібденовокислого амонію, 2 мл 2%-ного розчину гідроксидону.

Через 5 хв. додайте по 2 мл 20%-го сульфату, долийте до мітки дистильованою водою, перемішайте і через 15 хв. виміряйте оптичну густину одержаних розчинів.

Потім на міліметровому папері побудуйте калібрувальний графік, відкладаючи на осі ординат значення оптичної густини, а на осі абсцис – відповідні їм концентрації фосфору (г/кг).

Таблиця 34

	Номер колби					
	1	2	3	4	5	6
Кількість мл робочого стандартного розчину	1	2	4	6	8	10
Вміст фосфору (мг/кг) сухої проби	2,25	2,50	5,0	7,50	10,0	12,5

Робота № 89

Визначення досяжного фосфору в некарбонатних чорноземах за В.Труогом

Принцип методу. Фосфор вилучають з ґрунту забуференим 0,002-нормальним розчином сірчаної кислоти з рН біля 3. В витяжці вміст фосфору визначають колориметруванням фосфорно-молібденової сині.

Матеріали й обладнання: 0,002-нормальний розчин сірчаної кислоти, забуференої рН-3 шляхом додавання 3 г сульфату амонію на 1 л кислоти; розчин молібденокислого амонію в сірчаній кислоті, розчин хлористого олова в соляній кислоті.

Приготування розчину молібденокислого амонію в сірчаній кислоті: 25 г хімічно чистого молібденовокислого амонію розчиніть в 200 мл дистильованої води, розчин нагрійте до 60° та відфільтруйте; 280 мл концентрованої сірчаної кислоти розведіть дистильованою водою до 800 мл. По остиганню обох розчинів в сірчану кислоту повільно улийте молібденовокислий амоній. Коли отриманий розчин остигне, об'єм його доведіть дистильованою водою до 1 л.

Приготування розчину хлористого олова в соляній кислоті:

Розчин хлористого олова в соляній кислоті: 0,25 г $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ розчиняють в 10 мл 10%-ний HCl . Для захисту від дії повітря на

поверхню цього розчину наливають п'яти міліметровий шар білого машинного масла. Зберігати розчин слід в темному місці.

Хід роботи

2 г ґрунту, просіяного через сито з діаметром отвору 1 мм, розмістять в пляшку ємністю 750 мл і додають туди ж 400 мл 0,002-нормального забуференого розчину сульфатної кислоти. Рідину збовтають протягом 30 хвилин, а потім відфільтрують через щільний беззольний фільтр. Перші мутні порції відкинуть. Після цього візьмуть піпеткою 25-50 мл зовсім прозорого фільтрату, перенесуть його в мірну колбу ємністю 100 мл і проведуть нейтралізацію спочатку 10%-ним розчином соди, а потім, якщо потрібно, 15%-ним розчином сульфатної кислоти в присутності 3 крапель бета-динитрофенолу до слабо-жовтого забарвлення. Потім в колбу долиють до 90-95 мл дистильованої води, перемішують і додають 4 мл розчину молібденокислого амонію. Об'єм рідини в колбі доведуть до позначки дистильованою водою і додають до неї 6 крапель розчину хлористого олова. Вміст колби добре перемішують струшуванням.

Не раніше, ніж через 5 хвилин і не пізніше, ніж через 10 хвилин приступайте до колориметрування, зрівнюючи колір розчинів із зразковими, які готують паралельно.

Приготування зразкових розчинів однозамінного фосфату калію. 0,2195 г хімічно чистого K_2HPO_4 розчинять в мірній колбі ємністю 1 л і доведуть об'єм розчину до позначки. Після ретельного збовтування візьмуть 50 мл отриманого розчину і доведуть його об'єм в мірній колбі водою до 500 мл. Останній розчин є вихідним для приготування робочих зразкових розчинів. Він вміщує в 1 мл 0,0114 мг P_2O_5 .

При роботі з візуальним колориметром для приготування робочого зразкового розчину візьмуть 5 мл вихідного розчину і переносять в мірну колбу 100 мл. Потім роблять так само, як при підготовці дослідного розчину до колориметрування. Зготовлений зразковий розчин буде вміщувати в 1 л 0,570 мг P_2O_5 . Зрівняння його з дослідним розчином в колориметрі потрібно провести протягом 10-12 хвилин. Якщо ця умова не виконана, забарвлення втратить інтенсивність; для відновлення її потрібно додати в кожену

колбу по одній краплі відновника, що продовжить термін зберігання забарвлення ще на 10-12 хвилин.

При фотоколориметричному визначенні фосфору в розчині складання калібрувального графіку потребує приготування великої кількості робочих зразкових розчинів. Для підготовки їх можна скористатись прописом, наведеним Мачигінім.

Розрахунок результатів аналізу.

Якщо колориметрування велося за допомогою візуального колориметру, то розрахунок проведіть за формулою:

$$X = \frac{a \cdot b \cdot k \cdot 1000 \cdot 100}{l \cdot n \cdot (100 - y)},$$

де a – число мілілітрів зразкового розчину, влитого в мірну колбу ємністю 100 мл при підготовці його до колориметрування;

b – вміст P_2O_5 в 1 мл зразкового розчину;

k – відлік в колориметрі за шкалою зразкового розчину, в мілілітрах;

1000 - для перерахунку результатів аналізу на 1 кг ґрунту;

$100 / (100 - y)$ – для перерахунку на абсолютно сухий ґрунт;

l – відлік за шкалою дослідного розчину, в мілілітрах;

n – наважка ґрунту, в грамах, відповідна до об'єму дослідного розчину, взятого в колбу для підготовки до колориметрування.

Використання даних аналізу

Згідно працям автора методу, злакові та бобові культури не потребують внесення фосфорних добрив при вмісті на 1 кг ґрунту 100 мг P_2O_5 .

Якщо рухомих сполук є в ґрунті 25 мг P_2O_5 на 1 кг і менше, треба вносити фосфорні добрива; якщо від 25 до 100 мг, – необхідно провести додаткові дослідження, використовуючи більш широке відношення між ґрунтом і розчином. У тому випадку, коли із зменшенням наважки ґрунту концентрація P_2O_5 в витяжці знижується, слід вносити фосфорні добрива; якщо ні, можна цього не робити.

Нижче (табл. 35) наводяться показники, що характеризують ступінь забезпеченості ґрунтів досяжним для рослин фосфором, визначеним за методом Трюга.

Ступінь забезпеченості ґрунтів досяжним для рослин фосфором,
визначеним за методом Трюга

Вміст P_2O_5 в міліграмах	Забезпеченість ґрунту
на 1 кг ґрунту	фосфором
100 і більше	високе
50-100	середнє
менше ніж 50	не забезпечена

Робота № 90

Виявлення фосформінералізуючих бактерій у ґрунті

Значна частина фосфору знаходиться у ґрунті у вигляді сполук, недоступних для засвоєння вищими рослинами. Ці сполуки представлені або складними фосфатами органічних речовин, або погано розчинними неорганічними сполуками типу фосфатів алюмінію, феруму, кальцію. Фосфор ряду органічних і мінеральних добрив (фосфорит, апатит) недоступний для рослин

У розкладанні органічних сполук фосфору і неорганічних фосфатів беруть участь представники різних груп мікроорганізмів: бактерії з родів: *Pseudomonas* і *Bacillus* (*Bac. mesentericus*, *Bac. megatherium*), гриби з родів *Penicillim*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria*, деякі актиноміцети та дріжджі.

Типовим представником фосфорних бацил є *Bac. Mesentericus* var. *phosphaticum*. Вони являють собою крупні палички з заокругленими кінцями, щільною оболонкою і зернистою протоплазмою. Розміри клітин варіюють у довжину 5-6 мкм і в діаметрі 1,5-2 мкм. В молодій культурі клітини розміщені поодинокі і слабо рухливі, старіючі розміщуються попарно або короткими ланцюжками і втрачають рухливість. Клітини утворюють овальні ендоспори, розміщені з одного боку. Грампозитивні аероби. Оптимум температури 27-35 °С. На щільних середовищах утворюють брудно-білі колонії, які при старінні набувають жовтого або бурого кольору. На середовищі, що містить фосфорорганічні

сполуки і крейди, навколо колоній утворюються зони просвітління за рахунок розчинення крейди фосфорною кислотою.

Матеріали й обладнання: стерильні чашки Петрі, пробірки з 9 мл стерильної води, наважка ґрунту, розтоплений з лецитином 1% розчин фенолу, градуйовані на 1-2 мл піпетки, мікроскоп, предметні скельця, барвник.

Хід роботи

Виявлення у ґрунті фосформінералізуючих бактерій проводьте на агаризованому середовищі Р.А. Менкіної: дистильована вода – 1000 мл, сірчаноокислий амоній – 0,5 г, натрій хлористий – 0,3 г, калій хлористий – 0,3 г, магній сірчаноокислий – 0,3 г, залізо сірчаноокисле – сліди, манган сірчаноокислий – сліди, глюкоза – 10,0 г, крейда – 5,0 г.

Для ущільнення середовища внесіть 1,5-2% агар, а в якості джерела органічного фосфору – лецитин або нуклеїнові кислоти з розрахунку 3-5 мг P_2O_5 на 25 мл середовища (0,056 г лецитину або 0,025 г нуклеїнової кислоти). Лецитин попередньо розчиніть у 96% спирті. Середовище простерилізуйте в автоклаві при 0,5 атм протягом 20-30 хв. Для подавлення супутньої мікрофлори в середовище перед розливанням по чашках додайте 1% розчин фенолу з розрахунку 50 мг/л.

Для виявлення фосформінералізуючих бактерій з ґрунту зробіть 5-7 послідовних десятикратних розведень у пробірках. У стерильні чашки Петрі внесіть по 1 мл суспензії з останніх розведень. Залийте суспензію охолодженим до 45 °С попередньо добре перемішаним агаром. Коловими рухами перемішайте агар з суспензією у чашці. Чашки з агаром, що застиг, помістіть у термостат при температурі 27-35 °С. Через 6-7 діб на місці росту фосформінералізуючих бактерій з'являться різко окреслені брудно-білі колонії фосфорних бактерій, оточені прозорим ореолом за рахунок розчинення крейди навколо них. При мікроскопічному вивченні забарвленого мазка з типових колоній можна знайти крупні з заокругленими кінцями спороутворюючі клітини фосфор мінералізуючих бактерій.

7.2.3. Колообіг сульфуру

Робота № 91

Визначення сульфуру в рослинному матеріалі

Існує багато методів визначення сульфуру в рослинному матеріалі, однак, найбільш простий з них – ваговий, який базується на перетворенні окислів сульфуру в сульфати. Він може бути використаний для порівняльних досліджень і побудови карти забруднення території окислами сульфуру. Оскільки всі методи визначення сульфуру охоплюють 2-4 год., доречно проводити цю роботу в два заняття: озолення і визначення сульфуру.

Принцип методу полягає в тому, що при окисленні органічної частини розчином суміші солей хлористого натрію, азотнокислого амонію та азотнокислого купруму усі сполуки сульфуру, які містяться в ньому переходять в сірчаноокислі солі, які потім осаджуються хлористим барієм.

Алгоритм аналізу складається з наступних етапів:

- 1) Мокре озолення в HCl та HNO_3 ,
- 2) Розчинення золи в розведений HNO_3 ,
- 3) Одержання фільтрату.
- 4) Кипятіння фільтрату.
- 5) Додавання $BaCl_2$. Одержання осаду.
- 6) Формування кристаликів $BaSO_4$.
- 7) Фільтрація через беззолний фільтр.
- 8) висушування фільтру: в сушильній шафі ! в муфельній пічці ! ексікаторі.

Матеріали та обладнання: піпетки на 50 мл, хімічні стакани на 100-200 мл, скляні палички з гумовими наконечниками, скляні воронки, фільтри з синьою стрічкою, листок чорного паперу, колби на 100-200 мл, тиглі фарфорові, 5% розчин хлориду барію, 1% розчин сульфатної кислоти (6 мл сульфатної кислоти густиною 1,84 в літрі розчину).

Хід роботи

Наважку рослинного матеріалу (5-10 г в залежності від зольності і вмісту сульфат-іону) озолить методом сухого озолення. Процес озолення краще проводити мокрим споробом, щоб виключити втрату летучих сполук сірки. У випадку сухого озолення спалювання треба проводити дуже обережно і не допускати підвищення температури при прожарювання проби більше 400°C.

Сульфати визначте в розчині золи, який не містить кремнієвої кислоти. 50 мл фільтрату нагрійте до кипіння в стаканчику і прилийте 10 мл 5% гарячого розчину BaCl_2 для осадження іонів SO_4 . Щоб кристали BaSO_4 утворилися більш крупними при додаванні хлористого барію розчин рівномірно помішуйте скляною паличкою з гумовим наконечником і після осаджування його солі залишіть на добу при кімнатній температурі або на 12 год. в більш теплому місці. Профільтруйте через щільний фільтр (з синьою стрічкою), промитий попередньо киплячою дистильованою водою, підкисленою соляною кислотою.

Сульфат барію – це дуже дрібні кристали, які можуть проходити навіть через щільний фільтр. Тому, під дно колбочки, в яку збирається фільтрат підкладіть чорний папір і на його фоні слідкуйте за чистотою рідини, що проходить. Якщо на темному фоні виявляться білі кристали, фільтрат пропустіть повторно через той самий фільтр. Якщо при повторному фільтруванні осад проходить, то фільтрат необхідно підкислити соляною кислотою, прокип'ятити і знову відфільтруйте після охолодження. Не накопичуйте багато фільтрату у приймачі; при відсутності слідів осаду фільтруйте маленькими порціями.

Коли велика частина фільтрату перенесена на фільтр, стінки стакану добре і багатократно обмийте дистильованою водою, підкисленою соляною кислотою, потираючи їх скляною паличкою з гумовим наконечником, щоб сіль, яка містить сірку опинилася на фільтрі. Осад промивайте до пір, поки промивна рідина уже не буде давати реакції на барій (з сульфатною кислотою).

Воронку з фільтром, закрийте зверху папером, помістіть у сушильну шафу або залишіть при кімнатній температурі для просушування. Потім фільтр з осадом помістіть в доведений до

постійної ваги тигель, озолить і прожарте при температурі не вище 700°C, оскільки при 800°C сульфат барію розкладається. Після охолодження в екзикаторі тигель з осадом зважте на аналітичних вагах. Повторні прожарювання проведіть до встановлення постійної маси.

Розрахунок проведіть за формулою:

$$\%SO_4 = \frac{a \cdot 0,4115 \cdot 100}{P}$$

a – маса $BaSO_4$;

0,4115 – грами SO_4 в 1 г $BaSO_4$;

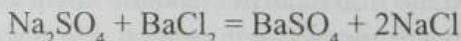
P – наважка абсолютно сухого матеріалу, що відповідає взятому для визначення об'єму фільтрату.

Якщо аналіз необхідно виразити у вигляді S або SO_3 , то перемножте масу сульфату барію на 1,1373 або 0,3430, відповідно.

Робота № 92

Визначення сульфуру у водній витяжці ґрунту

Принцип методу. Визначення іонів SO_4 в водній витяжці засновано на його здатності утворювати з іоном Ba нерозчинний осад сірчано-кислого барію $BaSO_4$. По вазі осаду судять про кількість сульфат-іонів. Осаджують їх хлористим барієм. Реакція протікає за рівнянням:



Матеріали й обладнання: фенолфталеїн, 0,01-нормальний розчин H_2SO_4 , метилоранж, 5%-ний розчин $AgNO_3$, 10%-ний водний розчин K_2CrO_4 , 0,01-нормальний розчин $AgNO_3$, 10%-ний розчин HCl , 10%-ний водний розчин $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, 10%-ний розчин H_2SO_4 .

Приготування 0,01-нормального розчину $AgNO_3$: 1,7 хімічно чистої солі $AgNO_3$ розчиніть в дистильованій воді і доведіть в 100-міліметровій колбі до позначки, після чого збовтайте для перемішування; 10 мл приготовленого розчину доведіть до 100 мілілітрів і отримаєте 0,01-нормальний розчин.

Титр азотнокислого срібла установіть по хлористому натрію: в три порцелянові чашки розмістіть по 20 мл 0,1-нормального розчину

хлористого натрію, додайте в кожен чашку по 2-3 краплі хромовоокислого калію в якості індикатора і відтитруйте вміст чашок із бюретки розчином AgNO_3 , приготовлений як 0,1-нормальний, до появи стійкого червонуватого забарвлення. Для встановлення поправки до титру азотистого срібла візьміть середнє з результатів трьох титрувань.

Хід роботи

Встановіть об'єм витяжки для аналізу попередньою пробою на сульфат-іон. Для цього візьміть у пробірку 10 мл витяжки, підкисліть декількома краплями HCl та додайте 1 мл BaCl_2 . Після доброго перемішування нагрійте розчин до кипіння.

За величиною осаду і ступенем помутніння розчину визначте об'єм витяжки для аналізу на вміст іонів SO_4 . До уваги приймайте такі показники:

- а) якщо помутніння немає, SO_4 в розчині відсутнє;
- б) помутніння розчину вказує на порівняно невелику кількість вмісту SO ; для аналізу беруть 50 мл витяжки;
- в) при випаданні осаду для кількісного визначення SO_4 беруть від 5 до 20 мл витяжки;
- г) якщо осад дуже великий, витяжку слід взяти в невеликому об'ємі (5-10 мл) і розвести до 50 мл дистильованою водою.

Встановлений об'єм витяжки помістіть в хімічну склянку, підкисліть її 1-2 краплями 10%-ної соляної кислоти і нагрійте розчин до кипіння. Потім в ту ж склянку долийте 5 мл киплячого розчину барію і продовжуйте кип'ятіння декілька хвилин; склянку накрийте склом і поставте не менше ніж на 4 години в теплу сушильну шафу або на водяну баню.

Після цього в прозору рідину над осадом додайте по краплі розчину хлористого барію. Якщо при цьому з'являється помутніння (що вказує на неповне осадження), то в склянку додайте декілька мілілітрів розчину хлористого барію і знов залишіть на декілька годин в теплому місці.

Якщо осадження повне (помутніння не з'явилося), то вміст склянки відфільтруйте через щільний беззольний фільтр; осад перенесіть на фільтр і промийте киплячою дистильованою водою,

яка підкислена соляною кислотою, до зникнення реакції на барій. Фільтр з осадом перенесіть у попередньо прожарений порцеляновий тигель, підсушіть в сушильній шафі, опідзольте і прожарте в муфелі при температурі 750°. Прожарений тигель з осадом охолодіть в ексикаторі і зважте на аналітичних вагах. Доцільно проводити повторне прожарювання до встановлення постійної ваги осаду.

Результати розрахуйте за формулою:

$$X = \frac{[a - (b + c)] \cdot 0,4114 \cdot 10}{n}$$

X – вміст сульфат-іонів в ґрунті, в відсотках;

a – вага тигля з осадом після проколювання;

b – вага порожнього тигля;

c – вага золи фільтру;

n – наважка ґрунту, що відповідає об'єму розчину, взятого для аналізу;

100 – для виразу результатів у відсотках.

Робота № 93

Виявлення сульфурвідновлювальних бактерій у ґрунті

Сульфур входить до складу таких амінокислот білків рослин і тварин, як метіонін, цистин, а також до складу деяких вітамінів групи B (тіамін, бітин). У ґрунті сульфур зустрічається у вигляді сульфатів ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; NaSO_4 ; K_2SO_4 ; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), сульфідів (FeS_2 , Na_2S , ZnS) і органічних сполук.

Основну роль у колообігу сульфур у відіграють біологічні процеси, що викликаються мікроорганізмами при розкладанні рослинних і тваринних решток. Процеси перетворення сульфур складаються з двох процесів: відновлення органічних та неорганічних сполук сульфур до гідрогенсульфур та окислення відновлених сполук сульфур до сульфур та сульфурової кислоти.

Відновлення органічних та неорганічних сполук сульфур до гідрогенсульфур. Дані процеси відбуваються за участі бактерій роду *Desulfovibrio*. Ці бактерії є облигатними анаеробами і гетеротрофами. Гідрогенсульфур, який виділяється при відновленні сульфатів

утворює з ферумом чорну масу колоїдного гідрату сірчистого феруму, який випадає в осад. У випадку накопичення гідрогенсульфуру у ґрунтах або воді швидко гинуть рослини внаслідок його токсичності.

Desulfovibrio desulfuricans – невелика слабо вигнута паличка, яка має форму вібріону. Джгутик розміщений на одному полюсі. Оптимум рН 5,5-8,5, оптимум температури 25-30 °С. Це облигатний анаероб, гетеротроф. При дегідрогенізації органічних речовин гідроген переноситься на сульфати, сульфіти та тіосульфати, які відновлюються до гідрогенсульфуру.

Vibrio desulfuricans – рухливий вібріон, розміри клітин (2-4x0,7-0,9 мкм) з одним або декількома полярно розміщеними джгутиками. Утворює спори. Колонії безбарвні, гладкі, блискучі, плоскі або дещо випуклі. Температурний оптимум 25 °С. Розвиток десульфуруючих бактерій в культурах може бути легко виявлено за утворенням чорного осаду навколо колоній, почорнінням середовища і осадженням гідрату сірчистого заліза на дні стінок у рідких середовищах.

Окислення відновлених сполук сульфуру. Серед автотрофних мікроорганізмів, які окислюють відновлені сполуки сульфуру, найбільше значення мають **хемоавтотрофи** роду *Triobacillus* (тіонові сіркобактерії): *Triobacillus denitrificans*, *Triobacillusthiooxidans*, *Triobacillusthioparus*, *Triobacillus ferrooxidans* вони широко розповсюджені у ґрунтах. Це невеликі (1-3 мкм) рухливі безспорові грамнегативні палички з одним полярно розміщеним джгутиком, аероби. Окислюють сульфур, гідрогенсульфур, сульфідиди, тіосульфати, тетратіонати тіоціанати до сульфуру і до SO_4 ; **нитчасті хемоавтотрофи** з родів *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thioploca*; фотосинтезуючі зелені та пурпурні бактерії - безбарвні нитки, які складаються з циліндричних клітин. Вони більше нагадують нитчасті водорості, але не містять пігментів. Бактерії роду *Beggiatoa* іноді мають гігантські форми діаметром до 10 мкм. Вони вільно плавають у воді. До **фотосинтетичних бактерій** відносяться зелені і пурпурові сіркобактерії. Зелені сіркобактерії (*Chlorobacteriaceae*) – дрібні нерухомі палички з заокругленими кінцями. Представники пурпурних бактерій (*Thiorodocaeae*) мають

округлу, еліпсоїдну, паличкоподібну і вигнуту форми. Розмір клітин 1-2 до 25-50 і навіть 100 мкм. Бактерії цих родин містять пігмент бактеріохлорофіл і бактеріопурпурин. Вони здатні до фотосинтезу у анаеробних умовах у присутності гідрогенсульфуру.

Серед гетеротрофних мікроорганізмів в окисленні сполук сульфуру беруть участь *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis*, ряд актиноміцетів та дріжджі, для яких окислення сульфуру є побічним процесом.

Матеріали й обладнання: колби плоскодонні з притертими корками на 100 мл або високі пробірки (150x20 мм) з середовищем Таксона, корки ватні, стерильний розчин солі Мора, градуйовані піпетки на 1-2 мл, наважка ґрунту, залізний купорос, пінцети, розтоплений парафін, колби з МПА, суміш вуглекислого плюмбуму з гуміарабіком, стерильні чашки Петрі, мікроскоп, предметні та покривні скельця.

Хід роботи

Для отримання накопичувальних культур сульфурвідновлюючих бактерій можна використовувати рідке середовище В.О.Таусона (в модифікації Л.Д. Штурм): кальцій або натрій молочнокислий – 3,5 г, амоній сірчаноокислий – 4,0 г, калій фосфорнокислий – 0,5 г, магній сірчаноокислий – 1,0 г, кальцій сірчаноокислий – 0,5 г, сіль Мора – 0,5 г, водопровідна вода (або вода з водойми) – 1000 мл. Вирівняйте рН розчином їдкого калію до 7,0. Простерилізуйте сіль Мора і додайте в середовище перед висіванням.

О.О. Імшенецький вказує, що це середовище є оптимальним для розвитку десульфуруючих бактерій при додаванні до неї 1% дріжджової води.

