

УДК 502.504

DOI <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.79.1.14>**Н. В. Вичалковська**кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри хімії

Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ІЗ МАЛАКОЛОГІЇ

У статті розглядаються підходи, які дають змогу студентам на основі вивчення дисципліни «Малакологія» засвоїти методи статистичної обробки даних, отриманих під час наукових досліджень. Такий підхід відповідає вимогам освітньо-професійної програми спеціальності 091 Біологія. Важливим є те, що об'єкти (раковини, або фіксовані особини із м'яким тілом) збираються та фіксуються особисто студентами під час проходження польової практики із зоології. Приступаючи до вивчення малакології, студенти володіють навичками збору, фіксації, транспортування матеріалу в польових умовах, що також є важливою складовою частиною дослідницької роботи біолога. Порядок виконання лабораторних занять передбачає поступове ускладнення поставлених перед студентами завдань.

Впродовж вивчення малакології студент усвідомлює складність процесу отримання інформації про особливості морфології, фізіології, мінливості особин живої природи у специфічних представників типу Молюски. Вони починають розуміти підходи для отримання, наприклад, кількості особин для ідентифікації видів. Поняття «видова ознака» набуває оновленого змісту. Впродовж лабораторних занять студенти користуються необхідним обладнанням для вимірювання показників черепашки та фрагментів статевого апарату. Студенти оволодівають практичними навичками роботи з біокулярним мікроскопом, із мікрометром, інструментами для вивчення м'якого тіла. Завдання виконуються групами студентів, що дає змогу в межах часу проведення лабораторного заняття отримати дані, кількість яких відповідає вимогам для отримання статистично значущих результатів. Така робота сприяє отриманню досвіду роботи в команді, об'єднує студентів на тлі досягнення спільного результату та його оцінки.

Перед вивченням курсу малакології студенти оволодівають навичками збору, фіксації, транспортування матеріалу в польових умовах, що також є важливою складовою частиною дослідницької роботи біолога.

Ключові слова: малакологія, зоологія, дослідницька робота студентів, статистика.

Постановка проблеми. Програма дисципліни «Малакологія» розроблена для студентів ступеня «бакалавр» спеціальності 091 Біологія, освітньо-професійної програми «Біологія: лабораторна діагностика». Ця дисципліна викладається на кафедрі хімії Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського. Розглядаються методи дослідження молюсків у польових та лабораторних умовах. На прикладі кількісних та якісних характеристик популяцій засвоюються способи статистичної обробки даних популяційних та міжпопуляційних показників мінливості. Це дає змогу удосконалити уявлення про загальні тенденції еволюційних процесів. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студент оволодіває такими компетентностями, як: ЗК03. – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; ЗК07. – Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями; ЗК08. – Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; ПК 1. – Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних біологічних завдань; ПК 4. –

Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах; ПК 6. – Усвідомлення необхідності збереження біорізноманіття, охорони навколишнього середовища, раціонального природокористування; ПК 9. – Здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їхньої ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнологіях, медицині та охороні навколишнього середовища.

Для спеціальності 091 Біологія у стандарті вищої освіти України, затвердженому наказом Міністерства освіти і науки України 21.11.2019 р. № 1457, як методи, методики та технології для спеціальності передбачаються: методи лабораторних та польових біологічних досліджень, статистичної обробки експериментальних даних та інтерпретації результатів біологічних досліджень, інформаційні та комунікаційні технології [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання статистичних підходів у біології часто розглядаються на прикладі обробки матеріалів

дослідження моллюсків [2, с. 99] завдяки доступності та численності особин у популяціях. Наше дослідження вперше демонструє доцільність акценту на статистичні методи досліджень під час вивчення курсу малакології у вищій школі.

Мета статті. У статті розглядаються підходи, які дають змогу студентам на основі вивчення дисципліни «Малакологія» засвоїти методи статистичної обробки отриманих даних, що і є метою дослідження.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Обґрунтувати доцільність введення до курсу малакології акценту на засвоєння методів статистичної обробки результатів малакологічних досліджень.

2. Проаналізувати зміст лабораторних занять із малакології.

3. Оцінити вплив оновлених підходів під час викладання курсу малакології на формування компетентностей студентів у межах освітньо-професійної програми.

Виклад основного матеріалу. Сучасний аналіз отриманих результатів досліджень у галузі біології неможливий без статистичної обробки даних. Без глибокого аналізу фактів не вдається вилучити закладену в них інформацію. Система знань, яка спирається на союз математики і біології (біометрія), відіграє суттєву роль у біологічних дослідженнях [3, с. 7].

