**Мелітопольський державний педагогічний університет**

**імені Богдана Хмельницького**

|  |  |
| --- | --- |
| **Назва освітнього компоненту** | **Концепції системної біології**  *Обов’язковий* |
| **Ступінь освіти**  Спеціальність | доктор філософії  091 Біологія |
| **Рік викладання/ Семестр/ Курс (рік навчання)** | *2021-2022/ 2 семестр* |
| **Викладач** | Солоненко А.М. |
| **Розробники** | Солоненко А.М. |
| **Профайл викладача** | https://aspirant.mdpu.org.ua/%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B9-%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87/ |
| **Контактний тел.** | (0619) 44-04-03 |
| **E-mail:** | anatol8@ukr.net |
| **Сторінка освітнього компоненту** | http://www.dfn.mdpu.org.ua/course/view.php?id=4626 |
| **Консультації** | *Очні консультації:*  *щосереди, згідно графіку роботи кафедри ботаніки та садово-паркового господарства.*  *Онлайн-консультації:*  *через систему ЦОДТ МДПУ ім. Б.Хмельницького.* |

**1. Анотація**

«Концепції системної біології» є обов’язковим освітнім компонентом освітньо-наукової програми «Біологія» при підготовці за ступенем освіти «доктор філософії». При його вивченні передбачено ознайомлення з концепціями системної біології, міждисциплінарною науковою дисципліною про життя, що утворилася внаслідок перетину біології та теорії складних систем. Системна біологія розглядає питання складних взаємодій в живих системах за допомогою холістичного підходу. Математичні моделі цих систем зазнають верифікації різними експериментальними даними, методична основа яких, представляє собою найсучасніші напрями біологічних досліджень. Освітній компонент включає огляд питань функціонування та структури біологічних систем, процесів на різних рівнях організації живої матерії, інструментарій та методологію сучасною системної біології.

**2. Мета та ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА**

Метою освітнього компонента «Концепції системної біології» є формування уявлення холістичних принципів організації біологічних систем та особливостей процесів в них.

Завданнями курсу є:

1) здійснити огляд принципів структурної організації життя та біологічних систем;

2) розглянути концепції та приклади системно-біологічного підходу в різних галузях біологічних досліджень.

**3. ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, ЯКІ НАБУВАЮТЬСЯ ПІД ЧАС ОПАНУВАННЯ ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ**

1. Інтегральна компетентність:

ІК. Здатність розв’язувати комплексні завдання в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір та розуміння того, як наукові дослідження в тематичних галузях впливають на вирішення поточних проблем людини та суспільства.

1. Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до формування системного наукового світогляду, розуміння предметної області біології та розуміння професійної діяльності.

ЗК05. Здатність до критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та комплексних ідей в біології.

ЗК08. Здатність до генерації ідей та постійної відданості розвитку нових процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.

1. Фахові компетентності:

ФК1. Здатність планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у біології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах і можуть бути опубліковані у наукових виданнях з біології та суміжних галузей.

ФК4. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, які проводять.

ФК5. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в біології та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

**4. Результати навчання**

**Програмні результати навчання (ПР)**

ПР01. Демонструвати володіння науковою методологією, глибоке знання передових концептуальних та методологічних основ біологічних наук та на межі галузей знань, що створює можливість переосмислювати та поглиблювати науку про живе.

ПР08. Демонструвати значну авторитетність, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічної та професійної доброчесності, послідовної відданості розвитку нових ідей в біології.

**5. Обсяг ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид заняття** | **лекції** | **практичні заняття** | **самостійна робота** |
| **Кількість годин** | 20 | 20 | 80 |

**6. Політика**

Політика навчання через дослідження

* Курс є складової освітньо-наукової програми, тому ключовим принципом політики курсу є «Навчання через дослідження». Усі складові курсу розглядаються у контексті відповідності наукових інтересів аспірантів.

Політика академічної поведінки та етики:

* Не пропускати та не запізнюватися на заняття за розкладом;
* Вчасно виконувати завдання семінарів та питань самостійної роботи;
* Вчасно та самостійно виконувати контрольно-модульні завдання
* Дотримуватись Кодексу академічної доброчесності, прийнятого у МДПУ імені Богдана Хмельницького <https://mdpu.org.ua/wp-content/uploads/2020/11/Kodeks-akadem-dobrochesnosti_2020.pdf> та Положення про Академічну доброчесність <https://mdpu.org.ua/wp-content/uploads/2020/11/akademichna-dobrochesnist_2020.pdf>. Здобувачі освіти мають самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та періодичного контролю, самостійні завдання, посилатися на джерела інформації у разі запозичень ідей, тверджень, відомостей; дотримуватись норм законодавства про авторське право.