Колбочки або пробірки наповніть на 8/10 поживним середовищем, закрийте ватним корком, до горла прив'яжіть ниткою добре загорнутий у папір скляний або гумовий корок. Колбочки (пробірки) з середовищем простерилізуйте в автоклаві при 0,5 атм. протягом 30 хв. Перед висівом в кожен колбочку додайте маленький кристалик залізного купоросу, пропаленого у полум'ї спиртівки. В середовище внесіть 0,2 г ґрунту або стічної води (0,5 мл). Після посіву колбочки (пробірки) долийте до верху стерильним середовищем і закрийте

над полум'ям стерильними притертими корками. Для повної герметичності корки зверху залийте парафіном. Слідкуйте за тим, щоб під корком не залишалося пухирців повітря. Посіви помістіть у термостат при температурі 25-30 °C і витримайте 2-3 тижні. При мікроскопіюванні осаду з таких накопичувальних культур вдається виявити у великих кількостях типові вібріони *Vibrio desulfuricans*. Відновлення сульфатів можна встановити за характерним запахом гідрогенсульфуру і за почорнінням середовища за рахунок утворення сірчастого заліза.

Виявлення сульфатвідновлювальних бактерій можна проводити на щільних середовищах. В стерильний розплавлений МПА в колбі додайте 0,5% вуглекислого плюмбуму, дрібно розтертого у ступці з гуміарабіком (на 2-3 г солі візьміть 0,5 г гуміарабіку і добре розітріть маточкою у стерильній ступці). середовище добре перемішайте і охолодіть до 45 °C. У стерильні чашки Петрі внесіть посівний матеріал (подрібнений ґрунт, стічна вода) і залийте приготуваним агаром. Коловими рухами добре перемішайте агар в чашках з посівним матеріалом. Після застигання агару помістіть у термостат при температурі 25 °C. Через 5-6 діб у чашках з'являться темні плямки – колонії бактерій, які відновлюють сульфати. При розвитку бактерій, що виділяють гідрогенсульфур, навколо колоній утворюються бурі, майже чорні зони внаслідок утворення сірчастого плюмбуму.

7.2.4. Колообіг калію

Робота № 94

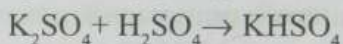
Гравіметричне визначення калію

Відомо декілька варіантів визначення калію. У даній роботі пропонується гравіметричний метод при якому пошукуваний елемент визначається у вигляді сульфату.

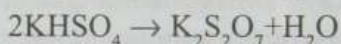
Хід роботи

Розчин випаруйте, залишок прожарте та зважте. Щоб зменшити втрати від розбризкування, до аналізованого розчину додайте трохи сульфатної кислоти, випаруйте спочатку на водяній бані, потім

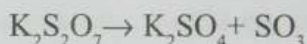
нагрійте на плитці приблизно при 250 С до повного зникнення парів сульфатної кислоти. При цьому утворюється бісульфат:



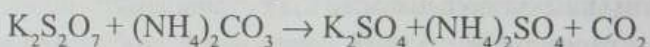
При нагріванні він перейде в піросульфат:



Біля 600°C піросульфат починає розкладатися з утворенням сульфату:



Однак швидше піросульфат калію переходить у сульфат в присутності карбонату амонію. Для цього додайте 0,1-0,2 г чистого карбонату амонію, тигель закрийте і нагрійте:



При нагріванні випаровується і сульфат амонію. В залишку залишається лише K_2SO_4 , який зважте після охолодження. Нагрівати при більш високих температурах не можна (вище 800 С випаровується сам сульфат калію, а при 1500 С і вище він, крім того, розкладається на оксид калію і сірчаний ангідрид, залишок від прожарювання виявляється лужним.

1 вагова частка K_2SO_4 відповідає 0,4487 ваговим часткам калію.

7.2.5. Колообіг енергії

Робота № 95

Визначення енергетичної цінності біологічного матеріалу

Енергетичну цінність, визначають перемножуючи кількість білків, жирів і вуглеводів на відповідні коефіцієнти енергетичної цінності, що дорівнюють: для білків – 4 ккал/г, жирів – 9 ккал/г, вуглеводів – 4 ккал/г.

Енергетичну цінність визначають за формулою

$$X = [C - B + J + M] \cdot 4 + B \cdot 4 + J \cdot 9,$$

де X – енергетична цінність, ккал;

C – вміст сухих речовин, г;

M – вміст мінеральних речовин (золи), г.

Робота № 96

Визначення вмісту сухих речовин

Матеріали та обладнання. Ваги лабораторні загального призначення, другого класу точності з невеликою межею зважування (200 г) з допустимою похибкою зважування $\pm 0,001$ г., сушильна шафа лабораторна, бюкси скляні або металічні, скляні палички, ексикатор, кварцовий пісок.

Хід роботи

Наважку гомогенату помістіть у попередньо зважений до постійної маси металічний або скляний бюкс з скляною паличкою. Наважку висушіть в сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси. Можна користуватися прискореним методом. В цьому випадку наважку висушіть в сушильній шафі при температурі $130 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 1,5 год. Після висушування охолодіть в ексикаторі протягом 20 хв., зважте. Висушування повторіть ще протягом 15 хв., знову охолодіть і зважте з точністю до 0,001 г.

Розрахунок вмісту *сухих речовин* проведіть за формулою:

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M},$$

де X – вміст сухих речовин у 1 г гомогенізованої наважки, г;

M – маса бюкса, г;

M_1 – маса бюкса з вологою наважкою, г;

M_2 – маса бюкса з висушеною наважкою, г.

Робота № 97

Визначення вмісту золи

Матеріали та обладнання. Ваги лабораторні загального призначення, другого класу точності з невеликою межею зважування (200 г) з допустимою похибкою зважування $\pm 0,001$ г., піч муфельна, сушильна шафа лабораторна, тиглі фарфорові, ексикатор.

Хід роботи

Наважку гомогенату помістіть у попередньо зважений до постійної маси тигель. Далі тигель з наважкою помістіть у сушильну шафу і висушіть при температурі 100-120°C до повного видалення вологи. Потім в тигель з наважкою додайте 1-2 мл 90° етилового спирту для забезпечення більш рівномірного і швидкого озолення і тигель помістіть в холодну муфельну піч. Піч поступово нагрійте до температури 400-500°C. Озолення проводьте при температурі не вище 500°C. Довготривалість озолення залежить від природи продукту. Спочатку повноту озолення визначте візуально за кольором золи – вона повинна бути білою або дещо сіруватою, без частинок вугілля. Після першого прожарювання тигель охолодіть, змочіть вміст невеликою кількістю дистильованої води, підсушіть в сушильній шафі і знову помістіть в гарячу муфельну піч для продовжування спалювання. Потім тигель помістіть для охолодження в ексікатор і зважте. Озолення проведіть з точністю до 0,001 г.

Вміст золи визначте за формулою:

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M}$$

де X – вміст золи в 1 г гомогенізованої наважки, г;

M – маса тигля, г;

M_1 – маса тигля з наважкою до озолення, г;

M_2 – маса тигля з наважкою після озолення, г.

Робота № 98

Визначення вмісту білка

Матеріали та обладнання. Ваги лабораторні загального призначення, другого класу точності з невеликою межею зважування (200 г) з допустимою похибкою зважування $\pm 0,001$ г, електроплитка побутова, установка для перегонки (рис. 77), яка складається з колби Кьельдаля місткістю 500 мл, холодильника Лібіха з прямою внутрішньою трубкою, краплеутворювача лабораторного скляного, та алонжа звичайного. Циліндри мірні, місткістю 25, 50 і 100 мл, колби

конічні місткістю 250 мл, бюретки місткістю 25 мл з ціною поділки 0,1 мл, піпетки місткістю 1 і 50 мл, грушевидні скляні пробки, крапельниця з темного скла. Кислота сірчана х.ч. з густиною 1,84 г/см³, розчин 0,05 моль/л, 33% розчин NaOH х.ч., кислота борна х.ч. (розчиніть 40 г борної кислоти в 1000 мл дистильованої води), індикатор Таширо (0,1 метиленового синього і 0,2 г метилового червоного розчиніть в 100 мл 96° етилового спирту, каталізатор (суміш міді сірчаноокислої п'ятиводної х.ч. і калія сірчаноокислого безводного х.ч. у співвідношенні 30:1), спирт етиловий, вода дистильована, парафін.

Хід роботи

У колбу Кьельдаля на 500 мл помістіть наважку гомогенату, зважену з точністю до 0,001 г та з розрахунку вмісту азоту в пробі 20–25 мг. Потім в колбу додайте 20 мл концентрованої сірчаної кислоти, приливайте її поступово по стінках колби, змиваючи частинки проб. У колбу внесіть каталізатор з розрахунку 0,6 г на 1 мл сірчаної кислоти і декілька скляних кульок, закрийте грушевидною скляною пробкою, обережно коловими рухами перемішайте вміст і поставте на нагрівальний пристрій під кутом 40°C. Обережно нагрійте.

При утворенні піни в перший період окислення колбу зніміть з нагрівального приладу і дайте піні осісти, а потім продовжте нагрівання, слідкуючи за тим, щоб піна не попала в горловину колби. Для зменшення піноутворення в колбу можна додати шматочок парафіну або декілька крапель етилового спирту. Після припинення піноутворення нагрівання підсильте. Ступінь нагрівання вважають достатньою, коли кипляча кислота конденсується не вище середньої частини горлечка колби. Час від часу вміст колби перемішуйте,

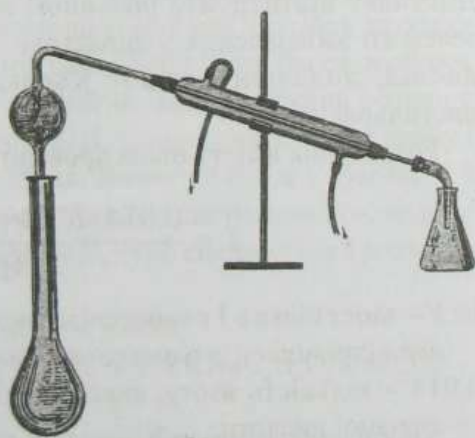


Рис. 77. Установка для відгонки аміаку.
1 – колба Кьєндалья, 2 – краплеутворювач, 3 – холодильник Лібіха, 4 – алонж

змиваючи з стінок колби. Нагрівання продовжуйте до тих пір, поки рідина на стане прозорою і освітленою (зелено-голубою).

Після мінералізації вміст колби охолодіть, додайте 150 мл дистильованої води і з'єднайте з апаратом для відгонки аміаку. Рекомендується проводити відгонку аміаку з водяним паром. У колбу через ділильну воронку приладу прилийте 80 мл 33% NaOH і одразу ж після його додавання закрийте кран ділильної воронки, щоб зменшити втрати аміаку. Для відгонки аміаку в конічну колбу ємністю 250 мл відлийте піпеткою 50 мл розчину борної кислоти, додайте 4 краплі індикатору, перемішайте і поставте під алонж, з'єднаний з холодильником так, щоб кінець алонжа був занурений в кислоту. Вміст колби нагрійте до кипіння, уникаючи піноутворення. Продовжуйте перегонку до тих пір, поки рідина не стане закипати поштовхами. Нагрівання регулюйте таким чином, щоб тривалість перегонки була не менше 20 хв. Забарвлення розчину борної кислоти не повинно змінюватися. Перед закінченням перегонки опустіть конічну колбу так, щоб кінець алонжа опинився над поверхнею розчину борної кислоти і продовжте перегонку ще 1-2 хв. Нагрівання припиніть і від'єднайте алонж. У конічну колбу змийте невеликими порціями дистильованої води залишки розчину борної кислоти з внутрішньої і зовнішньої поверхні алонжа. Дистилят відтитруйте розчином сірчаної кислоти до переходу зеленого забарвлення у фіолетове. Паралельно проведіть сліпий дослід, додавши в колбу Кьельдаля замість наважки 5 мл дистильованої води.

Розрахунок вмісту білка проведіть за формулою:

$$X = \frac{0,014 \cdot K \cdot (Y_1 - Y_0) \cdot 6,25}{M},$$

де X – вміст білка в 1 г гомогенізованої наважки або в сухій речовині, яке відповідає 1 г гомогенізованої наважки, г;

0,014 – кількість азоту, еквівалентна 1 мл 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти;

K – поправковий коефіцієнт 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти;

Y_1 – об'єм 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти, використаний на титрування дистиляту робочого розчину, мл;

V_0 – об'єм 0,05 моль/л розчину сірчаної кислоти, використаний на титрування дистилату в контрольному аналізі, мл;
6,25 – коефіцієнт перерахунку азоту на білок;
 M – маса наважки, г.

Робота №99

Визначення вмісту білка за Лоурі

Матеріали та обладнання. Фарфорова ступка; електронні терези; центрифуга та центрифужні пробірки; пробірки; піпетки; мірний циліндр; 60% трихлороцтова кислота (ТХО); охолоджений ацетон; 1 н NaOH; водяна баня (+70°C); реактив А – 2% р-н Na_2CO_3 в 0,1 н NaOH; реактив Б – р-н 0,5% $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ в 1% $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_8 \times 4\text{H}_2\text{O}$; реактив Фоліна (1:2); фотоелектроколориметр.

Хід роботи

Наважку рослинного матеріалу (0,2 г) гомогенізуйте з 2-3 мл дистильованої води та кількісно перенесіть у центрифужну пробірку. В отриманому гомогенаті осадіть білки 60% ТХО (1 мл). Центрифугуйте вміст пробірок протягом 10 хв. при 3000 об/хв. Злийте супернатант після центрифугування. Осад, що залишився, 2 рази промийте охолодженим ацетоном (по 2 мл). Додайте до осаду 5 мл 1 н NaOH, нагрійте на водяній бані (70°C) 10 хв. Вміст пробірок знов центрифугуйте 10 хв. при 3000 об/хв. Злийте лужний розчин у мірну колбу. Осад промийте 1 н NaOH, знову злийте в ту ж колбу і доведіть отриманий розчин до 20 мл. Визначте білок у суміші: 0,4 мл білкового екстракту, який доведіть до 1 мл дистильованою водою; 2 мл щойно приготовленого реактиву В, який складається з розчинів А та Б (50:1 по об'єму).

Реактив А – 2% р-н Na_2CO_3 в 0,1 н NaOH;

Реактив Б – р-н 0,5% $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ в 1% $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_8 \times 4\text{H}_2\text{O}$.

Вміст проб перемішайте.

Через 10 хв додайте по 0,2 мл реактиву Фоліна, розведеного 1: 2.

Через 30 хв проби виміряйте на ФЕКі при довжині хвилі 750 нм.

Кількість білка в розчині знайдіть за калібрувальною кривою і розрахуйте за формулою:

$$A = \frac{a \cdot V}{c \cdot p},$$

де A – кількість білка (мг/г речовини);

a – кількість білка в розчині (мг), що знаходять за калібрувальною кривою;

V – первісний об'єм (20 мл);

p – наважка (г).

Робота № 100

Визначення вмісту жирів у молоці за методом Гербера

Матеріали та обладнання. Ваги лабораторні загального призначення, другого класу точності з невеликою межею зважування (200 г) з допустимою похибкою зважування $\pm 0,001$ г, центрифуга для визначення вмісту жиру в молоці і молочних продуктах, водяна баня, штатив для жиромірів, жироміри для молока і молочних продуктів, корки гумові для жиромірів, піпетки, місткістю 1, 5 і 10 мл, кислота сірчана х.ч. з густиною 1,51-1,65 г/см³, спирт ізоаміловий технічний з густиною 0,8108-8115 г/см³ при 20°C.

Хід роботи

У жиромір молочний візьміть наважку гомогенату, зважену з точністю до 0,001 г. До наважки додайте 10 мл сірчаної кислоти і 1 мл ізоамілового спирту. Потім додайте таку кількість сірчаної кислоти, щоб рівень вмісту не доходив на 5-10 мм до горлечка жироміру, закрийте його сухим корком і оберніть рушником, обережно стряхніть або переверніть декілька раз для повного перемішування вмісту.

Жиромір перевернувши корком донизу, помістіть на 5 хв. на водяну баню з температурою $65 \pm 2^\circ\text{C}$. Періодично взбовтуйте або перевертайте його. По закінченні вказаного часу, жиромір вийміть з бані, обітріть рушником, вставте розширеною частиною у патрони центрифуги, відцентрифугуйте 5 хв. зі швидкістю 1300-1500 об/хв. Потім жиромір знову помістіть на 5 хв. на водяну баню з

температурою $65 \pm 2^\circ\text{C}$, вийміть з бані, проведіть підрахунок поділок, які займає жир, що виділився. Для цього жиромір тримайте вертикально так, щоб верхня межа жиру знаходилася на рівні очей. Посуваючи пробірку вгору чи вниз, встановіть нижню межу стовпчика жиру на цілій поділці і від неї відрахуйте число поділок до нижньої точки меніска жирового стовпчика. Межа розділення жиру і кислоти повинна бути чіткою, а стовпчик жиру прозорим. Якщо в градуйованій частині жироміру утворилося бурувате кільце (пробка) або в стовпчику жиру опинилися домішки, аналіз проводять повторно. Якщо при описаному режимі не вдасться повністю витягти жир, центрифугування і нагрівання жироміру на водяній бані повторіть 2-3 рази.

Вміст жиру розрахуйте за формулою:

$$X = \frac{A \cdot 0,01133}{M},$$

де X – вміст жиру в 1 г гомогенізованої наважки, г;

M – маса наважки, г;

0,01133 – вміст жиру, що відповідає 1 поділці жироміру, г.

Робота № 101

Визначення вмісту жирів за методом Сокслета

Матеріали та обладнання. Ваги лабораторні загального призначення, другого класу точності з невеликою межею зважування (200 г) з допустимою похибкою зважування $\pm 0,001$ г., водяна баня, сушильна шафа, бюкси скляні, апарат Сокслета, етиловий ефір, фільтрувальний папір.

Хід роботи

Наважку сухої речовини зважте на фільтрувальному папері розміром 6x7 см, з точністю до 0,001 г і загорніть і пакетик. Цей пакетик загорніть ще в один пакетик з фільтрувального паперу, розміром 7x8 см. Внутрішній пакетик помістіть так, щоб його шов не співпадав зі швом зовнішнього пакетика.

Приготовлений пакетик помістіть в бюкс і висушіть у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси. Потім пакетик перенесіть в екстрактор апарата Сокслета (рис. 78) і залийте етиловим ефіром. Ефіру налейте стільки, щоб він почав переливатися через сифон екстрактора, після чого додайте ще 50 мл ефіру і з'єднайте всі частини приладу. В холодильник пустіть холодну воду, а перегінну колбу помістіть на водяну баню з температурою не вище 45°C . Нагрівання слід регулювати таким чином, щоб ефір зливався з екстрактора через кожні 5-6 хв. При безперервній дії апарата Сокслета для повного витягнення жиру з добре подрібненої наважки необхідно 4-6 год., при погано подрібненій наважці екстракцію слід проводити 10-12 год. Повноту екстракції перевіряють на фільтрувальному папері. Для цього візьміть 2-3 краплі ефіру, що витікає з екстрактора, папір підігрійте, якщо на папері після випарювання ефіру не залишається жирної плями, екстракцію вважають закінченою. Пакетики вийміть з екстрактора, підсушіть, після чого помістіть в бюкс і висушіть у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси з точністю до 0,001 г.

Вміст жиру визначте за формулою:

$$X = \frac{A - B}{M},$$

де X – вміст жиру в 1 г сухої речовини, г;

A – маса пакетика з наважкою сухої речовини до екстракції жиру, г;

B – маса пакетика з наважкою сухої речовини після екстракції жиру, г;

M – наважка сухої речовини, г.

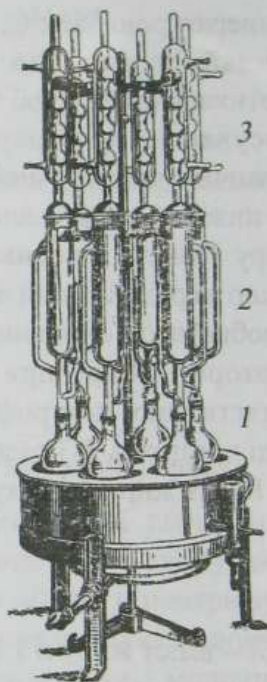


Рис. 78. Апарат Сокслета для екстракції.

1 – перегінна колба,

2 – екстрактор,

3 – холодильник

Робота № 102

Визначення вмісту жирів екстракційним методом

Матеріали та обладнання. Ваги лабораторні загального призначення, другого класу точності з невеликою межею зважування (200 г) з допустимою похибкою зважування $\pm 0,001$ г, апарат для екстракції, який складається з фільтруючої ділильної лійки зі шліфом і впаяним скляним фільтром №2, скляного приймача з краном зі шліфом, діаметром, що відповідає діаметру шліфу фільтруючої ділильної лійки; сушильна шафа, бюкси скляні, колби мірні, місткістю 50 мл, піпетки, місткістю 10 і 25 мл, водяна баня, хлороформ, спирт етиловий.

Хід роботи

Наважку матеріалу, масою 2 г, зважену з точністю до 0,001 г, помістіть в ділильну лійку приладу для екстракції, налейте 10 мл екстрагуючої рідини (хлороформу з етанолом у співвідношенні 1:2). Екстракцію проведіть протягом 2 хв. При стряхуванні. Екстракт при допомозі водоструйного насоса відкачайте в приймач, а з нього перелийте в мірну колбу, місткістю 50 мл. Залишки наважки аналогічним чином екстрагуйте ще два рази. Потім ділильну лійку і приймач промийте 20 мл екстрагуючої суміші. Промивні рідини зберіть в мірну колбу і доведіть об'єм до мітки екстрагуючою сумішшю. З колби відберіть піпеткою 20 мл екстракту і перенесіть у попередньоозважений з точністю до 0,001 г постійної маси бюкс. Екстрагуючу суміш випаруйте на водяній бані до зникнення запаху і висушіть наважку жиру у сушильній шафі при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси.

Вміст жиру визначте за формулою:

$$X = \frac{(M_2 - M_1) \cdot 50}{20 \cdot M},$$

де X – вміст жиру в 1 г гомогенізованої наважки, г;

M_1 – маса порожнього бюкса, г;

M_2 – маса бюкса з жиром, г;

50 – загальний об'єм екстракту, мл;

20 – об'єм екстракту, взятий для визначення жиру, мл.

Вміст вуглеводів визначають за різницею між вмістом сухих речовин і сумарною кількістю білків, жирів і мінеральних речовин.

Контрольні запитання до розділу

1. На чому оснований принцип визначення вмісту органічних речовин в ґрунті за методом І.В.Тюрина?
2. Яким методом можна визначити інтенсивність утворення органічної речовини в листках рослин?
3. Для визначення вмісту якого елементу використовують реактив Неслера? Який принцип його дії?
4. Чому для визначення вмісту нітрогену використовують не звичайні колби, а колби Кьельдаля? У чому полягає специфіка їх конструкції?
5. Як відділити білковий нітроген від небілкового у досліджуваному матеріалі?
6. Назвіть вільноживучі мікроорганізми ґрунту, здатні фіксувати молекулярний нітроген атмосфери.
7. Які Вам відомі симбіотичні азотфіксатори, поширені в ґрунті?
8. За допомогою якого середовища можна виявити нітрофікуючі бактерії ґрунту?
9. Назвіть найбільш активних збудників прямої денітрифікації в ґрунті.
10. Які мікроорганізми приймають участь в розкладанні органічної речовини з виділенням нітрогену в формі аміаку? Як називається цей процес? Яким способом можна оцінити його інтенсивність в конкретному ґрунті?
11. Яка сполука слугує комплексоутворювачем при визначенні вмісту фосфору в досліджуваному матеріалі фотоколориметричним методом? Яка довжина хвилі і світлофільтр якого кольору дозволяють ідентифікувати відповідний комплекс?
12. На якому середовищі можна виявити фосформінералізуючі бактерії ґрунту?
13. Охарактеризуйте значення сульфору для живих організмів.
14. Назвіть хемоавтотрофні мікроорганізми, які окислюють відновлені сполуки сульфору.
15. Який принцип лежить в основі визначення сульфору в досліджуваному матеріалі?