Більшість методів морфологічних та екологічних досліджень передбачає, як правило, умертвіння об'єктів дослідження. Тому методологія досліджень повинна враховувати гуманістичний аспект, тобто необхідно уникати шкоди об'єктам дослідження. Особливо це стосується навчального процесу, коли, з одного боку, треба віддати перевагу природним об'єктам, а з іншого – необхідно уникнути зайвої загибелі представників тваринного або рослинного світу. У цьому аспекті наземні моллюски є ідеальним матеріалом. Насамперед це стосується раковин, які вдосталь трапляються в ареалах популяцій видів. Як правило, після закінчення життя особин наземних моллюсків їхні раковини залишаються на поверхні ґрунту. Саме ця особливість, пов'язана з наявністю раковини, дала змогу з'ясувати окремі внутрішньо- та міжпопуляційні особливості еволюційних процесів [4, с. 68, с. 156] на численному матеріалі, що дозволяє досягнути високих показників достовірності отриманих результатів.

Дуже важливим для забезпечення високих показників результатів навчання як під час вивчення особливостей типу Моллюски, так і під час засвоєння статистичних методів досліджень є те, що об'єкти (черепашки, або фіксовані особини з м'яким тілом) збираються та фіксуються особисто студентами під час проходження польової прак-

тики із зоології. Тобто, приступаючи до вивчення малакології, студенти оволодівають навичками збору, фіксації, транспортування матеріалу в польових умовах, що також є важливою складовою частиною дослідницької роботи біолога.

Порядок виконання лабораторних занять передбачає поступове ускладнення поставлених перед студентами завдань. Спочатку їм пропонується провести первинний аналіз даних та його тлумачення із використанням загальноприйнятої термінології. Пропонується створити гістограми, визначити середні показники ознаки в межах вибірки, ліміти показників ознаки тощо. Потім пропонується використання формул переважно параметричної статистики та опрацьовується уміння аналізувати отримані результати.

Як наслідок означених підходів під час вивчення малакології, студенти усвідомлюють всю складність процесу отримання інформації про особливості морфології, фізіології, мінливості особин тваринного світу, зокрема представників типу Моллюски. Вони починають розуміти підходи для отримання, наприклад, даних, необхідних для ідентифікації видів. Поняття «видова ознака» набуває оновленого змісту.

Під час проведення лабораторних занять студенти користуються необхідним для вимірювання показників черепашки та елементів статевого апарату обладнанням, оволодівають практичними навичками роботи з біокулярним мікроскопом з окуляр-мікрометром, штангенциркулем, інструментами для розтину м'якого тіла моллюсків. Окремі завдання виконуються групами студентів, що дає змогу в межах часу проведення лабораторного заняття отримати дані, кількість яких відповідає вимогам для отримання статистично значущих результатів. Така робота сприяє отриманню досвіду роботи в команді, об'єднує студентів на тлі досягнення спільного результату та його оцінки.

Після вивчення морфо-фізіологічних особливостей та біології всіх класів типу Моллюски студенти опрацьовують лабораторні заняття, які дозволяють оволодіти основами статистичної обробки результатів досліджень у малакології.

Як приклад наводимо фрагменти лабораторних занять, які відповідають темі статті.

Приклад 1. Тема лабораторного заняття: Мінливість черепашки наземних моллюсків на прикладі виду *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828).

Мета: 1. Вивчити особливості зовнішньої будови наземних моллюсків. 2. На прикладі поширеного виду *Brephulopsis cylindrica* засвоїти методику математичної обробки даних варіювання розмірів черепашки в окремій локальній популяції. Скласти полігон розподілу ознаки.

Обладнання: лінійка, чашки Петрі, чотиризначні математичні таблиці, штангенциркуль.

Вибірка, що досліджується, зроблена в м. Миколаїв.

Хід роботи. 1. Виміряти висоту черепашки 50 особин виду *B. cylindrica* за допомогою штангенциркуля (від апікального краю до базального краю устя). Записати результати вимірювань. 2. Визначити оптимальну кількість класів для складання варіаційного ряду за допомогою формули Стерджеса: $K = 1 + 3,32 \lg n$ (K – кількість класів, n – об'єм вибіркової сукупності). 3. Визначити кількість рівних інтервалів: $i = (x_{\max} - x_{\min})/K$ (i – розмір класового інтервалу з точністю, з якою проводилося вимірювання, x_{\max} – максимальна варіанта сукупності, x_{\min} – мінімальна варіанта сукупності, $(x_{\max} - x_{\min})$ – розмах варіювання ознаки). 4. Скласти допоміжну таблицю розподілу частот по класах:

Класи (x_i)	Шифр частот	Частоти (p_i)
Сума		50

Для підрахунку результатів вимірювань використовують шифр частот. Графа «Частоти (p_i)» виражає залежність між окремою варіантою і частотою їх зустрічальності в цій сукупності, тобто закономірність варіювання розглянутої ознаки (висота черепашки). 5. Скласти графік – полігон розподілу висот черепашок у 50 особин виду. На осі абсцис вказують висоти раковини, на осі ординат – частоти варіант. 6. Порівняти розмах варіювання ознаки з літературними даними. 7. Визначити, використовуючи графік, закономірності варіювання ознаки. 8. Зробити висновки.