16. Для виявлення яких ґрунтових бактерій використовують рідке середовище В.О.Таусона?
17. Для визначення калію використовується гравіметричний метод. В чому полягає специфіка цього методу?
18. Яка кількість калорій міститься в 1 г жирів, білків, вуглеводів?
19. Які Вам відомі альтернативні методи визначення вмісту жиру в досліджуваному матеріалі?
20. Який метод найчастіше використовується для визначення білків? Охарактеризуйте головний принцип цього методу.

РОЗДІЛ VIII

ВИЗНАЧЕННЯ БІОМАСИ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Робота № 103

Визначення біомаси і продуктивності лісової екосистеми

Кінцевим результатом утворення і розпаду органічної речовини на Землі, колообігів хімічних елементів, що проходять через біоту, є накопичення біомаси. В наземних екосистемах 99,2% біомаси приходить на рослинну частину і лише 0,8% – на тварин.

Фітомаса виражається зазвичай в кілограмах, тонах або кілокалоріях сухої речовини на гектар. Приріст фітомаси – головний показник біологічної продуктивності. Максимальні величини фітомаси спостерігаються в дощових тропічних лісах (700-1000 т/га абсолютно сухої речовини), мінімальні – в тундрі (25-30 т/га). При цьому приріст фітомаси або первинна продукція (продуктивність) складає в тропічних лісах 25-30 т/га, а в тундрі 2-2,5 т/га. Фітомаса складається із складних органічних сполук, які є основою для існування живих організмів, що використовують їх як поживний матеріал.

Робота може проводитися у вигляді двох лабораторно-практичних занять.

1. Визначенням параметрів деревних порід (діаметру стовбурів та висоти дерев).
2. Розрахунок фітомаси і продуктивності насадження за даними, отриманими на попередньому занятті.

Матеріали та обладнання: мірні вилки, екліметри, мірна стрічка, 2-4 шнура по 50 м, крейда, приростовий бурав, ваги, сушильна шафа, ексікатор.

Хід роботи

Для опису одного фітоценозу необхідно 12 чоловік, які повинні розділитися на міні групи по 3 чоловіка.

В однорідному лісовому насадженні на рівній місцевості закладіть дві пробні площадки розміром 50×50 м, які характеризують даний фітоценоз. Пробні площадки обмежте кілочками та шнурами.

У характеристиці пробних площадок опишіть: географічне положення, рельєф, оточення, ґрунт, ступінь покриття трав'яним покривом, мертвий покрив, зімкнутість деревостою (приблизно) та ін.

Потім проведіть вимірювання **діаметрів** всіх дерев на пробних площадках на висоті 1,3 м (висота грудей). При цьому одна людина вимірює стовбури мірною вилкою, інша помічає поміряні дерева крейдою, третя – здійснює записи в журналі. Якщо немає мірної вилки, скористайтесь м'яким сантиметром. При цьому розрахунок діаметра проведіть, розділивши довжину кола C на π .

При підрахунку проведіть групування дерев за ступенем товщини (через 2 см). Число обміряних дерев запишіть у відомості умовними позначеннями: перші чотири дерева позначте чотирма точками ::, наступні – лініями \perp – 7 дерев, потім у вигляді квадрату конверту \boxtimes – 10 дерев.

Для кожного ступеня товщини виміряйте **висоту** трьох дерев і запишіть: у чисельнику – висоту, в знаменнику – точний діаметр. Дані запишіть в таблицю 36.

Таблиця 36

Ступені товщини, через 2 см	Число стовбурів, шт.	Об'єм одного стовбура, м ³	Загальний об'єм стовбурів, м ³		Маса деревини, т/га	Загальний об'єм фітомаси, т/га	Продуктивність деревостою, т/га в рік
			на пробній площадці	на 1 га			

Висоту дерев визначте одним із способів описаних нижче.

1. Вимірювання висоти дерев за допомогою промислового висотоміра

Вимірювання висоти дерева проводять за допомогою висотомірів різної конструкції. Принцип їх дії ґрунтується на визначенні однієї із сторін прямокутного трикутника при відомій іншій стороні – “базі” (якою є віддаль від приладу до стовбура дерева, зазвичай це 10 або 20 метрів) і відомому куті. Через “візир” приладу необхідно побачити вершину дерева і зняти показники по шкалі, відповідно обраній базі.

Необхідною умовою при вимірюванні висоти дерева є додавання до отриманого значення висоти дерева висоти розміщення приладу (приблизно, ріст людини). Для уникнення цієї помилки, а також у гірських умовах використовують два відліки – на вершину дерева і на основу стовбура

2. Вимірювання висоти дерева за допомогою готування саморобного висотоміра

Дуже часто під час польових експериментів виникає необхідність виміряти висоту дерев, не маючи спеціальних вимірювальних інструментів, або ж придбати спеціальні прилади для вимірювання висоти дерев досить складно. На перший погляд, завдання, яке важко виконати, адже залізти на вершину дерева з мірною стрічкою не завжди реально. Однак, якщо використати знання геометрії, можна обійтися і без запаморочливих трюків, для цього можна використати принципи подібності трикутників. Принцип роботи висотомірів ґрунтується на тих же принципах рівності трикутників. Тому ми пропонуємо виготовити висотомір, точність вимірювання яким не буде значно відрізнятися від стандартного висотоміру.

Картонний або дерев'яний прямокутник $abcd$ тримайте в руках так, щоб дивлячись вздовж краю ab , бачити на одній лінії з ним вершину дерева (B). У точці b прив'яжіть на нитці грузило q помітьте точку n , в якій нитка перетне лінію dc трикутника bnc . Трикутники bBC та bnc подібні, оскільки обидва прямокутні і мають рівні гострі кути bBC та bnc (з відповідно паралельними сторонами). Отже, можна написати пропорцію:

$$\frac{BC}{nc} = \frac{bC}{bc}.$$

Звідси:

$$BC = \frac{nc \cdot bC}{bc}$$

Оскільки bC , nc і bc можна виміряти безпосередньо, то легко отримати шукану висоту дерева, додавши до BC довжину нижньої частини CD стовбура (висоту приладу над ґрунтом).

Можна дещо спростити: якщо край bn дощечки зробити, наприклад, рівним 10 см, а на краю dc нанести сантиметрові поділки, то співвідношення nc/bc буде завжди виражатися десятковими дробами, іншими словами, буде вказувати, яку долю відстані bC складає висота BC дерева. Наприклад, нитка зупинилася навпроти 7-ї поділки (тобто $nc = 7$ см), це означає, що висота дерева над рівнем ока складає 0,7 віддалі від спостерігача до стовбура. Інше покращення стосується спостереження: щоб зручніше було дивитися вздовж лінії ab , можна відігнути біля верхніх кутів картонного прямокутника два продірявлених квадратики: одна дірочка (менша) – біля ока, друга (більша) – для наведення на верхівку дерева (рис. 79).

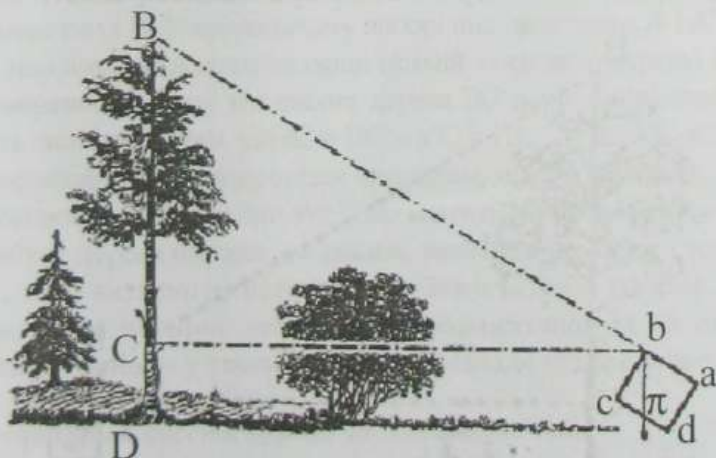


Рис. 79. Вимірювання висоти дерева за допомогою саморобного висотоміра

3. Вимірювання висоти дерева за допомогою палиці

Візьміть рівну палицю, виміряйте її довжину і поставте поруч з деревом, відійдіть на 20-25 метрів. Тримайте перед очима на відстані витягнутої руки олівець, відзначте на ньому нігтем висоту мірної палиці, який стоїть поруч з деревом потім підрахуйте скільки разів, відмічений відрізок олівця, поміститься по висоті стовбура дерева. Далі визначте висоту дерева перемноживши висоту палиці на кількість відмічених відрізків. Цей спосіб дає систематичну помилку убік заниження висоти. Величина помилки індивідуальна. У лісовому господарстві висоти визначають з точністю до 0,5м.

4. Вимірювання висоти дерева за допомогою записника

В якості приладу для приблизної оцінки висоти ви можете використати і свою кишенькову записну книжку і олівець (олівець повинен бути прикріплений до записника). Вона досить просто допоможе вам побудувати два подібних трикутники, з яких виходить шукана висота. Книжку тримайте біля очей так, як показано на рисунку 80. Вона повинна знаходитися в вертикальній площині, а олівець висуньте над верхнім краєм книжки настільки, щоб бачити вершину дерева (В) покриту кінчиком (b) олівця. Тоді, з трикутників abc і AVC , визначте висоту VC з пропорції: $VC:bc = aC:ac$.

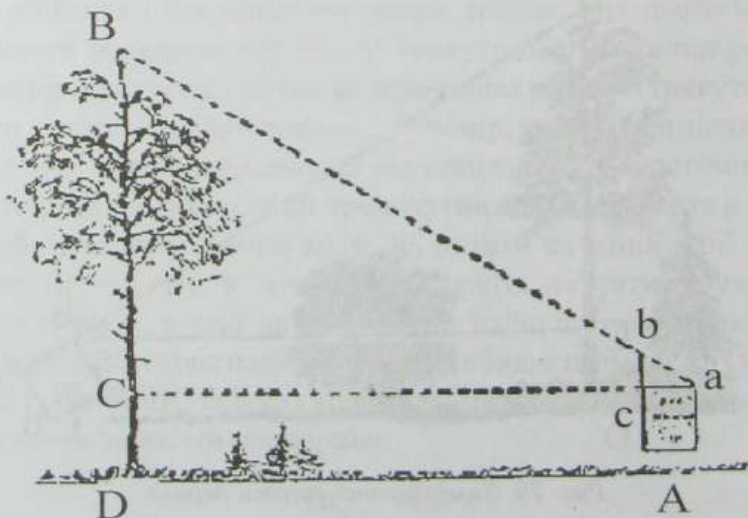


Рис. 80. Вимірювання висоти дерева за допомогою записника

Віддайте ас і аС виміряйте безпосередньо. До отриманої величини ВС додайте ще довжину CD, тобто висоту ока над ґрунтом на рівному місці. Оскільки ширина книжки незмінна, то якщо Ви завжди будете ставати на одній і тій же відстані від дерева (наприклад 10 м), висота дерева буде залежати лише від висунутої частини вс олівця. Тому Ви можете заздалегідь обчислити, яка висота відповідає тому чи іншому висуванню, і нанести ці числа на олівець. Ваша записна книжка перетвориться тоді в спрощений висотомір, тому що Ви зможете за її допомогою визначати висоту одразу, без обчислень.

5. Вимірювання висоти дерева на віддалі

Якщо не можна підійти близько до основи дерева в такому випадку також можна визначити його висоту. Для цього пропонується такий прилад, який як і попередні, легко виготовити самому. Дві планки (рис. 81) ав і сd скріпіть під прямим кутом так, щоб аВ дорівнював ВС, а bd складав половину ab. Щоб виміряти висоту, тримайте прилад у руках, направте планку сd верти-кально і станьте послідовно в двох місцях: спочатку в точці А, де розташуйте прилад кінцем нагору, а потім у точці А', подаль, прилад тримайте догори кінцем d. Точку А виберіть так, щоб, дивлячись з а на кінець с, бачити його на одній прямій з верхівкою дерева. Точку ж А' виберіть так, щоб, дивлячись з а' на точку d', бачити її співпадаючою з В. У правильному виборі цих двох точок А і А' (точки неодмінно повинні лежати на одній прямій з основою дерева) полягає все вимірювання, тому що висота дерева ВС дорівнює відстані АА'. Рівність випливає з того, що $aC = BC$, а $a'C = 2BC$; отже: $a'C - aC = BC$.

Скориставшись цим простим приладом, можна виміряти дерево, не підходячи до основи ближче його висоти. Якщо ж можна підійти до совбура дерева ближче, то досить знайти лише одну з точок - А чи А', щоб визначити його висоту. Замість двох планок можна скористатися чотирма шпильками, розмістивши їх на дощечці належним чином – у такому вигляді «прилад» ще простіше.

6. Вимірювання висоти дерева за допомогою тіні

В сонячні дні для визначення висоти дерева можна скористатися тінню, яку відкидає це дерево (рис. 82). Виміряйте свою тінь або тінь будь-якої жердини і вирахуйте висоту дерева з

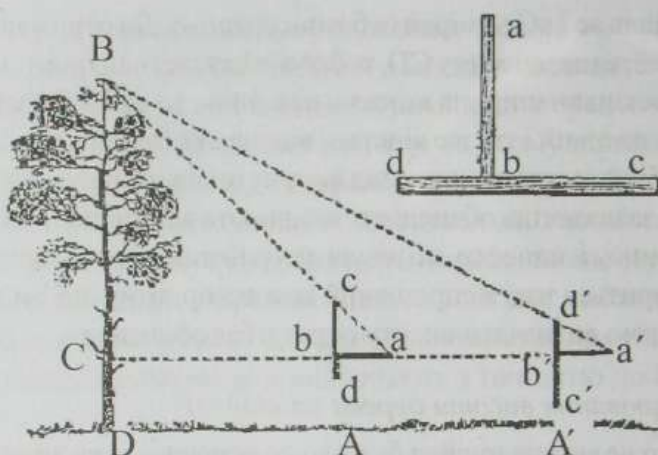


Рис. 81. Вимірювання висоти дерева на відділлі

пропорції: $AB:ab = BC:bc$. Висота дерева у стільки ж разів більше вашої висоти (або жердини) у стільки ж разів тінь дерева довша вашої тіні (або жердини). Тому висоту дерева можна розрахувати з геометричної подібності трикутників ABC і abc (за двома кутами).

7. Вимірювання висоти дерева у хмарну погоду

Перш за все скористайтеся властивостями рівнобедреного прямокутного трикутника, виготовивши дуже простий пристрій з

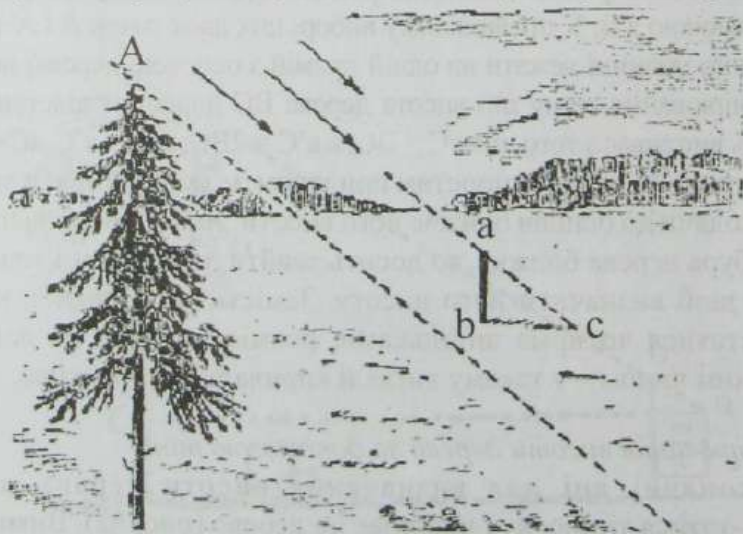


Рис. 82. Вимірювання висоти дерева за допомогою тіні

дощечки та трьох булавок. На дощечці будь-якої форми (або навіть на куску кори, якщо у нього є плоский бік) намітьте три точки вершини рівнобедреного прямокутного трикутника – в них

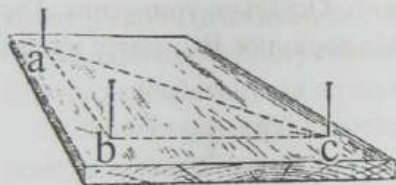


Рис. 83. Прилад для вимірювання висоти дерева у хмарну погоду

зафіксуйте булавки (рис.83). Якщо у Вас під рукою немає трикутника для креслення прямого кута і циркуля для того, щоб відмітити рівні сторони, скористайтесь листком паперу (перегніть його навпіл, а потім поперек першого згину так, щоб обидві частини першого згину співпали – так отримаєте прямий кут).

Відійдіть від дерева, висоту якого Ви визначаєте, тримайте прилад так, щоб один із катетів трикутника був напрямлений прямо вниз (рис. 84), для чого можете скористатися ниточкою з грузилом, прив'язаним до верхньої булавки. Наближайтесь або віддаляйтесь від дерева так, щоб знайти місце А, звідки, дивлячись на булавки а і с Ви побачите верхівку дерева С. Це означає, що продовження гіпотенузи ас проходить через точку С. Тоді очевидно віддаль аВ дорівнює СВ, оскільки кут $a = 45^\circ$. Отже, вимірявши віддаль аВ (або на рівному з ним місці віддаль AD) і додавши BD, тобто підвищення аА ока над землею, отримаємо шукану висоту дерева.

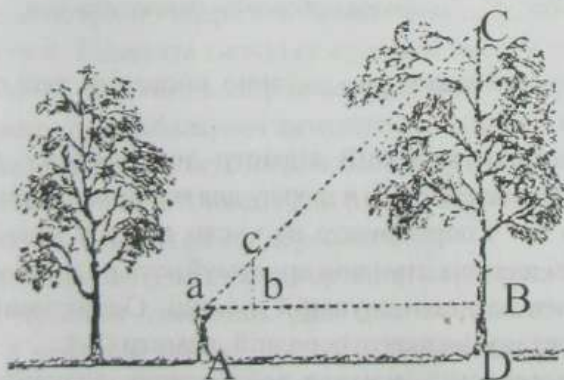


Рис. 84. Вимірювання висоти дерева за допомогою булавкового приладу

Можна також обійтися без булавкового приладу. Для цього увіткніть у землю жердину так, щоб частина, яка виступає дорівнювала Вашому зросту. Місце для жердини виберіть так, щоб лежачи, як показано на рисунку 85 Ви бачили верхівку дерева на одній прямій лінії з верхівкою жердини. Оскільки трикутник abc прямокутний, то кут $A = 45^\circ$, отже AB дорівнює BC , тобто висоті дерева, яку ми шукаємо.

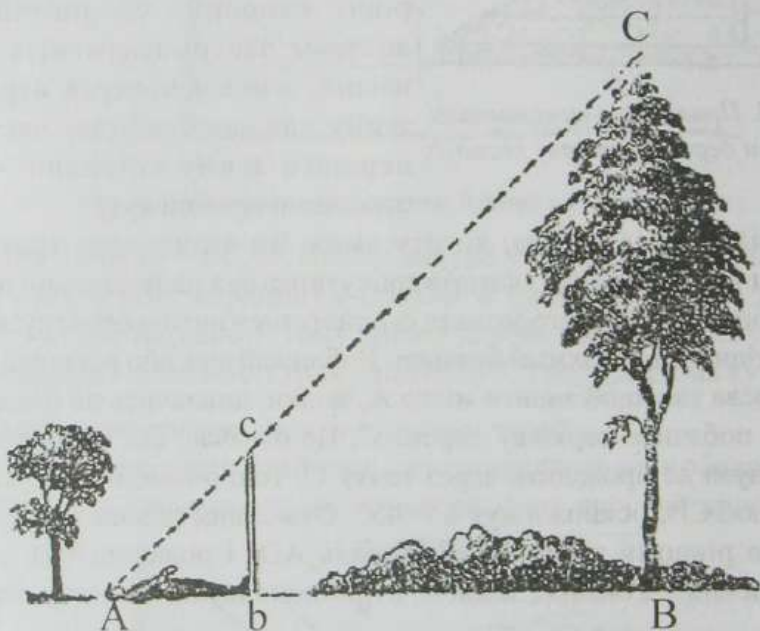


Рис. 85. Вимірювання висоти дерева лежачи

На наступному занятті послідовно проведіть такі операції та розрахунки.

1. Встановіть середній діаметр деревостану. Для цього визначте площу поперечного перерізу для кожного ступеня товщини за формулою $\pi \cdot r^2$ і перемножте на число дерев у кожній ступені. Дані, одержані для всіх ступенів просумуйте та поділіть на загальну кількість дерев на досліджуваній ділянці. Одержавши середній радіус деревостану, визначте середній діаметр ($2r$).

2. Знаючи середній діаметр деревостою, визначте середню висоту. Для цього побудуйте графік висот на міліметровому папері

(за своїми даними). По осі абсцис відкладіть значення діаметрів, по осі ординат – висот. Кожна точка на графіку відповідає конкретному дереву з певним діаметром і висотою. При проведенні кривої необхідно прагнути до того, щоб всі нанесені на графік точки крива розділила на дві рівні частини – і в той же час крива повинна бути пальною. Користуючись графіком, можна визначити середню висоту деревостану за визначеним середнім діаметром.

3. Знаючи середній діаметр та середню висоту деревостану, при допомозі спеціальних таблиць, розроблених для кожної породи (додаток А) визначте середній об'єм одного стовбура (в м^3).

4. Помножте середній об'єм стовбура на загальну кількість дерев на досліджуваній ділянці. Це буде грубо визначений загальний об'єм деревостану в м^3 розрахований на площу досліджуваної ділянки, виражену в м^2 .

5. Перерахуйте одержані дані на 1 га.

6. Переведіть одержані дані в кг або т на 1 га. Для цього використайте такі перевідні коефіцієнти:

- 1 м^3 дуба = 1020 кг;
- 1 м^3 ясеня = 924 кг;
- 1 м^3 берези = 878 кг;
- 1 м^3 тополі = 750 кг;
- 1 м^3 липи = 792 кг;
- 1 м^3 ялини = 794 кг;
- 1 м^3 сосни = 863 кг.

Якщо Вам потрібно одержати більш точні дані, то внесіть зміни у пункти 3 та 4. Визначте спочатку середню висоту кожної ступені товщини. Потім, знаючи діаметр та середню висоту дерев для кожної ступені товщини за таблицями визначте середній об'єм для кожної ступені товщини і помножте на кількість дерев відповідної ступені товщини. Результати, отримані для різних ступеней, просумуйте. Ви одержите загальний об'єм деревостану.

7. Візьміть проби на вологість деревини в трикратній повторності на кожній пробній площадці. Для цього в алюмінієві бюкси з номерами з відомою масою закладіть шматочки деревини гілок, бюкси закрийте і перенесіть в лабораторію для зважування. Після зважування бюкси відкрийте, верхню кришку помістіть під дно

бюкса, покладіть у сушильну шафу і сушіть при температурі $+105^{\circ}\text{C}$ до постійної маси (повного випаровування води). Потім бюкси закрийте кришкою і поставте в ексикатор. Обчисліть вологість за формулою:

$$A = \frac{a - b}{b - v} \cdot 100,$$

де A – вологість, у %

a – маса сирого зразка з бюксом;

b – маса сухого зразка з бюксом;

v – маса порожнього бюкса.

Обчисліть фітомасу деревини в перерахунку на суху речовину. Наприклад, об'єм дубової деревини 150 м^3 на га. Цю величину помножте на 1020 і отримаєте 153 т/га . Визначена вологість деревини складала 48%, суха речовина – 52%. В перерахунку на суху речовину це складає:

$$\begin{aligned} & \begin{array}{l} 153 - 100\% \\ x - 52\% \end{array} \\ x &= \frac{153 \cdot 52}{100} = 79,56, \text{ т/га} \end{aligned}$$

8. Розрахуйте продуктивність дубового насадження, яка дорівнює розміру фітомаси, поділеному на вік насадження, який визначається приростним буром. При цьому для сосни і ялини цей показник легко підрахувати за мутовками, додаючи до отриманої цифри два роки. В результаті отримуємо продуктивність деревостану даного насадження в т/га або кг/га в рік.