Приклад 2. Тема лабораторного заняття: Оцінка характеру варіювання ознак черепашки за допомогою коефіцієнту варіації ознаки.

Мета. Навчитися визначати форму та вимірювати морфологічні показники черепашки червононогих молюсків за загальноприйнятими методиками. Навчитися проводити оцінку характеру варіювання ознак за допомогою коефіцієнту варіації ознаки.

Обладнання та матеріали. Черепашки червононогих молюсків різних видів з різними типами черепашок. Черепашки молюсків одного виду із двох локальних популяцій. Таблиці, малюнки, штангенциркуль, бінокулярний мікроскоп МБС 10, прості олівці.

Хід роботи. Для роботи використовують дві групи молюсків одного виду, що представляють різні популяції. Показники черепашок для кожної окремої популяції вимірює окрема група студентів. Отримані дані об'єднуються для проведення визначення показника варіації (висоти черепашки).

1. Розмістити черепашку одного із видів за існуючими правилами (устям до себе). За допомогою таблиці визначити тип черепашки, виконати малюнок, позначити тип черепашки. 2. За допомогою штангенциркуля виміряти висоту черепашки

(ВЧ), ширину черепашки (ШЧ), висоту устя (ВУ), ширину устя (ШУ) (30 особин із кожної популяції). Записати показники (рис. 1). 3. За допомогою бінокулярного мікроскопа знайти на апексі початок першого оберту черепашки, опустити умовну середню лінію (збігається з центральною лінією стовпчика), відмітити її за допомогою олівця на поверхні черепашки. Підрахувати кількість повних і неповних обертів. Зафіксувати показники.

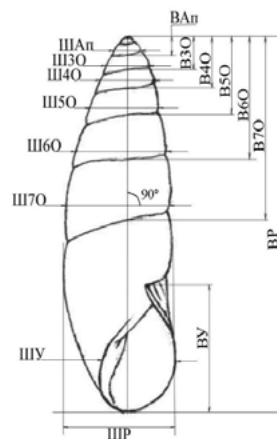


Рис. 1. Показники черепашки та правила їх вимірювання

4. Для всіх виміряних черепашок у межах кожної популяції знайти коефіцієнт варіації (CV) за її висотою, для чого виконати такі розрахунки:

а) знайти середню арифметичну висоти черепашки;

б) знайти середнє квадратичне відхилення;

в) знайти відносний показник варіації ознаки;

Зафіксувати отримані результати.

5. Зробити висновки щодо характеру варіювання ознаки у двох груп молюсків, що порівнюються за висотою черепашки. Виявити, у якій із популяцій ознака варіює значніше, зробити припущення щодо причин таких відмінностей між популяціями.

Приклад 3. Тема лабораторного заняття: Обробка даних фенетичної структури популяцій наземних молюсків.

Мета. Засвоєння методики дослідження фенетичної структури популяцій молюсків за характером смугастості черепашки.

Обладнання та матеріали. Матеріалом для цієї роботи стали 60 особин виду наземних молюсків *Helix albescens* Rossmässler, 1839, які були зібрані у межах популяцій з м. Первомайськ, м. Миколаїв, с. Парутино, с. Рибаківка, по 15 особин із кожної популяції. Були використані черепашки дорослих особин молюсків означеного виду.

Характер смугастості черепашки фіксувався загальноприйнятим способом з урахуванням кількості смуг, їхнього злиття, відсутності окремих смуг, враховуючи максимальну кількість смуг, яка дорівнює 5.

Отримані результати заносилися у таблицю.

Смуги нумеруються відповідно до порядку розташування на останньому оберті від шва до пупка. У разі злиття смуг їх беруть у дужки, наприклад (23), що означає злиття другої та третьої смуги. У разі відсутності їх позначають нулем – 0.

Фенетична різноманітність популяцій є важливою складовою частиною біорізноманітності. Показник внутрішньопопуляційної різноманітності (μ) оцінює ступінь фенетичної різноманітності популяції, а частка рідкісних морф (h) – структуру цієї різноманітності. Показники та їх похибки (S_μ , S_h) вираховують за формулами, де $p_1, p_2 \dots p_m$ – частоти морф у вибірці; m – загальна кількість морф; N – кількість особин (раковин) у вибірці.