Робота № 104

Визначення біомаси

та продуктивності лучної екосистеми

Спосіб визначення трав'янистої рослинності значно простіший, ніж деревних рослин, оскільки можна зрізати всю рослинну масу з одиниці площі і перенести її в лабораторію для зважування.

Хід роботи

У межах досліджуваної екосистеми виділіть чотири пробних площадки 1 м х 1 м. Зріжте з них усю трав'янисту рослинність. Перенесіть у лабораторію; проведіть висушування до абсолютно сухої маси при 105 °С і зважте з точністю до 0,1 г. Визначте середню біомасу в г/м².

Через місяць дослідження повторіть і визначте приріст біомаси за цей період, тобто продуктивність.

Контрольні запитання до розділу

1. Які Вам відомі способи визначення висоти дерева?
2. Як визначити об'єм дерева та перевести його в масу?
3. Як визначити продуктивність лісового біоценозу?
4. Як визначити біомасу та продуктивність лучної екосистеми?
5. В яких одиницях виражається фітомаса?
6. У яких біомних екосистемах спостерігаються максимальні величини фітомаси?
7. У яких біомних екосистемах спостерігаються мінімальні величини фітомаси?
8. Як умовно позначити 7 дерев певного віку на досліджуваній ділянці?
9. З яких частин складається саморобний висотомір?
10. Яким приладом промислового виробництва вимірюють висоту дерев?

РОЗДІЛ IX

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЕКОСИСТЕМ

9.1. Оцінка стійкості природного середовища

Для визначення стійкості природного середовища окремих екосистем пропонується адаптований та модифікований варіант методики В.А.Барановського та В.Г. Шищенка, розробленої для адміністративних районів. Суть адаптації полягає в тому, що при визначенні стійкості природного середовища окремих екосистем бальна оцінка проводиться порівняно з еталонною екосистемою аналогічного типу, наявною у відповідній природній зоні. При цьому еталонна екосистема одержує максимальну кількість балів. Такий підхід визначення антропогенної трансформації екосистем був запропонований Е. Саетом.

За В.А.Барановським та В.Г. Шищенком потенціал стійкості природного середовища (C) включає потенціал самоочищення атмосферного повітря (A), потенціал стійкості ґрунтів (Γ) та біотичний потенціал (B). Формули для розрахунку цих показників наводяться нижче.

$$C = A + \Gamma + B.$$

Потенціал самоочищення атмосфери визначте за формулою:

$$A = \frac{(P_w + P_m)}{P_0 + P_a},$$

де P_w – кількість днів (%) зі швидкістю вітру 0-1 м/с; (робота №22)

P_a – кількість днів (%) зі швидкістю вітру 5 м/с (робота №21);

P_m – кількість днів (%) з туманами;

P_0 – кількість днів (%) з опадами 0,5 мм і більше (одна з робіт 17- 20).

Потенціал стійкості ґрунтів визначте за формулою:

$$\Gamma = \frac{100 \sum_{k=1}^n C}{Q},$$

де C – бал по кожному показнику, Q – максимально можлива сума балів, g – порядковий номер показника, n – загальна кількість показників.

- сума активних температур ґрунту (тобто температур вище 10 °С) (робота 31);
 - крутизна схилів, град;
 - каменистість, м³/га (робота №26);
 - структуртність (вміст фракцій розміром 0,25-10 мм, %) (робота 29);
 - питомий опір, кг/см²;
 - механічний склад (тип ґрунтів) (робота №30);
 - вміст гумусу, % (робота №77);
 - тип водного режиму (підтип ґрунтів за вологосмістю) (робота №32);
 - реакція рН (кислотність) (одна з робіт №37-39);
 - залісненість (% до оптимальної);
 - сміність іонів, мг/екв/100 г (робота №40);
 - розораність (% до досліджуваної площі);
 - господарська освоєність земель (% до досліджуваної площі).
- Біотичний потенціал розрахуйте за формулою:

$$B = \frac{W \cdot T_{\epsilon}}{36 \cdot R},$$

де W – продуктивне зволоження території за вегетаційний період, мм (робота №35);

T_{ϵ} – період вегетації – декади;

R – середній радіаційний баланс за вегетаційний період, ккал/см² (робота №7).

Продуктивна вологість – це різниця між загальним запасом вологи та запасом вологи, який відповідає вологості стійкого в'янення.

Рослини можуть висушувати ґрунт до такого стану, при якому починається їх в'янення. Такий ступінь зволоження прийнято називати ґрунтовою вологістю стійкого в'янення (ВСВ) рослин. Отже, ґрунтова вологість понад вологість в'янення і буде **продуктивною вологою**.

Стійке в'янення рослин починається при вологості, яка називається ґрунтовою вологістю в'янення, вона дещо перевищує максимальну гігроскопічність (у 1,3-1,5 рази). За одними літературними джерелами ВСВ $H \approx 1,5$, а за іншими $H \approx 1,4$ від максимальної гігроскопічності. Здебільшого, чим більш дрібно-зернистим є ґрунт і чим більше він містить гумусу, тим ВСВ вища.

МГ (максимальна гігроскопічність) – це гранична кількість гігроскопічної вологи, яка може бути поглинута ґрунтом з повітря при відносній вологості повітря 100%. Орієнтовно МГ складає: – для піщаних ґрунтів < 1% об'єму, – для легко суглинних – 2-3%, середньосуглинних – 3-5%, важкосуглинних – 5-10%, глинистих – 10-20%. Методика визначення МГ описана в роботі № 21.

Гігроскопічна волога нерухомо утримується біля поверхні твердих часток, недоступна рослинам, оскільки всмоктувальна сила коренів не може подолати сил поверхневого натягу.

ВСВ (W_p) – це таке значення вологості ґрунту, при якому рослини припиняють свою життєдіяльність, навіть якщо в подальшому їх помістити в сприятливі умови. Виходячи з цього деякі автори рекомендують визначати ВСВ шляхом проведення експерименту в лабораторних умовах. Це реально, коли об'єктом досліджень є агроєкосистема з монокультурною рослинністю. Для полікультурних фітоценозів краще визначати ВСВ, як це було описано вище, через МГ.

Суть запропонованої нами модифікації вищевикладеної методики полягає у наступних моментах:

- замість питомого опору ґрунту пропонується визначати такий критерій стійкості ґрунтів як твердість (робота №27 або 28). При застосуванні цієї заміни ми виходили з таких міркувань. У межах вологості від 30 до 70% повної вологоємності питомий опір знаходиться в прямій залежності від твердості ґрунту. Це дозволяє обмежитися визначенням твердості, що набагато простіше динамометрування. Крім того, на сьогодні набагато краще розроблені методи визначення твердості ґрунтів, ніж динамометрування. А іструментальна база для дослідження твердості є набагато доступнішою та простішою у використанні.
- з формули вилучено наступні показники: лісистість та розораність території, показник господарської освоєності території, які більше підходять для оцінки стійкості адміністративних територій, а не природних екосистем;
- замість вилучених введені такі показники як показник біологічної активності ґрунтів (робота №65 або №66) та відсоток рослин-індикаторів низької якості ґрунту;

- при дослідженні стійкості природного середовища окремих екосистем рекомендується фіксувати зазначені параметри не впродовж року, а протягом вегетаційного періоду Критерії виділення меж останнього наведені у таблиці 37.

Таблиця 37

Критерії визначення меж вегетаційного періоду

Автори	Початок вегетаційного періоду	Закінчення вегетаційного періоду
А.М. Гродзінський, Д.М. Гродзінський	від останніх весняних морозів	до настання стійких морозів восени та випадання снігу
І.Г. Підоплічко, К.М. Ситник, Р.В. Чаговець У метеорології	від останніх весняних приморозків умовно приймається момент, коли середньодобова температура повітря перевищує 10 °С	до перших осінніх приморозків утворення снігового покриву
І.А. Дудка	<i>у однорічних:</i> з моменту проростання насіння; <i>у багаторічних:</i> від пробудження бруньок	<i>у однорічних:</i> до моменту повного припинення життєдіяльності; <i>у багаторічних:</i> до пожовтіння листків (у деревних), до повного дозрівання* насіння (у трав'янистих)
А.І. Федорова, А.М. Нікольська С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова	перші ознаки набубнявіння бруньок, рідше появу кінчиків листків у лісах – початок весняного плачу в берези, клена, або розгортання перших листків у весняних ефемероїдів	зміну кольору листків, тобто руйнування хлорофілу і закінчення фотосинтезу опадання листків

Примітка. * – у зернових культур стадією повного дозрівання насіння вважається стан воскової стиглості, яка виражається у пожовтінні та набутті насінням консистенції подібної до воску.

Усі роботи, пов'язані з оцінкою показника стійкості природного середовища наведені в попередніх розділах книги, за винятком визначення крутизни схилів та відсотка рослин-індикаторів низької якості ґрунту. Методи визначення цих показників подані в роботах № 105 та № 106 даного розділу.

По ходу виконання досліджень, студентам пропонується заповнити бланк протоколу «Оцінки стійкості природного середовища» (табл. 38), який включає усі вищерозглянуті критерії з урахуванням запропонованих модифікацій.

Таблиця 38

Протокол оцінки стійкості природного середовища

№ п/п	Назва показника	Значення показника	Бальна оцінка
Потенціал самоочищення атмосферного повітря			
1	Кількість днів зі швидкістю вітру 0-1 м/с, %		
2	Кількість днів зі швидкістю вітру 5 м/с, %		
3	Кількість днів з туманами, %		
4	Кількість днів з опадами 0,5 мм і більше, %		
5	Сума балів		
Потенціал стійкості ґрунтів			
6	Сума активних температур, град.		
7	Крутизна схилів, град		
8	Твердість (глибина занурення ножа), см		
9	Структурність, %		
10	Механічний склад (тип ґрунту)		
11	Вміст гумусу, %		
12	Вологоемність		
13	pH (гідролітична)		
14	pH (обмінна)		
15	pH (актуальна)		
16	Ємність іонів, мг-екв/100 г		
17	Сумарна біологічна активність ґрунту, мкг/год		
18	Відсоток рослин-індикаторів низької агрохімічної якості ґрунту		

19	Сума балів		
Біотичний потенціал			
20	Середнє продуктивне зволоження, мм		
21	Період вегетації, декади		
22	Середній радіаційний баланс, ккал/см ² в рік		
23	Сума балів		
Потенціал стійкості природного середовища			

Робота № 105

Визначення крутизни схилів

Крутизна схилу визначається в градусах за допомогою екліметру (рис. 86). Можна використати транспорир, в центрі якого прив'язаний тягарець на нитці.

Матеріали й обладнання: екліметр, або транспорир.

Хід роботи

Для визначення крутизни схилу необхідно провести наступні операції:

- 1) один студент піднімається на вершину пагорба;
- 2) інший з екліметром (або транспориром) залишається внизу біля основи

При цьому перший студент повинен завізувати напрямок вздовж схилу на об'єкт.

Крутизну схилів визначте згідно градації:

- 1 – слабопохилі ($1-3^{\circ}$);
- 2 – похилі ($3-5^{\circ}$);
- 3 – слабопокаті ($5-7^{\circ}$);
- 4 – покаті ($7-10^{\circ}$);
- 5 – сильнопокаті ($10-12^{\circ}$);
- 6 – слабокруті ($12-25^{\circ}$);
- 7 – круті ($25-45^{\circ}$);
- 8 – дуже круті ($>45^{\circ}$).

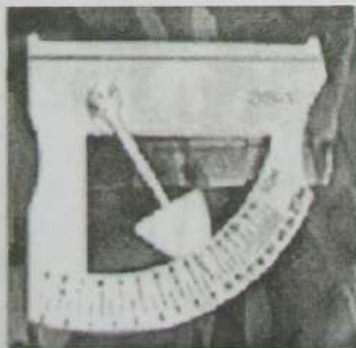


Рис. 86. Екліметр

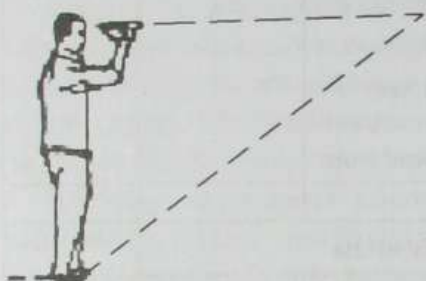


Рис. 87. Визначення крутизни схилу пагорбу за допомогою екліметру

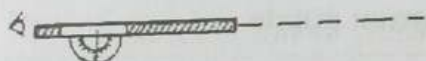


Рис. 88. Положення транспорту при вимірюванні

Встановіть екліметр або транспортир на рівні своїх очей. Спрямуйте горизонтальну поверхню приладу на студента, який стоїть на вершині, так, щоб було видно його голову (дивитися треба одним оком). За відхиленням тягарця визначте крутизну схилу в градусах. На рисунку 88 показано правильне положення ока при проведенні досліджень.

Робота № 106

Виявлення ґрунтів низької агрохімічної якості за присутністю рослин-індикаторів

Про низьку якість ґрунту можуть свідчити рослини-індикатори. У таблиці 39 наведений список видів, які найкраще репрезентують певні негативні зміни ґрунтового покриву. За їх присутністю можна судити про агрохімічну якість ґрунтів без проведення аналізів.

Таблиця 39

Рослини-індикатори низької агрохімічної якості ґрунту

Індикатори сирості нижніх шарів ґрунту



Хвощ польовий
(*Equisetum arvense* L.)



Підбіл звичайний,
або мати-й-мачуха
(*Tussilago farfara* L.)

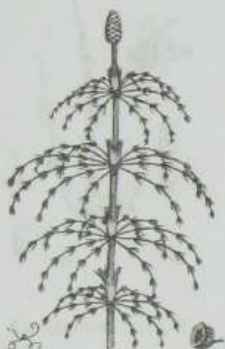


Гірчак земноводний
(*Polygonum
amphibium* L.)

Індикатори застійної вологи в орному шарі ґрунту



М'ята польова
(*Mentha arvensis* L.)



Хвощ лісовий
(*Equisetum sylvaticum* L.)



Мітлиця повзуча
(*Agrostis stolonifera* L.)



Тонконіг звичайний
(*Poa trivialis* L.)



Водяний хрін лісовий
(*Rorippa sylvestris* (L.) Bess.)



Перстач гусячий
(*Potentilla anserina* L.)



Жовтець повзучий
(*Ranunculus repens* L.)



Чистець болотний
(*Stachys palustris* L.)

Індикатори підвищеної кислотності сухих та помірно-вологих ґрунтів



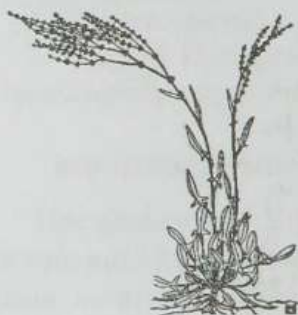
Шпегель звичайний
(*Sparganium angustifolium* L.)



Верес звичайний
(*Calluna vulgaris* (L.) Hill)



Конюшина польова
(*Trifolium arvense* L.)



Щавель горобиний
(*Rumex acetosella* L.)



Дикран мітловидний
(*Dicanum scoparium* Hedw.)



Арнозеріс дрібний
(*Arnoseris minima* (L.)
Shweigg. et Koerte



Червець однорічний
(*Scleranthus annuus* L.)



Росичка
кровоспиняюча
(*Digitalia ischaemum* Schreb.)



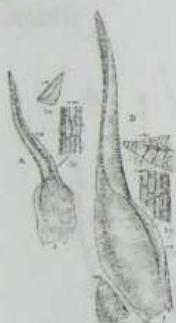
Брусниця
(*Vaccinium vitis-idaea* L.)



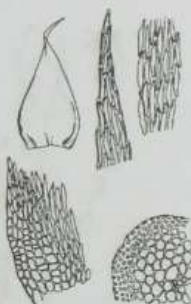
Біловус стиснутий, мичка
(*Nardus stricta* L.)



Чорниця
(*Vaccinium myrtillus* L.)



Леукорбій сизий
(*Leucobryum glaucum* (Hedw.)
Aongstr.)



Гіпн кіпарисовий
(*Hypnum cupressiforme*
Hedw.)

Індикатори підвищеної кислотності помірно-вологих та вологих ґрунтів



Блехнум колосистий
(*Blechnum spicant* With.)



Плаун п'ядич колючий
(*Lycopodium annotinum* L.)

Індикатори підвищеної кислотності сирих ґрунтів (торф'янистих)



Пухівка піхвова
(*Eriophorum vaginatum*
L.)



Андромеда багатоліста
(*Andromeda polifolia* L.)



Аулакомній болотний
(*Aulacomnium palustre*
(Hedw.) Schwaegr.)



Сфагн магеланський,
або сфагн середній
(*Sphagnum magellanicum*
Brid. (S. Medium Limpr.)



Політріх звичайний
(*Polytrichum commune*
Hedw.)



Перстач прямостоячий
(*Potentilla erecta* (L.)
Hampe)



Буяхи, лохина
(*Vaccinium uliginosum* L.)



Багно звичайне
(*Ledum palustre* L.)

Індикатори збідненості ґрунту



Армерія видовжена
(*Armeria elongata* (Hoffm.)
Koch)



Роговик польовий
(*Cerastium arvense* L.)



Нечуйвітер
волохатенький
(*Hieracium pilosella* L.)



Очиток їдкий (*Sedum acre* L.)

Індикатори засоленості ґрунту



Покісниця розставлена
(*Puccinellia distans* (Jacq.)
Parl.)



Ситник Жерарда
(*Juncus Gerardi* Lois.)



Конюшина суницевидна
(*Trifolium fragiferum* L.)

Хід роботи

На ділянці розміром $10 \times 10 \text{ м}^2$ виявіть види, які представлені в таблиці 39 і визначте ступінь їх домінування в балах. Отримані дані занесіть у таблицю 40.

Таблиця 40

Бланк протоколу для визначення агрохімічної якості ґрунтів за присутністю видів-індикаторів певного типу порушень ґрунтового покриву

Види – індикатори агрохімічних показників	Домінують (0)	Субдомінанти (1)	<1% (2)	Відсутні (3)
Індикатори застійної вологи в орному шарі ґрунту				
Індикатори сирості нижніх шарів ґрунту				
Індикатори підвищеної кислотності				
Індикатори збідненості ґрунту				
Індикатори засоленості ґрунту				
У балів				
Загальна У балів				

9.2. Оцінка стійкості біоценозів

При визначенні рівня стійкості біоценозів ми пропонуємо керуватись співвідношенням валової первинної продукції (**GPP**) до дихання (**R**). За Ю.Одумом (1986) – цей показник є найбільш ефективним критерієм оцінки стійкості біоценозів. При наближенні екосистеми до клімаксного (тобто найбільш стійкого) стану **GPP / R** наближається до одиниці.

Робота № 107

Визначення стійкості трав'янистого біоценозу

Рівень валової продукції та дихання може бути оцінений в екосистемах за потоками вуглекислого газу. У темноті рослини

здатні лише до дихання. На світлі у рослин відбувається і фотосинтез і дихання, тому одночасно з виділенням CO_2 (внаслідок дихання) відбувається його фіксація (внаслідок фотосинтезу). Отже, на світлі кількість CO_2 менша, ніж в темноті. Саме ці міркування були покладені в основу методики оцінки дихання та валової первинної продукції, запропонованої російськими екологами Д.Г. Замолодчиковим та Д.В.Кареліним (2000) для трав'янистих екосистем.

Матеріали та обладнання: інфрачервоний газоаналізатор «Li-Cor 6200», пластикові камери (саморобні).

Хід роботи

У межах досліджуваної екосистеми виділіть 4 пробних площадки розміром 40×40 см. Добове визначення потоків вуглекислого газу проведіть на кожній площадці за допомогою пластикової переносної камери 42×42×30 см, прозорої для фотосинтетично активної радіації (ФАР). Герметичність камери відносно атмосферного повітря забезпечте за допомогою водяного затвору. Зміни концентрації CO_2 в камері зафіксуйте за допомогою інфрачервоного газоаналізатора «Li-Cor 6200». На світлі визначте чистий потік вуглецю через систему (*NR*) (кількості CO_2 , яка залишилась після його фіксації в процесі фотосинтезу); в темноті під покривалом – валове дихання (*R*). За різницею потоків *R*– *NR* визначте валову первинну продукцію (*GPP*). А за співвідношенням *GPP* /*R* оцініть ступінь наближення екосистеми до клімаксного стану.

Робота № 108

Визначення стійкості лісового біоценозу

Безумовно, оцінка стійкості лісового біоценозу є складнішою в технічному плані, оскільки в даному випадку не вдасться ізолювати цілі ділянки біоценозу, як це було описано в попередній роботі. І все ж ми пропонуємо спосіб, який дозволяє провести таку оцінку з не меншою ефективністю.

Матеріали та обладнання: інфрачервоний газоаналізатор «Li-Cor 6200», прозорі та чорні поліетиленові пакети.

Хід роботи

До гілок найбільш типових за розмірами та віком дерев лісового біоценозу прикріпіть газовий аналізатор. Надіньте на ці гілки чорні пакети. В нижній частині перев'яжіть пакети мотузкою. Визначте валове дихання (R). Зніміть чорні пакети і на ці ж самі гілки, не знімаючи газовий аналізатор, надіньте прозорі пакети та визначте чистий потік вуглецю через систему (NR). За різницею потоків $R-NR$ визначте валову первинну продукцію (GPP). А за співвідношенням GPP/R оцініть ступінь наближення екосистеми до клімаксного стану.

Співставте результати оцінки стійкості біоценозу та стійкості природного середовища, зробіть висновки щодо стадії сукцесійних змін даної екосистеми, а також про її обумовленість ало- чи автогенними факторами.

За допомогою множинного регресійного аналізу визначте значимість впливу кожного із досліджуваних біотичних факторів (видового багатства та різноманіття, наявності тих чи інших життєвих форм рослин та тварин, тощо) на стійкість досліджуваного біоценозу.

Заключний протокол екологічних досліджень

№ п/п	Назва показника	Значення показника
	<p>Координати досліджуваної екосистеми за GPS-12: <i>Alt</i> – висота над рівнем моря <i>N</i> – широта <i>E</i> – довгота</p> <p style="text-align: center;">Оцінка кліматопу</p> <p>Кількість сумарної радіації, ккал·м⁻² Кількість розсіяної радіації, ккал·м⁻² Кількість відбитого світла, % Альbedo поверхні, % Інтенсивність освітлення, lx. Температура повітря в момент спостереження, °C Максимальна температура за досліджуваний проміжок часу, °C Мінімальна температура за досліджуваний проміжок часу, °C Добовий хід температури протягом місяця, °C Абсолютна вологість повітря (<i>A</i>), мм.рт.ст. Відносна вологість повітря (<i>f</i>), % Дефіцит вологості (<i>d</i>), мм.рт.ст. Сумарна кількість опадів, мм Кількість днів з опадами 0,5 мм і більше, % Кількість днів з туманами, % Кількість днів зі швидкістю вітру меншою за 1 м/с, % Кількість днів зі швидкістю вітру більшою за 1 м/с, %</p> <p style="text-align: center;">Оцінка едафотопу</p> <p>Крутизна схилів, град Ступінь каменистості ґрунту Твердість (глибина занурення ножа), кг/см² або см Коефіцієнт структурності ґрунту Механічний склад (тип ґрунту) Вміст гумусу, %</p>	

<p>Сума активних температур, °C</p> <p>Вологоємність ґрунту, %</p> <p>Вологість, % на абсолютно сухий ґрунт</p> <p>Максимальна гігроскопічна вологість ґрунту, %</p> <p>Запас продуктивної води (W_p) у метровому шарі ґрунту, м³/га</p> <p>ВВС, % від сухої маси ґрунту</p> <p>pH (гідролітична), мг-екв на 100 г ґрунту</p> <p>pH (обмінна)</p> <p>pH (актуальна)</p> <p>Ємність поглинання, мг-екв/100 г</p> <p>Показник стійкості мікробоценозу, мкг/год</p> <p>Відсоток рослин-індикаторів низької агрохімічної якості ґрунту</p> <p>Оцінка біотопу</p> <p>Показник видового багатства рослин</p> <p>Індекс видового різноманіття рослин за Шенноном</p> <p>Відсоток різних життєвих форм рослин:</p> <ul style="list-style-type: none"> • фанерофітів • хамефітів • гемікриптофітів • криптофітів • терофітів <p>Ступінь деструкції ценозу (I_d), %</p> <p>Кількість особин різних груп життєвих форм тварин у перерахунку на пастко-добу:</p> <ul style="list-style-type: none"> • дендробіонтів • тамнобіонтів • хортобіонтів • атмобіонтів • герпетобіонтів • геміедафічних <p>Ступінь розкладання деревини ксилобіонтами, бали (для лісових екосистем):</p> <p>Відсоток життєвих форм жуків-жужелиць (для лісових екосистем)</p> <ul style="list-style-type: none"> · фітобіонти, · епігеобіонти, · стратобіонти, · геобіонти, · псамоколімбети 	
---	--

<p>Кількість представників наннофауни, у пробі/м²</p> <p>Кількість представників мікрофауни, у пробі/м²</p> <p>Кількість представників мезофауни, у пробі/м²</p> <p>Індекс видового багатства Маргалефа для різних життєвих форм тварин</p> <p>Індекс видового різноманіття Шеннона для різних життєвих форм тварин</p> <p>Індекс синантропності угруповань комах</p> <p>Кількість мікроорганізмів різних таксономічних груп в одному грамі ґрунту</p> <ul style="list-style-type: none"> · грибів · бактерій · актиноміцетів найпростіших <p>Відсоток мікроорганізмів різних таксономічних груп в одному грамі ґрунту</p> <ul style="list-style-type: none"> · грибів · бактерій · актиноміцетів найпростіших <p>Біомаса, В</p> <p>Продукція, Р</p> <p>Рівень функціональних процесів у біоценозах</p> <p>Колообіг органічної речовини</p> <ul style="list-style-type: none"> · вміст органічної речовини в ґрунті · інтенсивність накопичення органічної речовини в листках рослин <p>Колообіг нітрогену</p> <ul style="list-style-type: none"> · запас у фітомасі · вміст в опаді та відпаді · вміст у ґрунті <p>Колообіг фосфору</p> <ul style="list-style-type: none"> · запас у фітомасі · вміст в опаді та відпаді · вміст у ґрунті <p>Колообіг калію</p> <ul style="list-style-type: none"> · запас у фітомасі · вміст в опаді та відпаді · вміст у ґрунті <p>Колообіг сульфору</p> <ul style="list-style-type: none"> · запас у фітомасі · вміст в опаді та відпаді · вміст у ґрунті 	
--	--

Амоніфікуюча здатність ґрунту Азотфікуюча здатність ґрунту Нітрофікуюча здатність ґрунту Денітрофікуюча здатність ґрунту Фосформінералізуюча здатність ґрунту Сульфатвідновлювальна здатність ґрунту Колообіг енергії (рослини-консументи I порядку консументи II порядку і т.д. · вміст жирів · вміст білків · вміст вуглеводів · загальна калорійність Біомаса, <i>B</i> Продуктивність, <i>P</i> Стійкість природного середовища Стійкість біоценозу	
--	--

Контрольні запитання до розділу

1. За якою формулою визначається стійкість природного середовища? Охарактеризуйте показники, які входять в цю формулу.
2. Які модифікації до формули визначення стійкості природного середовища, розробленої В.А.Барановським та В.Г.Шищечком, запропонували автори даної книги?
3. Які критерії можна використати для визначення меж вегетаційного періоду?
4. Які види рослин репрезентують негативні агрохімічні зміни ґрунтів?
5. Який показник характеризує стійкість біоценозу?
6. Як визначити валове дихання та валову первинну продукцію лучної екосистеми?
7. Які автори запропонували оцінки дихання та валової первинної продукції для трав'янистих екосистем.
8. Як визначити валове дихання та валову первинну продукцію лісової екосистеми?
9. Яким способом можна оцінити значимість чинників, які впливають на стійкість біоценозу?
10. Як змінюється співвідношення GPP/R при наближенні екосистеми до клімаксового стану?

ОБ'ЄМ СТОВБУРІВ ТА ДЕРЕВ У КОРІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ДІАМЕТРУ ТА ВИСОТИ
Таблиця 1. Об'єм стовбурів сосни в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
8	0,024	0,027	0,031	0,035	0,038	0,042	0,046										
10	0,037	0,043	0,048	0,054	0,059	0,065	0,071										
12	0,052	0,061	0,069	0,077	0,085	0,093	0,101	0,110	0,118								
14		0,082	0,093	0,104	0,114	0,125	0,136	0,148	0,160	0,173							
16		0,107	0,121	0,135	0,149	0,163	0,178	0,193	0,208	0,224	0,241						
18		0,134	0,152	0,170	0,187	0,205	0,224	0,242	0,262	0,282	0,304						
20			0,187	0,208	0,230	0,252	0,275	0,298	0,322	0,347	0,373	0,400					
22			0,225	0,251	0,277	0,304	0,331	0,359	0,388	0,418	0,450	0,482					
24			0,267	0,298	0,329	0,360	0,393	0,426	0,460	0,496	0,533	0,572	0,612				
26				0,3348	0,385	0,421	0,459	0,498	0,538	0,580	0,624	0,669	0,716	0,885			
28				0,403	0,445	0,487	0,531	0,576	0,622	0,671	0,721	0,773	0,828	0,885			
30				0,461	0,509	0,558	0,608	0,659	0,712	0,768	0,825	0,885	0,948	1,01			
32				0,523	0,577	0,633	0,690	0,748	0,808	0,871	0,936	1,00	1,08	1,15	1,23		
36				0,659	0,727	0,797	0,868	0,942	1,02	1,10	1,18	1,26	1,35	1,45	1,55		
40					0,894	0,979	1,07	1,16	1,25	1,35	1,45	1,55	1,66	1,78	1,90	2,02	
44						1,18	1,29	1,40	1,51	1,63	1,75	1,87	2,01	2,14	2,29	2,44	
48						1,40	1,53	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,38	2,54	2,71	2,86	
52						1,64	1,78	1,93	2,09	2,25	2,42	2,60	2,78	2,97	3,17	3,38	
56							2,06	2,24	2,42	2,61	2,80	3,00	3,22	3,44	3,67	3,91	
60							2,36	2,56	2,77	2,98	3,21	3,44	3,68	3,93	4,20	4,48	
64							2,68	2,91	3,14	3,38	3,64	3,90	4,18	4,46	4,77	5,08	
68							3,02	3,27	3,54	3,81	4,10	4,39	4,70	5,03	5,37	5,72	
72										4,26	4,58	4,91	5,26	5,62	6,00	6,40	6,81
76										4,74	5,09	5,46	5,85	6,25	6,67	7,11	7,53
80										5,24	5,63	6,04	6,46	6,91	7,38	7,86	8,37
84										5,76	6,19	6,64	7,11	7,60	8,11	8,65	9,21
88										6,31	6,78	7,28	7,79	8,33	8,89	9,48	10,1
92										6,89	7,40	7,94	8,50	9,08	9,70	10,3	11,0
96										7,48	8,04	8,63	9,24	9,87	10,5	11,2	12,0
100										8,11	8,71	9,35	10,0	10,7	11,4	12,2	13,0

Таблиця 2. Об'єм стовбурів сосни в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м															
	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
2	0,00096	0,00411														
4	0,00361	0,00429	0,00494	0,0062	0,0075											
6	0,0079	0,0093	0,0107	0,0135	0,0162	0,0190										
8	0,0136	0,0162	0,0186	0,0234	0,0282	0,0329	0,0377									
10		0,0248	0,0285	0,0359	0,0432	0,0504	0,0577	0,065								
12			0,0405	0,0509	0,0612	0,0715	0,0819	0,092	0,103	0,114						
14				0,0684	0,0822	0,0960	0,110	0,124	0,139	0,153	0,169					
16					0,106	0,124	0,142	0,160	0,179	0,198	0,218	0,238				
18					0,133	0,155	0,178	0,201	0,224	0,248	0,273	0,298	0,324			
20						0,190	0,218	0,246	0,274	0,304	0,334	0,365	0,397	0,429		
22							0,261	0,295	0,329	0,364	0,401	0,438	0,476	0,515		
24								0,348	0,389	0,430	0,474	0,517	0,562	0,609		
26									0,453	0,502	0,552	0,603	0,655	0,710	0,766	
28									0,522	0,578	0,636	0,694	0,755	0,818	0,882	0,949
30										0,660	0,725	0,793	0,862	0,933	1,01	1,08
32											0,821	0,897	0,975	1,06	1,14	1,22

Таблиця 3. Об'єм стовбурів ялини в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
8	0,019	0,023	0,027	0,031	0,035	0,039	0,044											
10	0,029	0,035	0,042	0,048	0,055	0,061	0,068	0,074										
12		0,051	0,059	0,069	0,079	0,088	0,098	0,107	0,117									
14		0,069	0,082	0,095	0,107	0,120	0,133	0,146	0,159	0,172	0,185							
16		0,090	0,107	0,123	0,140	0,157	0,174	0,191	0,208	0,225	0,242							
18			0,135	0,156	0,178	0,199	0,220	0,242	0,263	0,284	0,306	0,327	0,349					
20			0,167	0,193	0,219	0,246	0,272	0,298	0,325	0,351	0,378	0,404	0,430	0,457				
24				0,278	0,316	0,354	0,392	0,430	0,468	0,506	0,544	0,582	0,620	0,658	0,696			
28				0,378	0,430	0,482	0,533	0,585	0,637	0,688	0,740	0,792	0,844	0,895	0,947	0,999		
32				0,494	0,561	0,629	0,696	0,764	0,832	0,899	0,967	1,03	1,10	1,17	1,24	1,30		
36					0,710	0,796	0,881	0,967	1,05	1,14	1,22	1,31	1,39	1,48	1,57	1,65	1,74	
40						0,983	1,09	1,19	1,30	1,40	1,51	1,62	1,72	1,83	1,93	2,04	2,14	
44						1,19	1,32	1,44	1,57	1,70	1,83	1,96	2,08	2,21	2,34	2,47	2,59	
48							1,57	1,72	1,87	2,02	2,18	2,33	2,48	2,63	2,78	2,94	3,09	3,24
52							1,84	2,02	2,20	2,37	2,55	2,73	2,91	3,09	3,27	3,44	3,62	3,80
56							2,13	2,34	2,55	2,75	2,96	3,17	3,37	3,58	3,79	4,00	4,20	4,41
60								2,69	2,92	3,16	3,40	3,64	3,87	4,11	4,35	4,59	4,82	5,06
64									3,33	3,60	3,87	4,14	4,41	4,68	4,95	5,22	5,49	5,76
68									3,76	4,06	4,37	4,67	4,98	5,28	5,59	5,89	6,20	6,50
72										4,55	4,89	5,24	5,58	5,92	6,26	6,60	6,95	7,29
76											5,45	5,83	6,21	6,60	6,98	7,36	7,74	8,12
80											6,04	6,46	6,89	7,31	7,73	8,15	8,58	9,00
84											6,66	7,13	7,59	8,06	8,52	8,99	9,45	9,92
88											7,31	7,82	8,33	8,84	9,35	9,87	10,4	10,9
92											7,99	8,55	9,11	9,67	10,2	10,8	11,3	11,9
96											8,70	9,31	9,92	10,5	11,1	11,7	12,3	13,0
100											9,44	10,1	10,8	11,4	12,1	12,7	13,4	14,1

Таблиця 4. Об'єм стовбурів ялини середньогірського поясу Карпат в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м															
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40
8	0,0226	0,0282	0,0339	0,0395	0,0452	0,0511										
10	0,0345	0,0427	0,0512	0,0598	0,0685	0,0773	0,0863									
12	0,0480	0,0598	0,0717	0,0837	0,0958	0,108	0,121	0,134								
14	0,0636	0,0793	0,0951	0,111	0,127	0,144	0,160	0,177	0,195	0,213						
16	0,0812	0,101	0,121	0,142	0,162	0,183	0,205	0,226	0,249	0,272						
18		0,125	0,150	0,176	0,201	0,227	0,253	0,281	0,309	0,337	0,367	0,398				
20		0,152	0,182	0,213	0,243	0,275	0,307	0,340	0,374	0,409	0,445	0,483	0,522			
24		0,211	0,253	0,296	0,339	0,383	0,427	0,473	0,521	0,570	0,620	0,673	0,728	0,786		
28			0,335	0,391	0,448	0,506	0,565	0,626	0,689	0,754	0,821	0,891	0,964	1,04	1,12	
32			0,426	0,498	0,570	0,644	0,720	0,797	0,878	0,961	1,05	1,14	1,23	1,33	1,43	
36				0,616	0,706	0,797	0,891	0,988	1,09	1,19	1,30	1,41	1,53	1,65	1,78	1,91
40					0,855	0,966	1,08	1,20	1,32	1,44	1,57	1,71	1,85	2,00	2,15	2,32
44					1,02	1,15	1,28	1,42	1,57	1,72	1,87	2,03	2,20	2,38	2,57	2,76
48						1,35	1,50	1,67	1,84	2,01	2,19	2,38	2,58	2,79	3,01	3,24
52						1,56	1,74	1,93	2,13	2,33	2,54	2,76	2,99	3,24	3,49	3,76
56						1,78	1,99	2,21	2,44	2,67	2,91	3,17	3,43	3,71	4,01	4,31
60							2,26	2,51	2,77	3,03	3,31	3,60	3,90	4,22	4,55	4,90
64								2,83	3,11	3,41	3,73	4,05	4,39	4,75	5,13	5,53
68								3,16	3,48	3,82	4,17	4,53	4,92	5,32	5,74	6,19
72									3,87	4,24	4,63	5,04	5,47	5,92	6,39	6,89
76										4,69	5,12	5,57	6,05	6,54	7,07	7,62
80										5,16	5,64	6,13	6,65	7,20	7,78	8,39
84										5,65	6,17	6,72	7,29	7,89	8,52	9,19
88										6,16	6,73	7,33	7,95	8,61	9,30	10,0
92										6,70	7,32	7,96	8,64	9,36	10,1	10,9
96										7,25	7,92	8,62	9,36	10,1	11,0	11,8
100										7,83	8,53	9,31	10,1	10,9	11,8	12,8

Таблиця 5. Об'єм стовбурів ялини верхньогірського пояса Карпат в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																			
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40			
8	0,00232	0,0289	0,0347	0,0404	0,0462	0,0521														
10	0,0349	0,0436	0,0522	0,0609	0,0697	0,0785	0,0874													
12	0,0487	0,0607	0,0728	0,849	0,0970	0,109	0,122	0,134												
14	0,0642	0,0801	0,0960	0,112	0,128	0,144	0,161	0,177	0,194	0,211										
16	0,0815	0,102	0,122	0,142	0,162	0,183	0,204	0,225	0,246	0,268										
18		0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,251	0,277	0,304	0,330	0,358	0,386								
20		0,151	0,181	0,211	0,241	0,271	0,302	0,334	0,365	0,398	0,431	0,465	0,500							
24		0,207	0,248	0,290	0,331	0,373	0,416	0,459	0,503	0,548	0,593	0,641	0,689	0,739						
28			0,324	0,378	0,433	0,487	0,543	0,599	0,657	0,716	0,776	0,838	0,901	0,967	1,03					
32			0,408	0,476	0,545	0,614	0,684	0,755	0,827	0,902	0,978	1,06	1,14	1,22	1,30					
36				0,583	0,667	0,751	0,837	0,924	1,01	1,10	1,20	1,29	1,39	1,49	1,60	1,71				
40					0,798	0,900	1,00	1,11	1,21	1,32	1,44	1,55	1,67	1,79	1,92	2,05				
44					0,940	1,06	1,18	1,30	1,43	1,56	1,69	1,83	1,97	2,11	2,27	2,42				
48						1,23	1,37	1,51	1,66	1,81	1,96	2,12	2,29	2,46	2,63	2,82	3,00			
52						1,41	1,57	1,74	1,90	2,08	2,25	2,44	2,63	2,82	3,02	3,23	3,45			
56						1,60	1,78	1,97	2,16	2,36	2,56	2,77	2,98	3,21	3,44	3,68	3,93			
60							2,01	2,22	2,43	2,66	2,88	3,12	3,36	3,61	3,87	4,15	4,43			
64								2,48	2,72	2,97	3,22	3,49	3,76	4,04	4,33	4,64	4,96			
68								2,75	3,02	3,29	3,58	3,87	4,17	4,49	4,82	5,16	5,51			
72									3,33	3,64	3,95	4,27	4,61	4,96	5,32	5,70	6,09			
76										3,99	4,34	4,69	5,06	5,45	5,84	6,26	6,69			
80										4,36	4,74	5,13	5,54	5,96	6,39	6,85	7,32			
84										4,75	5,16	5,59	6,03	6,49	6,96	7,46	7,98			
88										5,15	5,60	6,06	6,54	7,04	7,55	8,10	8,66			
92										5,56	6,05	6,55	7,07	7,61	8,17	8,76	9,37			
96										5,99	6,51	7,05	7,61	8,20	8,80	9,44	10,1			
100										6,44	7,00	7,58	8,18	8,81	9,46	10,1	10,9			

Таблиця 6. Об'єм стовбурів ялиці в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																	
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
8	0,00232	0,0289	0,0347	0,0404	0,0462	0,0521												
10	0,0349	0,0436	0,0522	0,0609	0,0697	0,0785	0,0874											
12	0,0487	0,0607	0,0728	0,849	0,0970	0,109	0,122	0,134										
14	0,0642	0,0801	0,0960	0,112	0,128	0,144	0,161	0,177	0,194	0,211								
16	0,0815	0,102	0,122	0,142	0,162	0,183	0,204	0,225	0,246	0,268								
18		0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,251	0,277	0,304	0,330	0,358	0,386						
20		0,151	0,181	0,211	0,241	0,271	0,302	0,334	0,365	0,398	0,431	0,465	0,500					
24		0,207	0,248	0,290	0,331	0,373	0,416	0,459	0,503	0,548	0,593	0,641	0,689	0,739				
28			0,324	0,378	0,433	0,487	0,543	0,599	0,657	0,716	0,776	0,838	0,901	0,967	1,03			
32			0,408	0,476	0,545	0,614	0,684	0,755	0,827	0,902	0,978	1,06	1,14	1,22	1,30			
36				0,583	0,667	0,751	0,837	0,924	1,01	1,10	1,20	1,29	1,39	1,49	1,60	1,71		
40					0,798	0,900	1,00	1,11	1,21	1,32	1,44	1,55	1,67	1,79	1,92	2,05		
44					0,940	1,06	1,18	1,30	1,43	1,56	1,69	1,83	1,97	2,11	2,27	2,42		
48						1,23	1,37	1,51	1,66	1,81	1,96	2,12	2,29	2,46	2,63	2,82	3,00	
52						1,41	1,57	1,74	1,90	2,08	2,25	2,44	2,63	2,82	3,02	3,23	3,45	
56						1,60	1,78	1,97	2,16	2,36	2,56	2,77	2,98	3,21	3,44	3,68	3,93	
60							2,01	2,22	2,43	2,66	2,88	3,12	3,36	3,61	3,87	4,15	4,43	
64								2,48	2,72	2,97	3,22	3,49	3,76	4,04	4,33	4,64	4,96	
68								2,75	3,02	3,29	3,58	3,87	4,17	4,49	4,82	5,16	5,51	
72									3,33	3,64	3,95	4,27	4,61	4,96	5,32	5,70	6,09	
76										3,99	4,34	4,69	5,06	5,45	5,84	6,26	6,69	
80										4,36	4,74	5,13	5,54	5,96	6,39	6,85	7,32	
84										4,75	5,16	5,59	6,03	6,49	6,96	7,46	7,98	
88										5,15	5,60	6,06	6,54	7,04	7,55	8,10	8,66	
92										5,56	6,05	6,55	7,07	7,61	8,17	8,76	9,37	
96										5,99	6,51	7,05	7,61	8,20	8,80	9,44	10,1	
100										6,44	7,00	7,58	8,18	8,81	9,46	10,1	10,9	

Таблиця 7. Об'єм стовбурів дуба в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
8	0,017	0,023	0,028	0,034	0,039	0,044											
10	0,027	0,035	0,043	0,052	0,060	0,068	0,076										
12	0,038	0,050	0,061	0,073	0,085	0,096	0,108	0,119									
14	0,051	0,067	0,082	0,098	0,114	0,129	0,145	0,160	0,176								
16		0,086	0,107	0,127	0,147	0,169	0,187	0,207	0,227	0,246							
18		0,108	0,134	0,159	0,184	0,209	0,234	0,259	0,284	0,309	0,333						
20			0,163	0,195	0,226	0,256	0,287	0,317	0,348	0,378	0,408	0,438					
22			0,196	0,234	0,271	0,308	0,344	0,381	0,417	0,454	0,409	0,526					
24			0,232	0,276	0,320	0,364	0,407	0,450	0,493	0,536	0,579	0,621	0,664				
26				0,322	0,373	0,424	0,474	0,525	0,575	0,625	0,675	0,724	0,774				
28				0,371	0,430	0,489	0,547	0,605	0,663	0,720	0,778	0,835	0,892	0,949			
30				0,479	0,491	0,558	0,624	0,690	0,756	0,822	0,888	0,953	1,02	1,08			
32				0,600	0,555	0,631	0,706	0,781	0,856	0,930	1,00	1,08	1,15	1,23	1,30		
36					0,696	0,791	0,885	0,979	1,07	1,17	1,26	1,35	1,44	1,54	1,63	1,72	
40					0,852	0,968	1,08	1,20	1,31	1,43	1,54	1,65	1,77	1,88	1,99	2,10	
44					1,023	1,162	1,30	1,44	1,58	1,71	1,85	1,99	2,12	2,26	2,39	2,53	
48					1,208	1,373	1,54	1,70	1,86	2,02	2,19	2,35	2,51	2,67	2,83	2,98	
52					1,408	1,601	1,76	1,98	2,17	2,36	2,55	2,73	2,92	3,11	3,29	3,48	
56							2,07	2,28	2,50	2,72	2,94	3,15	3,37	3,58	3,80	4,01	4,22
60								2,61	2,86	3,10	3,35	3,60	3,84	4,09	4,33	4,58	4,82
64									3,23	3,51	3,79	4,07	4,35	4,63	4,90	5,18	5,46
68									3,63	3,95	4,26	4,57	4,89	5,20	5,51	5,82	6,13
72										4,40	4,75	5,10	5,45	5,80	6,15	6,49	6,84
76												5,66	6,05	6,43	6,82	7,20	7,58
80													6,67	7,10	7,52	7,95	8,37
84													7,33	7,79	8,26	8,72	9,19
88													8,01	8,52	9,03	9,54	10,0
92													8,72	9,28	9,83	10,4	10,9
96													9,46	10,1	10,7	11,3	11,9
100													10,2	10,9	11,5	12,2	12,8

Таблиця 8. Об'єм стовбурів бука одновікового в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м														
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
8	0,0208	0,0258	0,0308	0,0357	0,0405	0,0453									
10	0,0318	0,0396	0,0473	0,0550	0,0625	0,0700	0,0774								
12	0,0449	0,0560	0,0670	0,0779	0,0888	0,0996	0,110	0,121							
14	0,0599	0,0747	0,0896	0,104	0,119	0,134	0,149	0,163	0,178	0,193					
16	0,0765	0,0957	0,115	0,134	0,153	0,173	0,192	0,212	0,231	0,250					
18		0,119	0,143	0,167	0,192	0,216	0,241	0,266	0,290	0,316	0,341	0,366			
20		0,144	0,173	0,203	0,233	0,264	0,294	0,325	0,356	0,388	0,420	0,452	0,484		
24		0,206	0,248	0,291	0,334	0,378	0,422	0,466	0,510	0,555	0,601	0,646	0,692	0,739	
28			0,333	0,390	0,447	0,505	0,563	0,622	0,681	0,740	0,800	0,861	0,922	0,983	1,04
32			0,427	0,500	0,573	0,647	0,721	0,796	0,871	0,946	1,02	1,10	1,18	1,25	1,33
36				0,623	0,714	0,805	0,897	0,989	1,08	1,17	1,27	1,36	1,46	1,55	1,65
40					0,869	0,908	1,09	1,20	1,31	1,43	1,54	1,65	1,77	1,88	2,00
44					1,04	1,17	1,30	1,44	1,57	1,70	1,84	1,97	2,11	2,24	2,38
48						1,38	1,54	1,69	1,85	2,00	2,16	2,32	2,47	2,63	2,79
52						1,61	1,79	1,97	2,15	2,33	2,51	2,69	2,87	3,06	3,24
56						1,85	2,06	2,26	2,47	2,68	2,89	3,10	3,30	3,51	3,72
60							2,35	2,58	2,82	3,06	3,29	3,53	3,77	4,00	4,24
64								2,92	3,19	3,46	3,72	3,99	4,26	4,52	4,79
68								3,29	3,58	3,88	4,18	4,48	4,78	5,08	5,38
72									4,00	4,34	4,67	5,00	5,34	5,67	6,00
76										4,81	5,18	5,55	5,92	6,29	6,66
80										5,32	5,72	6,13	6,54	6,94	7,35
84										5,85	6,29	6,74	7,19	7,63	8,08
88										6,40	6,89	7,38	7,87	8,35	8,84
92										6,98	7,51	8,05	8,58	9,11	9,64
96										7,59	8,17	8,74	9,32	9,90	10,5
100										8,22	8,84	9,47	10,1	10,7	11,3