Значення μ коливається від 1 (коли популяція або вибірка мономорфна, тобто містить лише особин з однаковим фенотипом) до 0 (якщо усі морфи трапляються з однаковою частотою). В останньому випадку частка рідкісних морф мінімальна ($h = 0$), оскільки жодна з морф не є рідкісною.

Для порівняння фенетичної структури різних популяцій використовують показник подібності популяцій: $r = \sqrt{p_1 q_1} + \sqrt{p_2 q_2} + \dots + \sqrt{p_m q_m}$; де $p_1, p_2 \dots p_m$ – частоти морф у першій популяції (вибірці); $q_1, q_2 \dots q_m$ – частоти відповідних морф у другій популяції (вибірці).

Значення показника коливаються від $r = 0$, коли порівнювані вибірки не мають жодної спільної морфи, до $r = 1$, коли вибірки є ідентичними за частотами морф. Слід відзначити, що на практиці навіть дві вибірки з однієї популяції або порівняно невеликої колонії ніколи не бувають повністю ідентичними, отже, r може лише наблизитися до 1.

Хід роботи. 1. За допомогою калькулятора підрахувати частоти основних фенотипів кожної популяції. 2. За допомогою калькулятора підрахувати індекси різноманітності для кожної популяції. 3. Занести отримані дані в таблицю. 4. Прокоментувати отримані результати.

5. Порівняти фенетичну структуру двох будь-яких досліджених популяцій, використовуючи показник подібності популяцій r . 6. Прокоментуйте отримані результати.

У всіх випадках пропонуються формули та варіанти таблиць для заповнення.

Висновки і пропозиції. Отриманий досвід свідчить про те, що підходи, які використовуються під час організації лабораторних занять із малакології, надихають студентів на вибір тем дипломних робіт, пов'язаних з цією дисципліною. За результатами досліджень підготовлено 12 магістерських робіт за спеціальністю 091 Біологія, опубліковано статті, у тому числі фахові [5, с. 67], та тези сумісно із студентами. Володіння методами статистичної обробки даних біологічних досліджень є невід'ємною складовою частиною у підготовці біологів, здатних до науково-дослідної роботи.

Список використаної літератури:

1. Наказ про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 091 «Біологія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти від 21.11.2019 р. №1457 <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/zatverdzeni%20standarty/2019/11/22/2019-11-22-091-B.pdf>
2. Шибанін В.С., Мельник С.І., Крамаренко С.С., Ганганов В.М. Аналіз структури популяцій. Миколаїв: МДАУ. 2008. 240 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.
4. Яблоков А.В. Юсуфов А.Г. Эволюционное учение (Дарвинизм): Учеб. для биол. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1989. 335 с.
5. Вичалковська Н.В., Кірсанов Д.А. Особливості структури та пігментації раковини молюсків *Sepaea vindobonensis* Ferussac, 1821 з чотирьох локальних популяцій Північного Причорномор'я. *Вісник проблем біології і медицини*. Вип. 4, том 2 (140) Полтава, 2017. С. 67–71.

Vichalkovska N. The use of mathematical methods in laboratory classes in malacology

The article discusses approaches that allow students to learn the methods of statistical processing of data obtained during scientific research on the basis of «Malacology» discipline. This approach meets the requirements of the educational and professional program of specialty 091 Biology. The procedure for performing laboratory classes involves a gradual complication of the tasks set for students. Initially, they invited to conduct an initial analysis of the data and its interpretation using generally accepted terminology. It proposed to create histograms, determine the average indicators of the features, limits of indicators of features, etc. Then it proposed to use formulas mainly of parameters statistics and the ability to analyze the results.

During the study of malacology, the student realizes the complexity of the process of obtaining information about the peculiarities of morphology, physiology, variability of wildlife individuals, in particular representatives of the Molluscs type. They are beginning to understand approaches to obtain, for example, the data needed to identify species. The concept of "species feature" acquires updated meaning.

During laboratory classes, students use the necessary equipment to measure the indicators of the shell and elements of the copulative apparatus. Master practical skills of working with a binocular microscope with a micrometer, tools for study of the soft body. Tasks are performed by groups of students, which allows obtain data within the time of laboratory training, the number of which meets the requirements for obtaining statistically significant results. Such work contributes to gaining experience in the team, unites students in achieving a common result.

It is important that objects (shells or fixed individuals with a soft body), are collected and fixed personally by students during the field practice in zoology. Before study of malacology, students have the experience of collecting, fixing, transporting material in the field, which is also an important component of the biologist's research work.

Key words: malacology, zoology, research work of students, statistics.