Таблиця 9. Об'єм стовбурів бука різновікового в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м														
	3	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
8	0,0176	0,0222	0,0269	0,0317	0,0365	0,0414									
10	0,0270	0,0341	0,0414	0,0488	0,0564	0,0641	0,0720								
12	0,0380	0,0482	0,0587	0,0694	0,0803	0,0916	0,103	0,115							
14	0,0506	0,0644	0,0786	0,0932	0,108	0,124	0,140	0,156	0,173	0,198					
16	0,0647	0,0825	0,101	0,120	0,140	0,160	0,181	0,203	0,225	0,248					
18		0,102	0,126	0,150	0,175	0,201	0,228	0,256	0,285	0,315	0,345	0,377	0,498		
20		0,135	0,165	0,195	0,225	0,257	0,289	0,322	0,356	0,390	0,426	0,462	0,674	0,721	
24		0,194	0,234	0,276	0,317	0,360	0,403	0,446	0,491	0,535	0,581	0,627	0,881	0,940	0,999
28			0,317	0,371	0,426	0,481	0,537	0,593	0,650	0,707	0,764	0,822	1,12	1,19	1,27
32			0,412	0,481	0,551	0,621	0,692	0,763	0,833	0,905	0,976	1,05	1,39	1,48	1,57
36				0,606	0,693	0,780	0,867	0,954	1,04	1,13	1,22	1,30	1,69	1,80	1,90
40					0,852	0,958	1,06	1,17	1,27	1,38	1,48	1,59	2,03	2,15	2,27
44					1,03	1,15	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,90	2,39	2,54	2,68
48						1,37	1,52	1,66	1,81	1,96	2,10	2,25	2,79	2,96	3,12
52						1,60	1,77	1,95	2,12	2,29	2,46	2,62	3,22	3,41	3,60
56						1,85	2,05	2,25	2,45	2,64	2,84	3,03	3,68	3,89	4,11
60							2,35	2,58	2,80	3,02	3,24	3,46	4,17	4,41	4,65
64								2,93	3,18	3,43	3,68	3,93	4,74	5,00	5,25
68								3,30	3,58	3,86	4,14	4,42	5,25	5,55	5,85
72									4,01	4,32	4,63	4,94	5,83	6,17	6,50
76										4,81	5,15	5,50	6,45	6,82	7,19
80										5,32	5,70	6,08	7,10	7,51	7,91
84										5,86	6,28	6,69	7,78	8,22	8,66
88										6,42	6,88	7,33	8,49	8,97	9,45
92										7,01	7,51	8,00	9,24	9,76	10,3
96										7,63	8,17	8,71	10,0	10,6	11,1
100										8,27	8,86	9,44	10,8	11,4	12,0

Таблиця 10. Об'єм стовбурів ясеня в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34
8	0,027	0,030	0,032	0,035	0,038	0,040	0,043	0,046	0,048	0,051	0,054							
12	0,058	0,064	0,070	0,075	0,081	0,078	0,093	0,099	0,105	0,110	0,116	0,128						
16		0,110	0,120	0,130	0,140	0,151	0,161	0,171	0,181	0,191	0,201	0,221	0,241					
20			0,184	0,199	0,215	0,230	0,245	0,261	0,276	0,291	0,306	0,337	0,368	0,398				
24				0,282	0,303	0,325	0,347	0,368	0,390	0,411	0,433	0,476	0,520	0,563				
28					0,406	0,435	0,464	0,492	0,522	0,551	0,588	0,638	0,696	0,754	0,812			
32						0,529	0,565	0,600	0,635	0,670	0,706	0,776	0,847	0,917	0,988			
36							0,671	0,712	0,754	0,796	0,838	0,922	1,01	1,09	1,17	1,26		
40								0,832	0,881	0,930	0,979	1,08	1,17	1,27	1,37	1,47		
44									1,02	1,07	1,13	1,24	1,35	1,47	1,58	1,69	1,81	
48										1,22	1,26	1,42	1,55	1,68	1,80	1,93	2,06	
52											1,46	1,61	1,75	1,90	2,04	2,19	2,34	
56												1,81	1,98	2,14	2,31	2,47	2,64	2,80
60												2,03	2,22	2,40	2,59	2,77	2,96	3,14
64													2,48	2,69	2,89	3,10	3,31	3,51
68													2,76	2,99	3,22	3,45	3,68	3,91
72															3,32	3,57	3,83	4,08
76															3,67	3,95	4,23	4,52
80															4,04	4,35	4,66	4,98
																		5,29

Таблиця 11. Об'єм дерев'яся в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																26	28	30	32	34
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34			
8	0,027	0,029	0,032	0,035	0,038	0,040	0,043	0,046	0,048	0,051	0,054										
12	0,059	0,065	0,070	0,076	0,082	0,088	0,094	0,099	0,105	0,111	0,117	0,129									
16		0,114	0,124	0,134	0,145	0,155	0,165	0,176	0,186	0,197	0,207	0,228	0,248								
20			0,197	0,214	0,230	0,247	0,263	0,279	0,296	0,312	0,329	0,362	0,394	0,427							
24				0,318	0,343	0,367	0,392	0,416	0,441	0,465	0,490	0,539	0,588	0,637							
28					0,468	0,502	0,535	0,568	0,602	0,635	0,669	0,736	0,803	0,869	0,936						
32						0,632	0,674	0,717	0,759	0,801	0,843	0,927	1,01	1,10	1,18						
36							0,840	0,893	0,945	0,998	1,05	1,16	1,26	1,37	1,47	1,58					
40								1,10	1,16	1,23	1,29	1,42	1,55	1,68	1,81	1,94					
44									1,41	1,49	1,57	1,73	1,88	2,04	2,20	2,35	2,51				
48									1,78	1,88	2,06	2,25	2,44	2,63	2,81	3,00					
52										2,21	2,43	2,65	2,87	3,09	3,31	3,53	3,76				
56											2,82	3,08	3,34	3,60	3,85	4,11	4,37				
60											3,25	3,54	3,84	4,13	4,43	4,72	5,02				
64												4,03	4,37	4,70	5,04	5,37	5,71				
68												4,55	4,93	5,31	5,69	6,07	6,45				
72														5,53	5,95	6,38	6,80	7,23			
76														6,16	6,63	7,10	7,58	8,05			
80														6,82	7,35	7,87	8,40	8,92			

Таблиця 12. Об'єм стовбурів клену в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м														
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
8	0.0214	0.0256	0.0296	0.0336	0.376	0.0416									
10	0.0335	0.0401	0.0463	0.0525	0.0588	0.0650	0.0713								
12	0.0483	0.0577	0.0667	0.0757	0.0847	0.0936	0.103	0.112							
14	0.0657	0.0785	0.0907	0.103	0.115	0.127	0.140	0.152	0.164	0.176					
16	0.0858	0.103	0.119	0.135	0.150	0.166	0.182	0.198	0.214	0.230					
18		0.130	0.150	0.170	0.190	0.211	0.231	0.251	0.271	0.292	0.312	0.332			
20		0.160	0.185	0.210	0.235	0.260	0.285	0.310	0.335	0.360	0.385	0.410	0.435		
24		0.231	0.267	0.303	0.339	0.375	0.411	0.447	0.482	0.518	0.554	0.590	0.626	0.662	
28			0.363	0.412	0.461	0.510	0.559	0.608	0.657	0.706	0.755	0.804	0.855	0.901	
32			0.474	0.538	0.602	0.666	0.730	0.794	0.858	0.922	0.986	1.05	1.11	1.18	
36				0.681	0.762	0.843	0.924	1.00	1.09	1.17	1.25	1.33	1.41	1.49	
40					0.941	1.04	1.14	1.24	1.34	1.44	1.54	1.64	1.74	1.84	
44					1.14	1.26	1.38	1.50	1.62	1.74	1.86	1.98	2.11	2.23	
48						1.50	1.64	1.79	1.93	2.07	2.22	2.36	2.51	2.65	
52						1.76	1.93	2.10	2.26	2.43	2.60	2.77	2.94	3.11	
56						2.04	2.24	2.43	2.63	2.82	3.02	3.21	3.41	3.61	
60							2.57	2.79	3.02	3.24	3.47	3.69	3.91	4.14	
64								3.18	3.43	3.69	3.94	4.20	4.45	4.71	
68								3.58	3.87	4.16	4.45	4.74	5.03	5.32	
72									4.34	4.67	4.99	5.31	5.64	5.96	
76										5.20	5.56	5.92	6.28	6.64	
80										5.76	6.16	6.56	6.96	7.36	
84										6.35	6.79	7.23	7.67	8.11	
88										6.97	7.45	7.94	8.42	8.90	
92										7.62	8.15	8.68	9.20	9.73	

Таблиця 13. Об'єм стовбурів граба в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8	0,021	0,023	0,026	0,029	0,031	0,034	0,036	0,039	0,041	0,044	0,047					
12	0,044	0,050	0,055	0,061	0,066	0,072	0,077	0,083	0,088	0,094	0,099	0,105	0,110			
16			0,095	0,105	0,114	0,124	0,133	0,143	0,153	0,162	0,172	0,181	0,191	0,200	0,210	
20					0,176	0,190	0,205	0,220	0,234	0,249	0,263	0,278	0,293	0,307	0,322	0,337
24						0,264	0,285	0,305	0,325	0,346	0,366	0,386	0,407	0,427	0,447	0,468
28							0,371	0,397	0,424	0,450	0,476	0,503	0,529	0,556	0,582	0,609
32							0,470	0,503	0,537	0,570	0,604	0,637	0,671	0,704	0,738	0,771
36								0,623	0,665	0,706	0,748	0,789	0,831	0,872	0,914	0,955
40								0,757	0,808	0,858	0,909	0,959	1,01	1,06	1,11	1,16
44									0,965	1,03	1,09	1,15	1,21	1,27	1,33	1,39
48									1,14	1,21	1,28	1,35	1,42	1,49	1,57	1,64
52										1,1	1,49	1,57	1,66	1,74	1,82	1,91
56										1,62	1,72	1,82	1,91	2,01	2,10	2,20
60												2,07	2,81	2,29	2,40	2,51

Таблиця 14. Об'єм дерев граба в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8	0,021	0,023	0,026	0,029	0,031	0,034	0,036	0,039	0,042	0,044	0,047					
12	0,045	0,051	0,056	0,062	0,068	0,073	0,079	0,085	0,090	0,096	0,101	0,107	0,113			
16				0,111	0,122	0,132	0,142	0,152	0,162	0,172	0,182	0,192	0,203	0,213	0,223	
20					0,190	0,206	0,221	0,237	0,253	0,269	0,285	0,300	0,316	0,332	0,348	0,364
24						0,296	0,319	0,342	0,365	0,388	0,410	0,433	0,456	0,479	0,502	0,524
28							0,437	0,468	0,500	0,531	0,562	0,593	0,624	0,656	0,687	0,718
32								0,624	0,666	0,708	0,749	0,791	0,833	0,874	0,916	0,958
36								0,808	0,862	0,916	0,970	1,02	1,08	1,13	1,19	1,24
40									1,02	1,08	1,15	1,22	1,29	1,36	1,42	1,49
44										1,33	1,41	1,50	1,58	1,66	1,75	1,83
48										1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
52											2,00	2,12	2,24	2,36	2,48	2,59
56												2,33	2,47	2,61	2,74	2,88
60													2,84	2,99	3,15	3,31

Таблиця 15. Об'єм стовбурів осики в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
8	0,013	0,018	0,024	0,029	0,035	0,041	0,047										
10	0,019	0,027	0,036	0,044	0,053	0,063	0,072	0,082									
12		0,038	0,050	0,062	0,075	0,088	0,101	0,115	0,129								
14		0,051	0,067	0,083	0,100	0,117	0,135	0,153	0,172	0,190							
16			0,086	0,107	0,128	0,151	0,173	0,197	0,220	0,244	0,269						
18			0,107	0,133	0,160	0,188	0,216	0,245	0,275	0,305	0,335						
20				0,162	0,195	0,229	0,263	0,298	0,334	0,371	0,408	0,446					
22				0,194	0,233	0,273	0,315	0,357	0,400	0,443	0,488	0,533	0,579				
24				0,228	0,274	0,322	0,370	0,42	0,470	0,522	0,574	0,627	0,681				
26					0,319	0,374	0,430	0,488	0,546	0,606	0,667	0,728	0,791	0,854			
28					0,366	0,429	0,494	0,566	0,628	0,696	0,766	0,837	0,909	0,981			
30					0,416	0,488	0,562	0,637	0,714	0,792	0,872	0,952	1,03	1,12			
32					0,470	0,551	0,634	0,719	0,806	0,894	0,983	1,07	1,17	1,26	1,35		
36						0,687	0,790	0,896	1,00	1,11	1,23	1,34	1,45	1,57	1,69	1,81	
40								1,09	1,22	1,36	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	
44									1,46	1,62	1,78	1,95	2,12	2,29	2,46	2,63	
48									1,72	1,91	2,10	2,29	2,49	2,69	2,89	3,10	
52									2,00	2,22	2,44	2,66	2,89	3,12	3,36	3,60	
56												3,06	3,32	3,59	3,86	4,13	
60												3,48	3,78	4,08	4,39	4,70	
64												3,93	4,27	4,61	4,95	5,30	
68												4,40	4,78	5,16	5,55	5,94	
72												4,90	5,32	5,74	6,17	6,61	
76												5,42	5,88	6,35	6,83	7,31	
80												5,96	6,48	6,99	7,52	8,05	

Таблиця 16. Об'єм стовбурів вільхи в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
8	0,0229	0,0269	0,0312	0,0355	0,0398	0,0441											
10	0,0357	0,0421	0,0488	0,0555	0,0622	0,0689	0,0756										
12	0,0515	0,0606	0,0702	0,0799	0,0896	0,0992	0,109	0,119									
14	0,0701	0,0824	0,0956	0,109	0,122	0,135	0,148	0,161	0,175	0,188							
16	0,0915	0,108	0,125	0,142	0,159	0,176	0,194	0,211	0,228	0,245							
18		0,136	0,158	0,180	0,202	0,223	0,245	0,267	0,289	0,310	0,332	0,354					
20		0,168	0,195	0,222	0,249	0,276	0,303	0,329	0,356	0,383	0,410	0,437	0,464				
24		0,242	0,281	0,320	0,358	0,397	0,436	0,474	0,513	0,552	0,590	0,629	0,668	0,706			
28			0,382	0,435	0,488	0,540	0,593	0,646	0,698	0,751	0,803	0,856	0,909	0,961	1,01		
32			0,499		0,568	0,637	0,706	0,774	0,843	0,912	0,981	1,05	1,12	1,19	1,26	1,32	
36				0,719	0,806	0,893	0,980	1,07	1,15	1,24	1,33	1,42	1,50	1,59	1,68	1,76	
40					0,995	1,10	1,21	1,32	1,42	1,53	1,64	1,75	1,85	1,96	2,07	2,18	
44					0,20	1,33	1,46	1,59	1,72	1,85	1,98	2,11	2,24	2,37	2,50	2,63	
48						1,59	1,74	1,90	2,05	2,21	2,36	2,52	2,67	2,83	2,98	3,13	3,29
52						1,86	2,04	2,23	2,41	2,59	2,77	2,95	3,13	3,32	3,50	3,68	3,86
56						2,16	2,37	2,58	2,79	3,00	3,21	3,42	3,63	3,85	4,06	4,27	4,48
60							2,72	2,96	3,21	3,45	3,69	3,93	4,17	4,41	4,66	4,90	5,14
64								3,37	3,65	3,92	4,20	4,47	4,75	5,02	5,30	5,57	5,85
68								3,81	4,12	4,43	4,74	5,05	5,36	5,67	5,98	6,29	6,60
72									4,62	4,96	5,31	5,66	6,01	6,36	6,70	7,05	7,40
76										5,53	5,92	6,31	6,69	7,08	7,47	7,86	8,25
80										6,13	6,56	6,99	7,42	7,85	8,28	8,71	9,14

Таблиця 17. Об'єм стовбурів акції в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8	0,0236	0,0256	0,0297	0,0337	0,0337	0,0417						
10	0,0338	0,0401	0,0463	0,0526	0,0589	0,0652	0,0715					
12	0,0487	0,0577	0,0667	0,0758	0,0848	0,0939	0,103	0,112		0,177		
14	0,0663	0,0785	0,0908	0,103	0,115	0,128	0,140	0,152	0,165	0,231		
16	0,0866	0,103	0,119	0,135	0,151	0,167	0,183	0,199	0,215	0,293	0,313	0,333
18		0,130	0,150	0,170	0,191	0,211	0,232	0,252	0,272	0,361	0,386	0,412
20		0,160	0,185	0,210	0,236	0,261	0,286	0,311	0,336	0,520	0,556	0,593
24		0,231	0,267	0,303	0,339	0,375	0,412	0,448	0,484	0,708	0,757	0,807
28			0,363	0,413	0,462	0,511	0,560	0,610	0,659	0,925	0,989	1,05
32			0,475	0,539	0,603	0,668	0,732	0,796	0,861	1,17	1,25	1,33
36				0,682	0,763	0,845	0,926	1,01	1,09	1,45	1,55	1,66
40					0,942	1,04	1,14	1,24	1,34	1,75	1,87	1,99
44					1,14	1,26	1,38	1,51	1,63	2,08	2,23	2,37
48						1,50	1,65	1,79	1,94	2,44	2,61	2,78
52						1,76	1,93	2,10	2,27	2,83	3,03	3,23
56						2,04	2,24	2,44	2,64	3,25	3,48	3,70
60							2,57	2,80	3,03			

Таблиця 18. Об'єм стовбурів дуба черешчатого в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
8	0,015	0,016	0,017	0,019	0,020	0,021						
12	0,033	0,036	0,039	0,042	0,045	0,048	0,051	0,054	0,057	0,060		
16		0,065	0,070	0,075	0,081	0,086	0,091	0,097	0,100	0,107	0,113	0,118
20					0,126	0,134	0,143	0,151	0,159	0,167	0,175	0,185
24							0,205	0,217	0,229	0,241	0,253	0,265
28									0,312	0,329	0,345	0,361
32											0,450	0,471
36												0,570
40												0,704
44												
48												
52												
56												
60												
64												

Діаметр, см	Висота, м											
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
8												
12												
16	0,127	0,128	0,134									
20	0,191	0,200	0,209	0,217	0,225							
24	0,277	0,289	0,301	0,313	0,325	0,337	0,348					
28	0,378	0,394	0,410	0,426	0,442	0,458	0,475	0,492				
32	0,493	0,514	0,535	0,556	0,577	0,598	0,618	0,640	0,661	0,682		
36	0,596	0,624	0,650	0,678	0,704	0,731	0,758	0,785	0,812	0,839	0,865	
40	0,737	0,770	0,803	0,837	0,869	0,902	0,956	0,970	1,00	1,04	1,07	1,10
44	0,891	0,932	0,986	1,03	1,07	1,11	1,18	1,19	1,23	1,27	1,31	1,39
48		1,16	1,21	1,25	1,30	1,35	1,40	1,44	1,49	1,54	1,59	1,63
52			1,41	1,47	1,53	1,58	1,64	1,70	1,75	1,80	1,86	1,92
56				1,70	1,77	1,84	1,90	1,97	2,03	2,09	2,16	2,22
60					2,03	2,11	2,18	2,26	2,33	2,40	2,48	2,55
64						2,40	2,48	2,57	2,65	2,73	2,82	2,91

Таблиця 19. Об'єм малих стовбурів дуба в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м													
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
1	0.22	0.25	0.30	0.34	0.38	0.41								
2	0.60	0.71	0.81	0.92	1.02	1.13	1.23	1.34						
3	1.23	1.45	1.66	1.87	2.09	2.30	2.51	2.73	2.94					
4	2.00	2.35	2.69	3.04	3.39	3.74	4.08	4.43	4.78	5.12	5.47			
5			3.85	4.35	4.85	5.34	5.84	6.34	6.83	7.33	7.83	8.32	8.82	9.32
6				6.58	7.33	8.08	8.84	9.59	10.34	11.09	11.84	12.59	13.34	14.09
7					9.64	10.63	11.62	12.61	13.59	14.58	15.57	16.56	17.54	18.53
8						13.80	15.09	16.37	17.65	18.93	20.21	21.50	22.78	24.06

Таблиця 20. Об'єм стовбурів акації в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
1,0	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31											
1,5	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,68										
2,0	0,79	0,85	0,91	0,97	1,04	1,10	1,16	1,23	1,29								
2,5		1,30	1,39	1,49	1,59	1,68	1,78	1,87	1,97	2,07							
3,0			1,96	2,09	2,23	2,36	2,50	2,63	2,77	2,91	3,04	3,17					
3,5				2,85	3,03	3,22	3,40	3,59	3,77	3,95	4,14	4,32	4,50	4,69			
4,0					3,92	4,16	4,39	4,63	4,87	5,11	5,34	5,58	5,81	6,05	6,29		
4,5						2,53	5,53	5,83	6,12	6,43	6,72	7,02	7,32	7,62	7,91	8,21	
5,0							6,79	7,16	7,52	7,90	8,26	8,63	8,99	9,36	9,72	10,09	10,46
5,5								8,61	9,05	9,49	9,93	10,37	10,81	11,25	11,69	12,13	12,57
6,0								10,21	10,73	11,26	11,78	12,30	12,82	13,35	13,87	14,40	14,92
6,5									12,56	13,18	13,79	14,40	15,01	15,63	16,24	16,85	17,46
7,0										15,22	15,92	16,68	17,34	18,05	18,75	19,46	20,16
7,5											18,24	19,05	19,86	20,67	21,48	22,29	23,10
8,0												21,62	22,53	23,45	24,37	25,29	26,21

Таблиця 21. Об'єм стовбурів берези в корі в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м															
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
8	0,015	0,020	0,026	0,031	0,037	0,042	0,048									
10	0,022	0,030	0,038	0,046	0,054	0,063	0,071	0,080								
12		0,041	0,052	0,063	0,075	0,086	0,098	0,110	0,121							
14		0,054	0,068	0,083	0,098	0,113	0,128	0,144	0,159							
16			0,086	0,105	0,124	0,143	0,162	0,182	0,201	0,221						
18			0,106	0,129	0,152	0,176	0,200	0,223	0,247	0,272	0,296					
20			0,128	0,155	0,183	0,212	0,240	0,269	0,298	0,327	0,356					
22			0,151	0,184	0,217	0,250	0,284	0,318	0,352	0,386	0,421	0,456				
24				0,214	0,252	0,291	0,331	0,370	0,410	0,450	0,490	0,531				
26				0,246	0,290	0,335	0,380	0,426	0,472	0,518	0,564	0,611	0,658			
28				0,280	0,331	0,382	0,433	0,485	0,537	0,590	0,643	0,696	0,749			
30				0,317	0,373	0,431	0,489	0,548	0,606	0,666	0,725	0,786	0,846			
32					0,418	0,483	0,548	0,613	0,679	0,746	0,812	0,880	0,947	1,02		
36					0,514	0,593	0,673	0,754	0,835	0,917	1,00	1,08	1,16	1,25		
40							0,810	0,907	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50		
44							0,958	0,07	1,38	1,52	1,6	1,79	1,93	2,07	2,21	
48										1,75	1,90	2,06	2,22	2,38	2,54	
52										1,99	2,17	2,35	2,53	2,71	2,89	
56										2,25	2,45	2,65	2,85	3,06	3,26	
60										2,52	2,74	2,97	3,20	3,43	3,66	
64										2,80	3,05	3,30	3,56	3,81	4,07	
68										3,09	3,37	3,65	3,93	4,21	4,50	
72										3,40	3,71	4,01	4,32	4,63	4,94	
76																

Таблиця 22. Об'єм маломірних стовбурів осики в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м																
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
1,0	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44										
1,5	0,50	0,54	0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84									
2,0	0,78	0,85	0,93	1,01	1,08	1,16	1,23	1,31	1,39								
2,5		1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12							
3,0			1,84	2,00	2,15	2,30	2,45	2,60	2,75	2,91	3,06						
3,5				2,59	2,79	2,99	3,18	3,38	3,57	3,77	3,97	4,17					
4,0					3,55	3,80	4,05	4,30	4,55	4,80	5,05	5,30	5,55				
4,5						4,67	4,97	5,28	5,59	5,90	6,20	6,51	6,82	7,13			
5,0							6,04	6,41	6,79	7,16	7,53	7,81	8,28	8,65	9,03		
5,5								7,63	8,07	8,52	8,96	9,40	9,85	10,29	10,74	11,18	
6,0									9,50	10,02	10,54	11,07	11,59	12,11	12,63	13,16	13,68
6,5										11,59	12,19	12,80	13,40	14,00	14,61	15,21	15,82
7,0											14,03	14,73	15,42	16,12	16,81	17,51	18,20
7,5												16,75	17,54	18,33	19,21	19,91	20,71
8,0													19,84	20,74	21,63	22,53	23,42

Таблиця 23. Об'єм маломірних стовбурів вільхи чорної в залежності від діаметру та висоти, м³

Діаметр, см	Висота, м									
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
1,0	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35				
1,5	0,39	0,45	0,50	0,55	0,60	0,66	0,71			
2,0	0,63	0,72	0,80	0,88	0,97	1,05	1,13	1,22		
2,5		1,05	1,17	1,29	1,42	1,54	1,6	1,78	1,90	2,03
3,0			1,61	1,78	1,95	2,12	2,29	2,5	2,62	2,79
3,5				2,36	2,58	2,80	3,03	3,25	3,47	3,69
4,0					3,29	3,57	3,85	4,14	4,42	4,71
4,5						4,43	4,78	5,13	5,49	5,84
5,0							5,81	6,24	6,67	7,09
5,5							6,96	7,47	7,98	8,50
6,0								8,77	9,37	9,97
6,5									10,92	11,62
7,0										13,37
7,5										15,27
8,0										18,30
										19,37
										20,39
										21,43
										22,47
										23,51
										24,55
										11,57
										12,97
										13,58
										14,18
										15,13
										15,83
										16,73
										17,40
										18,20
										19,24
										20,80
										21,98
										23,51
										24,55

**Таблиця 24. Об'єм маломірних стовбурів ялини
залежно від діаметру та висоти, м³**

Діаметр, см	Висота, м															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	3	5														
2	8	11	13	15												
3		16	21	26	32											
4		24	34	43	52	62										
5				49	60	71	82	93								
6					81	95	108	121	135							
7						120	142	165	187	209						
8						165	192	220	247	274	301					
9							225	261	297	333	369	405				
10							255	301	347	393	439	485	531	577		
11								370	419	468	517	566	615	664	713	
12								458	512	566	620	674	728	782	836	
13									595	662	729	796	863	930	997	
14										721	807	893	979	1065	1151	
15											891	995	1099	1203	1307	

**Таблиця 25. Об'єм маломірних стовбурів ялини залежно
від діаметру та висоти, м³**

Діаметр, см	Висота, м															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	3	6														
2	6	9	12	15	18	21	24									
3				24	29	34	39									
4				38	44	51	58	64	71	78	84					
5				65	73	81	88	96	104	112	120					
6						115	132	148	165	182	198	215				
7						140	161	183	204	226	247	268	290			
8							200	231	262	292	323	354	385			
9							251	281	311	342	372	402	433	463		
10									395	432	468	505	541	578	614	
11										500	544	588	632	676	720	
12										565	625	685	745	805	865	
13											775	829	882	936	990	
14											885	941	997	1054	1109	
15											927	1025	1123	1222	1320	

Таблиця 26. Поточний об'ємний приріст стовбурів сосни, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см											
	0,08	0,12	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,52
10	14	18	22	25	28	31						
12	18	24	29	33	37	41	45	48				
14	23	30	36	42	47	52	56	61				
16	28	37	44	51	57	63	69	74	80	85		
18	34	44	53	61	68	76	82	89	95	101		
20	39	51	62	71	80	86	97	104	112	119	125	132
24	52	67	81	94	106	117	127	137	147	156	165	174
28	65	85	102	118	133	147	160	173	185	197	208	220
32	80	104	125	145	163	180	196	212	227	241	255	269
36	96	124	150	173	195	215	234	253	271	288	305	321
40		146	176	203	228	252	275	297	317	338	357	376
44		168	203	234	264	291	317	343	367	390	412	434
48		192	231	267	301	332	362	391	418	445	470	495
52		217	261	301	339	375	408	441	472	502	531	559
56		242	292	337	379	419	457	493	528	561	594	625
60		269	324	374	421	465	507	547	586	623	659	694
64		296	357	412	464	513	559	603	646	687	726	
68		325	391	452	508	562	612	661	707	725	796	
72		354	427	493	554	612	668	720	771	820	868	
76		384	463	535	601	664	724	782	837	890		
80		415	500	578	650	718	783	845	904			

Таблиця 27. Текучий об'ємний приріст стовбурів культур сосни, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см																	
	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80
8	13	15	17	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29					
10	20	23	26	28	30	32	34	36	38	39	41	43	44	45	46			
12	29	33	37	40	43	46	48	51	53	55	58	60	62	64	65	67	69	
14	38	44	49	53	57	61	65	68	71	74	77	80	82	85	87	90	92	94
16	49	56	63	68	74	78	83	87	91	95	99	102	106	109	112	115	118	121
18	62	70	78	85	92	98	103	109	114	119	123	127	132	136	140	144	147	151
20	75	86	95	104	112	119	126	132	139	144	150	155	161	166	170	175	180	184
22		103	114	124	134	143	151	158	166	173	179	186	192	198	204	209	215	220
24		121	134	147	158	168	178	187	195	203	211	219	226	233	240	246	253	259
26		141	156	170	183	195	206	217	227	236	246	254	263	271	279	287	294	301
28		162	180	196	211	224	237	249	261	279	282	292	302	311	320	329	338	346
30		184	204	223	240	255	270	284	297	309	321	333	344	354	365	375	384	394
32		208	231	251	270	288	305	320	335	349	362	375	388	400	412	423	434	444
36			288	314	337	359	308	399	418	435	452	468	484	499	513	527	541	554
40			351	382	411	438	463	487	509	531	551	571	590	608	626	643	659	676
44				457	492	542	554	582	609	634	659	682	705	727	748	769	788	808
48				538	579	617	652	685	717	747	776	803	830	856	881	905	928	951

Таблиця 28. Поточний об'ємний приріст стовбурів ялини Карпат, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см															
	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68
12	13	18	23	27	31											
14	18	25	31	36	42	47										
16	24	32	40	47	54	61	68									
18	29	40	50	59	68	76	84	92								
20	36	49	61	72	83	93	103	112	122							
24	50	67	84	99	114	128	142	155	168	181	193					
28	64	87	109	129	148	167	184	202	218	235	251	267	282			
32	80	108	135	160	183	206	228	250	270	291	311	303	349	368	386	
36	95	129	161	190	219	246	272	298	323	347	371	394	417	439	461	483
40	110	150	186	221	254	285	316	345	374	402	430	457	483	509	535	560
44	125	170	211	250	288	323	358	391	424	456	487	518	548	577	606	635
48	139	189	235	278	320	360	398	435	472	507	542	576	609	642	674	706
52	152	207	257	305	350	393	436	476	516	555	593	630	667	702	738	773
56	164	223	278	329	378	425	470	514	557	599	640	680	720	758	796	834
60	175	238	296	351	403	453	502	549	594	639	683	726	768	809	850	890
64	185	251	313	371	426	479	530	579	628	675	721	766	811	854	897	940
68	193	263	327	388	445	501	554	606	657	706	755	802	849	894	939	983
72	201	273	340	403	463	520	576	630	682	733	784	833	881	928	975	1021
76	207	282	350	415	477	536	593	649	703	756	808	859	908	957	1005	1055
80	212	288	359	425	489	549	608	665	720	775	828	879	930	981	1030	1078

Таблиця 29. Поточний об'ємний приріст стовбурів дуба, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см										
	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48
8	7	9	11	12	15	17	18	20	21		
10	10	13	16	19	21	24	26	29	31	33	
12	13	18	22	25	29	32	36	39	42	45	48
14	17	23	28	33	37	42	46	50	54	58	61
16	21	28	35	41	47	52	57	62	67	72	77
18	26	35	43	50	57	63	70	76	82	88	93
20	31	41	51	59	68	75	83	90	97	104	111
24	42	56	68	80	91	102	112	122	132	141	150
28	54	72	88	104	118	132	145	158	170	182	193
32	67	90	110	129	147	164	181	196	212	227	241
36	82	109	134	157	179	199	219	239	257	275	293
40	97	130	159	187	213	237	261	284	306	328	349
44	114	152	186	219	249	278	306	333	359	384	408
48	131	175	215	252	288	321	353	384	414	443	472
52	150	200	246	288	328	366	403	438	473	506	538
56	169	226	278	326	371	414	456	496	534	572	609
60	190	253	311	406	416	464	511	556	599	641	682
64	211	282	346	446	463	517	568	618	666	713	759
68	233	312	383	449	511	571	628	683	737	789	839
72	256	343	421	494	562	628	690	751	810	867	922
76	280	375	460	540	615	686	755	821	885	948	1009
80	305	408	501	587	669	747	822	894	964	1032	1098

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см										
	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92
8											
10											
12											
14	65										
16	81	86									
18	99	104									
20	117	124	130								
24	159	167	176	184	192						
28	205	216	227	238	248						
32	255	269	283	296	309	322	335				
36	310	327	344	360	376	392	407	422			
40	369	390	409	429	447	466	484	503			
44	433	456	479	520	524	546	567	588	609		
48	499	527	553	579	605	630	655	679	704	727	
52	570	601	632	661	691	719	748	776	803	830	
56	645	680	714	748	781	813	845	877	908	939	969
60	722	762	800	838	875	911	947	983	1018	1052	1086
64	804	847	890	932	974	1014	1054	1093	1132	1170	1208
68	889	937	984	1031	1076	1121	1165	1209	1252	1294	1336
72	977	1030	1082	1133	1183	1232	1281	1329	1376	1422	1468
76	1068	1126	1183	1239	1294	1347	1401	1453	1504	1555	1605
80	1163	1226	1288	1348	1408	1467	1525	1581	1637	1693	1747

Таблиця 30. Поточний об'ємний приріст стовбурів бука Карпат, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см															
	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68
12	17	21	25	29	32	35										
14	22	29	34	39	43	48	52									
16	29	37	44	50	56	62	67	72	76							
18	36	46	55	63	70	77	83	89	95	101						
20	44	56	66	76	85	93	101	108	116	123	129					
24	60	77	92	105	117	129	140	150	160	169	179	188	196			
28	78	100	119	136	152	167	181	195	208	220	232	244	255	266	276	
32	97	124	148	169	189	208	225	242	258	274	288	303	317	330	343	356
36	117	149	178	203	227	249	270	291	310	328	346	363	380	396	412	428
40	136	174	207	237	265	291	316	339	362	383	404	424	444	463	481	499
44	155	199	237	271	303	333	361	387	413	438	461	484	507	528	550	570
48	174	223	266	304	340	373	405	435	463	491	517	543	568	593	616	639
52	192	246	293	336	375	412	447	480	512	542	571	600	628	654	681	706
56	210	268	320	366	409	449	487	523	558	591	623	654	684	713	742	770
60	226	289	345	395	441	484	525	564	601	637	671	705	737	769	800	830
64	241	309	368	421	470	517	560	602	642	680	717	752	787	821	854	886
68	255	327	389	446	498	547	593	637	679	719	758	796	833	869	903	937
72	268	343	409	468	523	574	623	669	713	756	797	836	875	912	949	984
76	280	358	426	488	545	599	650	698	744	788	831	872	912	951	990	1027
80	290	371	442	506	565	621	673	723	771	817	861	904	946	986	1026	1064

Таблиця 31. Поточний об'ємний приріст стовбурів бука Карпат, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см															
	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72
10	15	19	23	26	29	32										
12	20	25	30	35	39	43	47	51								
14	26	32	38	44	50	55	60	65	70							
16	32	40	47	54	61	67	73	80	86	91						
18	38	47	56	64	72	80	87	95	102	109	116					
20	44	55	65	75	84	93	102	110	119	127	135	143				
24	57	71	84	96	108	120	131	142	153	163	174	184	194	203		
28	70	87	103	118	133	147	161	174	187	200	213	225	237	249	261	272
32	82	102	121	139	157	173	190	206	221	236	251	266	280	294	308	321
36	94	117	139	160	180	199	218	236	254	271	288	305	321	337	353	369
40	106	132	156	179	202	223	244	265	285	304	323	342	360	378	396	414
44	145	172	198	222	246	269	292	314	335	356	377	397	417	437	456	
48	158	187	215	241	267	292	317	340	364	387	409	431	453	474	495	
52		200	230	259	286	313	339	365	390	414	438	462	485	508	531	
56		212	244	274	304	332	360	387	414	440	465	490	515	539	563	
60		223	257	288	319	349	378	407	435	462	489	515	541	567	592	
64			267	301	333	364	394	424	453	482	510	537	564	591	617	

Таблиця 31. Поточний об'ємний приріст стовбурів осики, 0,0001 м³

Діаметр, см	Поточний приріст діаметру, см																			
	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92
10	26	29	32	35	38	40	43	45												
12	35	39	44	48	51	55	58	61												
14	45	51	56	61	66	71	75	79												
16	56	64	70	77	83	88	94	99	104											
18	68	77	86	93	101	107	114	120	126	132										
20	81	92	102	111	120	128	136	143	150	157	164									
24	110	125	138	151	162	173	184	194	204	213	222	231								
28	142	161	179	195	210	224	238	251	263	276	287	299	310	320						
32	178	201	223	243	262	280	297	313	329	344	359	373	387	400	413	426	438			
36	216	245	271	296	319	341	361	381	400	419	436	454	470	487	502	518	533	548	562	
40	258	292	323	353	380	406	431	454	477	499	520	541	560	580	599	617	635	653	670	687
44	302	342	379	413	445	476	505	532	559	585	609	633	657	679	702	723	744	765	785	805
48	349	396	438	478	515	550	583	615	646	676	704	732	759	785	811	836	860	884	907	930
52	399	452	501	546	588	628	666	703	738	772	805	837	867	897	926	955	983	1010	1037	1063
56	451	511	566	617	665	711	754	795	835	873	910	946	981	1015	1048	1080	1112	1143	1173	1202
60	506	574	635	693	746	797	846	892	937	980	1021	1061	1101	1139	1176	1231	1247	1282	1316	1349
64	564	639	707	771	831	888	942	993	1043	1091	1137	1182	1225	1268	1309	1349	1389	1427	1465	1502
68	623	706	782	853	919	982	1042	1099	1154	1207	1258	1307	1355	1400	1448	1492	1536	1579	1620	1661
72	777	860	938	1011	1080	1146	1209	1269	1327	1383	1438	1491	1542	1592	1641	1689	1736	1782	1827	
76	850	941	1026	1106	1182	1253	1322	1388	1452	1514	1573	1631	1687	1742	1796	1848	1900	1950	1999	
80	926	1025	1118	1205	1287	1365	1440	1512	1581	1648	1713	1766	1838	1898	1956	2013	2069	2124	2177	

Список використаної літератури

1. Балашев Л.С., Сипайлова Л.М., Соломаха В.А., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Типология лугов Украины и их рациональное использование. – К.: Наук. думка, 1988. – 240 с.
2. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология. – М.:Выш.шк., 1980. – 416 с.
3. Березина Н.А. Практикум по гидробиологии.– М.: ВО Агропромиздат,1989.– 208 с.
4. Вронский В.А.Прикладная экология. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. –512 с.
5. Гейнрих Д., Гергт М. Экология: dtv– Atlas: Пер. с 5-го нем. изд. – М.: Рыбари, 2003. – 287 с.
6. Гиляров М.С. Закономерности приспособлений членистоногих к жизни на суше. –М.: Наука, 1970.– 276 с.
7. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. – 315 с.
8. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений.– К.: Наукова думка, 1973. –591 с.
9. Екологічна ситуація на північно-східному макросхилі Українських Карпат / За ред. М.А.Голубця.– Львів: Поллі, 2001. – 162 с.
10. Замолодчиков Д.Г., Карелин Д.В. Исследование углеродного цикла экосистем термальных источников Чукотки как естественной модели потепления // Экология. – 2000, №6. – С.419-425.
11. Зоология беспозвоночных: Ч.1 Методические указания к летней практике/ Сост. В.К. Дмитриенко, Г.Н. Скопцова. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2001.– 32 с.
12. Зоология беспозвоночных: Учебно-полевая практика / Мазурмович Б.Н., Коваль В.П. – К.: Вища школа, 1982. – 182 с.
13. Количественные методы по энтомологической практике.– М.: Наука, 1987.– 288 с.
14. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500с.
15. Лабораторний та польовий практикум з екології /Під ред. В.П.Замостяна, Я.П.Дудух . – К.:2000. – 214 с.

16. Лёвушкин С.И. Беспозвоночные животные как объект летней практики по общей зоологии: Учебно-метод. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 59 с.
17. Лесная энциклопедия. Т.1, 2. – М.: Советская энциклопедия, 1985. – 563 с., 1986. – 630с.
18. Наземные животные. Учебное пособие к летней практике по зоологии беспозвоночных. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 1994. – 30 с.
19. Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.:Агропромиздат. 1989.
20. Одум Ю. Экология. В 2-х т. Пер.с англ. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
21. Практикум по земледелию /Б.А.Доспехов, И.П.Васильев, А.М.Тулинов. -2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. –383 с.
22. Реймерс Н.Ф.Популярный биологический словарь. –М.:Наука, 1991. – 544 с.
23. Роде А.А., Смирнов В.Н. Почвоведение. – М.:Высшая школа, 1972. – 479 с.
24. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія: практичний курс. – Книга 1. – Чернівці, Книги – ХХІ
25. Руденко С.С., Чопик В.І., Костишин С.С. Марченко М.М. Порівняльно-екологічне дослідження рослинності двох екстремальних біотопів Українських (Марамурешських) Карпат // Доповіді НАН України. – 2002. – № 7. – С. 198-205.
26. Руководство по энтомологической практике / Под ред. В.П.Тыщенко. – Л.:Изд-во ЛГУ, 1983.–229 с.
27. Синантропная флора Украины и пути развития / Протопопова В.В., отв. ред. Доброчаева Д.Н. – К.: Наук. думка, 1991. – 204 с.
28. Снакин В.В.Экология и охрана природы. Словарь-справочник..-М.:Academia. –2000. –384 с.
29. Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии. В кн.: Избранные труды. Т.1.– Л.: Наука, 1972.– 418 с.
30. Тлумачний словник з агрогрунтознавства /За ред. М.І.Лактіонова, Т.М.Лактіонової. – Харків, 1998. – 355 с.

31. Фасулати К.К. Полевое изучение по наземным беспозвоночным. – М.: Высш. шк., 1971. – 424 с.
32. Федорова А.И., Никольская А.И. Практикум. по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие. – Воронеж: Воронеж. гос. университет, 1997. – 305с.
33. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии. – М.: Просвещение, 1986. – 96 с.
34. Шалапёнок Е.С., Запольская Т.И. Руководство к летней практике по зоологии беспозвоночных: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.
35. Экологический энциклопедический словарь/И.И.Дедю. – К.: Гл.ред. МСЭ. – 408 с.

Предметний покажчик

А

Абсолютна вологість повітря 223
Агротестер 20
Актинометр Савінова-
Янишевського 66
Актуальна кислотність ґрунту 32
Альбедометр 59
Альбедометр портативний 67
Апарат Тулгрена 97
Атмобіонти 94
Ацидофіли 210

Б

Базофіли 211
Балансомір 62
Біологічна активність ґрунту 39
Біологічна маса (біомаса) 78
Біотичний потенціал 9
Біоценометри 104
Бур Некрасова 51

В

Відбита радіація 58
Відносна вологість повітря 223
Відносні землерії 94
Вікова структура популяцій 241
Видове різноманіття 86, 93
Видове багатство 86, 93
Висотомір 79
Власне випромінювання земної
поверхні (Е) 59
Вологість стійкого в'янення 50,
56
Вологоємність ґрунту 31

Г

Геміедафічні тварини (абсолют-
ні землерії) 94
Гемікриптофіти 91
Геобіонти 92, 95, 109
Геоксени 95
Геофіли 95
Гелофіти 209
Геліофіти 209
Гемігеліофіти 209
Гемісціофіти 209
Герпетобіонти 92, 95
Гігрограф 231
Гігрометр 230
Гідролітична кислотність ґрунту
33
Гідрофіли 214
Гігрофіли 214
Гігрофіти 209
Гідрофіти 208
Гомойотерми (ендотерми) 214

Ґ

Ґрунтові розкопки 98

Д

Дендробіонти 95, 104
Деревостан 100
Дефіцит вологості 223
Домінанти 92
Дощомір Давітая 15

Е

Евритрофи 213

Екліметр 22
Екодіаграми К. Заржицького 203
Ексаустер 104
Ектобіонти 92
Ендобіонти 92
Енергетична освітленість 59
Епігеобіонти 92, 109
Епіфіти 91
Еремобіонти 94
Еугірофіти 209
Еумезофіти 209
Ефективне випромінювання 59

Є

Євтрофи 212
Ємність поглинання ґрунту 35

Ж

Живий надґрунтовий покрив
100
Життєва форма 90, 92
Життєві форми тварин 94

З

Запас води у метровому шарі
ґрунту (W_0) 55
Запас продуктивної вологи у
метровому шарі ґрунту (W_n)
56
Зустрічне випромінювання (анти-
випромінювання) (E_a) 59
Зольність ґрунту 30

І

Індекс Маргалефа 93
Індекс видового різноманіття
(індекс Шенона) 88, 90, 92
290

Інвазійні популяції 241, 244
Інтенсивність світла 5

К

Кам'янистість ґрунту 22
Картопляне середовище 126
Кататермометр Хілла 12
Кількість недоступної рослинам
вологи, 55
Коефіцієнт гігроскопічності
ґрунту 29
Коефіцієнт водоспоживання, 55
Коефіцієнт мікробного дихання
37
Коефіцієнт структурності ґрунту
25
Копробіонти 92
Криптофіти 91
Ксеромезофіти 209
Ксерофіли 214
Ксерофіти 209
Ксилобіонти 95, 106

Л

Лісова підстилка 100
Ловчі канавки 98
Люксметр 237

М

Максимальна гігроскопічна
вологість 53
Максимальна гігроскопічність 50
Максимальний термометр 218
Мегафауна 95
Мезогірофіти 209
Мезоксерофіти 209

Мезотрофи 212
 Мезофауна 95
 Мезофіли 214
 Мезофіти 209
 Мертва органічна речовина 78
 Метаболічний коефіцієнт 37
 Метод агарових пластинок Сінга 152
 Метод ґрунтових пробірок 97
 Метод культур 97
 Метод укусів 102
 Метод флотації 97
 Мікрометод Кьельдаля 173
 Мікрофауна 95
 Мінімальний термометр 219
 М'ясопептонний агар (МПА) 125

Н

Набір сит 26
 Наннофауна 95
 Насиченість водяної пари 223
 Нейтрофіли 210
 Нормальні популяції 241, 244

О

Оліготрофи 213
 Опад 78
 Опадомір Третьякова 15
 Освітленість 60
 Освітлення 60

П

Пастки Барбера 98
 Педоскопи 134
 Пептонна вода 126

Петробіонти 92
 Підлісок 100
 Підріст 100
 Піранометр 59, 62
 Піранометр Калініна 65
 Пландофіли 92
 Плювіограф 17
 Поверхнева щільність потоку випромінювання 59
 Пойкілотермні (ектодермні) 214
 Потік радіації 59
 Потенціал самоочищення атмосферного повітря 5, 9, 10
 Потенціал стійкості ґрунтів 5, 9, 19
 Потенційна кислотність ґрунту 32
 Продуктивна вологість 50
 Продуктивна волога 50
 Продуктивне зволоження 54
 Проективне покриття 87
 Променистий потік 59
 Псамобіонти 92
 Псамоколімбети 109
 Психрометр Августа 226
 Психрометр Асмана 229

Р

Радіаційний баланс 69
 Річний приріст 78
 Рибопептонний агар 126
 Ризобіонти 92
 Регресивні популяції 241, 244
 Розсіяна радіація (D) 58
 Ручний чашковий анеметр 11

С

Сапробіонти 92
Середовище Чапека-Докса 140
Сила світла 59
Синантропізація 110
Сонячна радіація 59
Сонячна стала 59
Стерилізація 117
Стратобіонти 109
Строковий термометр 218
Структурність ґрунту 25
Сумарна радіація (Q), 58
Сумарне водоспоживання 55
Сціофіти (умброфіти) 210

Т

Тамнобіонти 95, 104
Твердомір Алексеєва 24
Твердомір Голубева 24
Термогірометр 234
Термограф 221, 233
Термоелектричний балансомір
Янишевського 68

Термоелектричний піранометр
Янишевського 64
Термометр-щуп 20
Терофіти 91

У

Ультраскорофіти 209

Ф

Фанерофіти 91
Фітобіонти 109
Фітомаса 72, 77
Фотофіли 213
Фотофоби 214

Х

Хамерофіти 91
Хортобіонти 92, 95, 102, 104

Показчик назв біологічних об'єктів

А

- Андромеда багатоліста (*Andromeda polifolia* L.)
Анемона жовтецева (*Anemone ranunculoides* L.) 210
Арнозеріс дрібний (*Arnoseris minima* (L.) Schweigg. et Koerte)
Армерія видовжена (*Armeria elongata* (Hoffm.) Koch)
Аулакомній болотний (*Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.)

Б

- Багно звичайне (*Ledum palustre* L.)
Баццанія трилопатева (*Bazzania trilobata* (L.) S.F.Gray)
Бедринаць ломикаменевий (*Pimpinella saxifraga* L.) 87
Безщитник жіночий (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth) 210
Береза повисла (бородавчаста) (*Betula pendula* Roth.) 87
Біловус стиснутий, мичка (*Nardus stricta* L.)
Блекота (*Hyoscyamus* L.) 212
Блехнум колосистий (*Blechnum spicant* With.)
Борщівник сибірський (*Heracleum sibiricum* L.) 88
Брусниця (*Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror.) 47, 213
Будяк сизий (*Carduus glaucus* Baumg.) 88
Буквиця лікарська (*Betonica officinalis* L.s. I.) 90
Бутень запашний (*Chaerophyllum aromaticum* L.) 88
Буяхи, лохина (*Vaccinium uliginosum* L.) 47, 87

В

- Верба туполиста (*Salix retusa* L.) 87
Верес звичайний (*Calluna vulgaris* (L.) Hill) 47, 213
Відкасник безстебловий (*Carlina acaulis* L.) 88
Водяний хрін лісовий (*Rorippa sylvestris* (L.) Bess.)

Г

- Гадючник оголений (*Filipendula denudata* (J. et C. Presl) Fritsch) 90
Гіпн кіпарисовий (*Hypnum cupressiforme* Hedw.)
Гірчак земноводний (*Polygonum amphibium* L.)
Глечики жовті (*Nuphar lutea* (L.) Smith.) 208

Д

Деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka) 89, 213

Дикран мітловидний (*Dicranum scoparium* Hedw.)

Дзвоники альпійські (*Campanula alpina* Jacq.) 87

Дзвоники мінлив (*Campanula polymorpha* Witas.) 89

Дуб пухнастий (*Quercus pubescens* Willd.) 209

Дуб скельний (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) 209

Ж

Жовтець отруйний (*Ranunculus sceleratus* L.) 210

Жовтець повзучий (*Ranunculus repens* L.) 47, 90, 213

Журавлина (*Oxycoccus* Hill.) 210, 213

З

Заяча конюшина карпатська (*Anthyllis carpatica* Pant.) 88

Звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.) 210

Зозуліні сльози яйцевидні (*Listera ovata* (L.) R.Br.) 87

Зозуліні черевички справжні (*Cypripedium calceolus* L.) 211

К

Калюжниця болотна (*Caltha palustris* L.) 210, 212

Карагана скіфська (*Karagana scythica* (Kom.) Pojark.) 209

Кермек (*Limonium* Mill.) 211

Кизильник цілокрай (*Cotoneaster integerrimus* Medik.) 87

Китник (лисохвіст) лучний (*Alopecurus pratensis* L.) 88

Конвалія звичайна (*Convallaria majalis* L.) 210

Конюшина польова (*Trifolium arvense* L.)

Конюшина середня (*Trifolium medium* L.) 213

Конюшина суницевидна (*Trifolium fragiferum* L.)

Копитняк європейський (*Asarum europaeum* L.) 207

Королиця круглолиста (*Leucanthemum rotundifolium* (Waldst. et Kit.) DC.) 89

Кремена гібридна (*Petasites hybridus* (L.) Gaertn., Mey. et Schreb.) 89

Кропива (*Urtica* L.) 212

Кропива жалка (*Urtica urens* L.) 210

Купальниця європейська (*Trollius europaeus* L.) 212
Купина багатоквітка (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.)

Л

Лерхенфельдія звивиста (*Lerchenfeldia flexuosa* (L.) Shur) 88
Леукорбій сизий (*Leucobryum glaucum* (Hedw.) Aongstr.)
Лілія лісова (л.кучерява) (*Lilium martagon* L.) 88
Ліщина (*Corylus* L.) 210
Лобода (*Chenopodium* L.) 211
Лунарія оживаюча (*Lunaria rediviva* L.) 212
Любочки осінні (*Leontodon autumnalis* L.) 89
Люцерна (*Medicago* L.) 211
Лядвенець польовий (*Lotus arvensis* Pers.) 87

М

Малина (*Rubus idaeus* L.) 210, 212
Маруна щиткова (*Chrysanthemum corymbosum* (L.) Scop.) 89
Маслинові (*Elaeagnaceae*) 210
Мітлиця повзуча (*Agrostis stolonifera* L.)
Мітлиця тонка (*Agrostis tenuis* Sibth.) 88
Медунка (*Pulmonaria* L.) 210
Медунка темна (*Pulmonaria obscura* Dumort.) 212
Молодило гірське (*Sempervivum montanum* L.)
М'ята польова (*Mentha arvensis* L.)

Н

Нечуйвітер волохатенький (*Hieracium pilosella* L.)
Нечуйвітер оранжево-червоний (*Hieracium aurantiacum* L.) 89

О

Одиарник європейський (*Trientalis europaea* L.) 210
Орляк звичайний (*Pteridium acvulinum* (L.) Kuhn) 210
Осока багнова (*Carex limosa* L.) 209
Осока лапчаста (*Carex ornithopoda* Willd.) 87
Осот клейкий (*Cirsium erisithales* (Jacq.)) 89
Очанка гірська (*Euphrasia montana* Jord.) 88, 90

Очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.ex Steud.) 209
Очиток їдкий (*Sedum acre* L.)

П

Пальчатка кровоспиняюча (*Digitaria ischaemum* Schreb.)
Папороть чоловіча або щитник (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) 212
Паслін солодко-гіркий (*Solanum dulcamara* L.) 212
Переліска багаторічна (*Mercurialis perennis* L.) 210
Перстач гусячий (*Potentilla anserina* L.)
Перстач прямостоячий (*Potentilla erecta* (L.) Hampe)
Перестріч скельний (*Melampyrum saxosum* Baumg.) 88
Перстач сріблястий (*Potentilla argentea* L.) 213
Підбіл звичайний, або мати-й-мачуха (*Tussilago farfara* L.) 47, 211
Підмаренник багновий (*Galium uliginosum* L.) 89
Підмаренник Віргена (*Galium wirtgenii* F. Schultz) 88
Підмаренник справжній (*Galium verum* L.) 212
Плаун булавовидний (*Lycopodium clavatum* L.) 210
Плаун п'ядич колючий (*Lycopodium annotinum* L.)
Плеурозій Шребера ((Brid.) Mitt.)
Покісниця розставлена (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.)
Політріх звичайний (*Polytrichum commune* Hedw.)
Полин (*Artemisia* L.) 211
Пухівка піхвова (*Eriophorum vaginatum* L.)

Р

Ранник крейдяний (*Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng.) 88
огіз (*Typha* L.) 209
Роговик польовий (*Cerastium arvense* L.)
Родіола рожева (*Rhodiola rosea* L.) 211
Рускус понтієський (*Ruscus ponticus* Woronow ex Grossh.) 209
Ряска мала (*Lemna minor* L.) 208

С

Свербіжниця польова (*Knautia arvensis* (L.) Coult.) 89
Ситник Жерарда (*Juncus Gerardi* Lois.)
Ситник розлогий (*Juncus effusus* L.) 88

Ситник три лусковий (*Juncus triglumis* L.) 88
 Скабіоза голубина (*Scabiosa columbaria* L.) 88
 Скереди конізолиста (*Crepis conyzifolia* (Gouan) A.Kerner) 88
 Скереди м'яка (*Crepis mollis* (Jacq.) Aschers.) 89
 Смілка поникла (*Silene nutans* L.) 212
 Солончакова айстра (*Tripolium* Nees) 211
 Сосна австрійська (*Pinus austriaca* Holl.) 211
 Страусове перо звичайне (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.) 212
 Суниця (*Fragaria* L.) 212
 Сфагн дібровний (*Sphagnum nemoreum* Scop.)
 Сфагн компактний (*Sphagnum compactum* DC) 210
 Сфагн магеланський, або сфагн середній (*Sphagnum magellanicum*
 Brid. (S. Medium Limpr.)

Т

Таволга середня (*Spiraea media* Franz Schmidt) 87, 212
 Тирлич ваточниковий (*Gentiana asclepiadea* L.) 88
 Тирлич звичайний (*Gentiana pneumonanthe asclepiadea* L.) 89
 Тонконіг звичайний (*Poa trivialis* L.)

Ф

Фіалка скельна (*Viola saxatilis* F.W. Schmidt) 88
 Фітеума куляста (*Phyteuma orbiculare* L.) 87

Х

Хамерій, або іван-чай (*Chamaerion* (Rafin.) Rafin.), 212
 Хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum* L.)
 Хвощ польовий (*Equisetum arvense* L.)
 Хміль звичайний (*Humulus lupulus* L.) 212

Ц

Цибуля гірська (*Allium montanum* F. W. Schmidt) 88

Ч

Частуха (*Alisma* L.)
 Чебрець альпійський (*Thymus alpestris* Tausch.) 87

Червець однорічний (*Scleranthus annuus* L.)
Черсак розрізанолистий (*Dipsacus laciniatus* L.) 90
Чистець болотний (*Stachys palustris* L.)
Чорна смородина (*Ribes nigrum* L.)
Чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.) 47, 213

Ш

Шпергель звичайний (*Spergula arvensis* L. p.p.)

Щ

Щавель горобиний (*Rumex acetosella* L.) 47, 213
Щучник дернистий *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv. 88

Я

Ялина європейська (смерека) (*Picea abies* (L.) Karst.) 87
Яловець сибірський (*Juniperus sibirica* Burgsd.) 87

Зміст

Розділ I. Питання методологічного характеру	5
Робота № 1. Визначення точних координат екосистеми за допомогою персонального навігатора GPS-12	5
Робота № 2. Облаштування майданчика для стаціонарних спостережень за абіотичними факторами	8
Розділ II. Аналіз кліматопу	11
2.1. Дослідження світла як екологічного фактору	11
Робота № 3. Вимірювання сумарної та розсіяної радіації за допомогою термоелектричного піранометра Янишевського	14
Робота №4. Вимірювання сонячної радіації за допомогою піранометра Калітіна	16
Робота №5. Вимірювання прямої сонячної радіації за допомогою актинометра Савінова-Янишевського АТ-50 ...	17
Робота № 6. Вимірювання кількості відбитого світла	18
Робота №7. Вимірювання різниці випромінювання за допомогою термоелектричного балансоміра Янишевського	19
Робота №8. Вимірювання інтенсивності освітлення за допомогою люксметра Ю116	21
Робота № 9. Вимірювання сонячної радіації за допомогою сучасних датчиків	23
2.2. Дослідження температури як екологічного фактору	23
Робота №10. Вимірювання температури повітря строківим термометром	27
Робота №11. Вимірювання температури повітря максимальним та мінімальним термометрами	28
Робота № 12. Вимірювання температури повітря за допомогою термографа	30
2.3. Дослідження вологості як екологічного фактору	32
Робота № 13. Визначення вологості повітря за допомогою психрометра Августа	34

Робота № 14. Визначення вологості повітря за допомогою аспіраційного психрометра Асмана	35
Робота № 15. Визначення вологості повітря за допомогою волосяного та мембранного гігрометра	41
Робота № 16. Визначення вологості повітря за допомогою волоссяного та мембранного гігрографів	42
Робота № 17. Вимірювання кількості опадів ручним способом ...	44
Робота № 18. Вимірювання кількості опадів за допомогою опадоміра Трет'якова	45
Робота № 19. Вимірювання кількості опадів за допомогою дощоміра Давітая	47
Робота № 20. Вимірювання кількості опадів за допомогою плювіографа	48
2.4. Дослідження вітру як екологічного фактору	49
Робота № 21. Визначення швидкості вітру більшої за 1 м/с за допомогою ручного чашкового анемометра	49
Робота № 22. Визначення швидкості вітру меншої за 1 м/с за допомогою кататермометра Хілла	51
2.5. Дослідження сукупності екологічних факторів кліматопу за допомогою сучасних приладів	53
Робота № 23. Визначення температури та вологості повітря за допомогою термогігрометрів	53
Робота № 24. Визначення швидкості вітру та кількості опадів за допомогою портативних метеостанцій	54
Робота № 25. Комплексна оцінка кліматичних факторів за допомогою портативних метеостанцій	55
Розділ III. Аналіз едафотопу	59
Робота № 26. Визначення ступеня каменястості ґрунтів	59
Робота № 27. Визначення твердості ґрунтів за допомогою ножа	60
Робота № 28. Визначення твердості ґрунтів за допомогою твердомірів	60
Робота № 29. Визначення коефіцієнта структурності ґрунтів ..	62
Робота № 30. Визначення механічного складу ґрунтів	63
Робота № 31. Визначення суми активних температур ґрунту ..	64

Робота № 32. Визначення вологості ґрунту	66
Робота № 33. Визначення загального запасу вологи ґрунту	67
Робота № 34. Визначення максимальної гігроскопічної вологості ґрунту за А.В. Ніколаєвим	69
Робота № 35. Визначення продуктивного зволоження (W) у метровому шарі ґрунту	71
Робота № 36. Визначення вологості стійкого в'янення (BCV) рослин	73
Робота № 37. Визначення актуальної кислотності за допомогою універсального індикатора	74
Робота № 38. Визначення обмінної кислотності за допомогою універсального індикатора	75
Робота № 39. Визначення гідролітичної кислотності за Каппеном	76
Робота №40. Визначення ємності поглинання ґрунтів за С.М.Альошиним	77
Розділ IV. Аналіз фітоценозу	81
Робота № 41. Визначення індексів видового багатства та видового різноманіття рослин	81
Робота № 42. Побудова спектра життєвих форм рослин	87
Робота № 43. Визначення індексу синантропності рослинних угруповань	88
Розділ V. Аналіз зооценозу	90
Робота № 44. Способи заморожування та фіксації тварин	91
5.1. Дослідження зооценозів лучних екосистем	93
Робота № 45. Вивчення хортобіонтів методом укусів	94
Робота № 46. Вивчення хортобіонтів за допомогою біоценометрів та екстаустерів	98
5.2. Дослідження зооценозів лісових екосистем	98
Робота № 47. Прямий спосіб визначення кількості тамно- та дендробіонтів групи фітофагів	99
Робота № 48. Непрямий спосіб визначення кількості тамно- та дендробіонтів групи фітофагів	102

Робота № 49. Непрямий спосіб визначення наявності ксилобіонтів	103
Робота № 50. Дослідження хижих жуків лісу – жужелиць (турунів)	104
5.3. Дослідження зооценозів ґрунту	106
Робота № 51. Підрахунок ґрунтової наннофауни та мікрофауни	107
Робота № 52. Вивчення ґрунтової мезофауни	110
Робота № 53. Вивчення тварин, що мешкають на поверхні ґрунту за допомогою пасток Барбера та ловчих канавок ..	112
Робота № 54. Визначення видового багатства та різноманіття тварин	113
Робота № 55. Визначення індексу синантропності угруповань комах	114
Розділ VI. Аналіз мікробіоценозу ґрунту	116
6.1. Загальні дослідження мікробіоценозу ґрунту	118
Робота № 56. Методика відбору проб ґрунту для мікробіологічного аналізу	118
Робота № 57. Приготування поживних середовищ	120
Робота № 58. Визначення рН поживного середовища для культивування мікроорганізмів	123
Робота № 59. Культивування та посів мікроорганізмів. Методи вивчення властивостей колоній	126
Робота № 60. Визначення загальної кількості мікроорганізмів у ґрунті	131
Робота № 61. Регідратаційний метод визначення загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті	135
Робота № 62. Визначення мікробіоценозу ґрунту методом обростання скелець за Н.Г. Холодним	136
Робота № 63. Визначення мікробних пейзажів ґрунту за допомогою педоскопів	137
Робота № 64. Підрахунок мікроорганізмів ґрунту гістохімічним методом	138
Робота № 65. Визначення сумарної біологічної активності ґрунту	139

Робота № 66. Експрес-метод визначення біологічної активності ґрунту за Аристовською-Чугуновою	140
Робота № 67. Визначення коефіцієнту мікробного дихання ґрунтів за В.П.Кучерявим	141
6.2. Дослідження бактерій, поширених у ґрунті	143
Робота № 68. Прямий підрахунок бактерій у ґрунті за С.М. Виноградським	144
6.3. Дослідження грибів, поширених в ґрунті	146
Робота № 69. Визначення загальної кількості мікроміцетів у ґрунті	147
Робота №70. Виявлення різних груп ґрунтових грибів	148
6.4. Дослідження актиноміцетів, поширених у ґрунті	150
Робота №71. Виявлення різних груп актиноміцетів ґрунту	152
6.5. Дослідження водоростей, поширених у ґрунті	154
Робота № 72. Визначення загальної кількості ґрунтових водоростей	156
6.6. Дослідження найпростіших, поширених у ґрунті	158
Робота № 73. Виявлення ґрунтових найпростіших	159
Робота № 74. Визначення кількості ґрунтових найпростіших	161
Робота № 75. Вивчення активності і поширення Protozoa у ґрунті лабораторним методом	165
Робота № 76. Вивчення активності і поширення Protozoa у ґрунті польовим методом (методом Ніколюка)	166
Розділ VII. Дослідження колообігу речовини та енергії в екосистемах	168
7.1. Колообіг органічної речовини	168
Робота № 77. Визначення вмісту органічної речовини в ґрунті методом Тюріна	168
Робота № 78. Визначення інтенсивності утворення органічної речовини в листках рослин за методом Тюріна в модифікації Бородуліної	171

7.2. Колообіг біогенних елементів	173
7.2.1. Колообіг нітрогену	174
Робота № 79. Прискорений мікрометод Кьельдаля для визначення загального нітрогену (у рослинному матеріалі, органах та молоці тварин)	174
Робота № 80. Визначення білкового та небілкового нітрогену	176
Робота № 81. Виявлення вільноживучих азотфіксаторів у ґрунті	180
Робота № 82. Виявлення симбіотичних азотфіксаторів у ґрунті	183
Робота № 83. Визначення нітрифікуючих бактерій у ґрунті (на середовищі С.Н Виноградського)	187
Робота № 84. Визначення загальної нітрифікуючої здатності ґрунту	189
Робота № 85. Визначення нітрифікації за Краковим	193
Робота № 86. Визначення денітрифікуючих бактерій у ґрунті	194
Робота № 87. Визначення амоніфікуючої здатності ґрунту	196
7.2.2. Колообіг фосфору	199
Робота № 88. Визначення вмісту фосфору у рослинному або тваринному матеріалі	199
Робота № 89. Визначення досяжного фосфору в некарбонатних чорноземах за В.Тругом	201
Робота № 90. Виявлення фосформінералізуючих бактерій у ґрунті	204
7.2.3. Колообіг сульфуру	206
Робота № 91. Визначення сульфуру в рослинному матеріалі ...	206
Робота № 92. Визначення сульфуру у водній витяжці ґрунту ..	208
Робота № 93. Виявлення сульфурвідновлювальних бактерій у ґрунті	210
7.2.4. Колообіг калію	213
Робота № 94. Гравіметричне визначення калію	213
7.2.5. Колообіг енергії	214
Робота № 95. Визначення енергетичної цінності біологічного матеріалу	214

Робота № 96. Визначення вмісту сухих речовин	215
Робота № 97. Визначення вмісту золи	215
Робота № 98. Визначення вмісту білка	216
Робота №99. Визначення вмісту білка за Лоурі	219
Робота № 100. Визначення вмісту жирів у молоці за методом Гербера	220
Робота № 101. Визначення вмісту жирів за методом Сокслета	221
Робота № 102. Визначення вмісту жирів екстракційним методом	223
Розділ VIII. Визначення біомаси та продуктивності екологічних систем	226
Робота № 103. Визначення біомаси і продуктивності лісової екосистеми	226
Робота № 104. Визначення величини біомаси та продуктивності лучної екосистеми	237
Розділ IX. Оцінка стійкості екосистем	238
9.1. Оцінка стійкості природного середовища	238
Робота № 105. Визначення крутизни схилів	243
Робота № 106. Виявлення ґрунтів низької агрохімічної якості за присутністю рослин-індикаторів	244
9.2. Оцінка стійкості біоценозів	250
Робота № 107. Визначення стійкості трав'янистого біоценозу	250
Робота № 108. Визначення стійкості лісового біоценозу	251
Заключний протокол екологічних досліджень	253
Додаток А	257
Список використаної літератури	286
Предметний покажчик	289
Покажчик назв біологічних об'єктів	293

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

Загальна екологія. Практичний курс: Навчальний посібник:
У 2 ч. Частина 2. **Природні наземні екосистеми.** – Чернівці:
Книги – XXI, 2008. – 308 с.

ISBN 978-966-2147-12-4

Дана книга є другою з циклу „Загальна екологія: практичний курс”. Її особливість – розробка та узагальнення методологічних принципів та методів практичного вивчення природних екосистем. При цьому як об’єкти досліджень розглянуті наземні екосистеми – лісові та лучні. В основу книги покладена комплексна оцінка усіх трьох блоків наземної екосистеми: кліматопу, едафотопу та біоценозу. Детально розглянуті сучасні критерії аналізу структурних компонентів самого біоценозу: фітоценозу, зооценозу та мікробіоценозу.

Книга містить найбільш ефективні сучасні методики, які застосовуються як вітчизняними, так і зарубіжними екологами при дослідженні наземних екосистем. Крім того, авторами запропоновано ряд нових підходів та методів, які були апробовані ними при проведенні практичних занять з курсу „Загальна екологія”.

Для студентів-екологів вищих навчальних закладів.

ББК 28.081я73

Навчальне видання

**Руденко Світлана Степанівна
Костишин Степан Степанович
Морозова Тетяна Василівна**

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Практичний курс

Частина 2

Природні наземні екосистеми

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*

Підписано до друку 15.07.2007 р.

Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Папір офсетний. Друк офсетний

Умов. друк. арк. 11,09. Обл.-вид. арк. 12,37.

Замовлення №415

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

SUMY STATE UNIVERSITY