**7. СТРУКТУРА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА**

**7.1. СТРУКТУРА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (ЗАГАЛЬНА)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Кількість годин** | **Тема** | **Форма діяльності (заняття, кількість годин)** | **Література** | **Завдання** | **Термін виконання** |
| **БЛОК 1. ОЗНАКИ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЖИВОЇ МАТЕРІЇ** | | | | | |
| 12 | Тема 1. Система міждисциплінарних знань про життя | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-3 |  | другий семестр  (перший періодичний контроль) |
| 12 | Тема 2. Життя як феномен. Ознаки життя. Енергетика живої матерії. | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-3 |  | другий семестр  (перший періодичний контроль) |
| 12 | Тема 3. Біологічна функціональна конструкція. Біологічна мережа. | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-3 |  | другий семестр  (перший періодичний контроль) |
| 12 | Тема 4. Молекулярно-інформаційні системи | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-3 |  | другий семестр  (перший періодичний контроль) |
| 12 | Тема 5. Адаптивність живих систем | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-3 |  | другий семестр  (перший періодичний контроль) |
| 12 | Тема 6. Еволюція як процес зміни програм розвитку живих систем | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-3 |  | другий семестр  (перший періодичний контроль) |
| **БЛОК 2. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ СИСТЕМНОЇ БІОЛОГІЇ** | | | | | |
| 12 | Тема 7. Експериментальна методологія і інструментарій системної біології | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-4 |  | другий семестр  (другий періодичний контроль) |
| 12 | Тема 8. Теоретична методологія і інструментарій | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-4 |  | другий семестр  (другий періодичний контроль) |
| 12 | Тема 9. Методи та інструментарій біоінформатики | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-4 |  | другий семестр  (другий періодичний контроль) |
| 12 | Тема 10. Синтетична біологія | Лекція (2 год.)  Практичне заняття (2 год.)  Самостійна робота (8 год.) | 1-4 |  | другий семестр  (другий періодичний контроль) |

**7.2. СТРУКТУРА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (лекційний блок)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Тема лекції** | **Зміст лекції** |
| Тема 1. Система міждисциплінарних знань про життя | Етапи розвитку біології.  Системна біологія як міждисциплінарна наука: мета і область досліджень, наукова парадигма, теоретичні основи, основний інструментарій, соціокультурне значення.  Холізм і редукціонізм в біології. |
| Тема 2. Життя як феномен. Ознаки життя. Енергетика живої матерії. | Головні ознаки живих систем.  Енергія живих систем.  Робота молекулярних машин.  Фізико-хімічні, молекулярно-біологічні, клітинні і інтегративні механізми енергозабезпечення нерівноважного стану. |
| Тема 3. Біологічна функціональна конструкція. Біологічна мережа. | Біологічні молекули.  Надмолекулярні функціональні конструкції.  Тканини і органи як функціональні конструкції.  Прямі і зворотні зв’язки між біологічними функціональними конструкціями.  Головні властивості та принципи роботи біологічних мереж.  Теорія систем. Теорія динамічних систем.  Теорія графів і Марковські процеси. |
| Тема 4. Молекулярно-інформаційні системи | Теорія інформації в біології. Живі системи як інформаційні системи.  Основні поняття теорії інформації в контексті біологічних парадигм.  Інформаційна система: загальна структура, передавачі і приймачі, канали зв’язку, сигнали, кодування і декодування інформації, джерела перешкод.  Генерація, сприйняття і обробка хімічних, електричних, акустичних і електромагнітних сигналів в живих системах.  Кодування інформації в живих системах.  Поняття інформаційного повідомлення, їх семантика.  Клітинний «Асемблер»: хімічні, електрохімічні і електромагнітні коди.  Квантово-фізичні взаємодії між молекулярними функціональними конструкціями.  Живі системи – автокаталітичні молекулярно-інформаційні системи.  Клітинне «програмування» високого рівня – ДНК-РНК-технології і біосинтез білка.  Гіперцикли Ейгена.  Генетичні (генні) мережі. |
| Тема 5. Адаптивність живих систем | Феномен «адаптації» в неживому світі рівноважних систем.  Принцип Ле Шательє-Брауна для рівноважних систем, а також нерівноважних систем, що знаходяться в стаціонарному стані.  Онтогенетична адаптація як біологічний феномен.  Адаптація, як модифікація програми розвитку організму під впливом факторів середовища.  Види адаптацій. Специфічність і неспецифічність онтогенетичних адаптацій.  Стрес як загальна адаптаційна реакція. Механізми клітинного стресу.  Виховання як процес адаптації до соціокультурних умов.  Зміна навколишнього середовища живими організмами як вища форма адаптації. |
| Тема 6. Еволюція як процес зміни програм розвитку живих систем | Механізми зміни програм розвитку в популяціях.  Мутації як основний механізм зміни програм розвитку і формування різноманіття в популяції живих організмів. Фіксація мутацій в популяціях.  Молекулярна еволюція.  Боротьба за існування та природній добір як рушійні сили еволюції.  Мікро- і макроеволюція.  Сучасні проблеми теорії еволюції з позиції теорії складних систем. |
| Тема 7. Експериментальна методологія і інструментарій системної біології | Геноміка і епігеноміка.  Транскриптоміка і інтефероміка.  Протеоміка.  Глікоміка і ліпідоміка.  Метаболоміка.  Інтерактоміка.  Флаксоміка.  Біоміка. |
| Тема 8. Теоретична методологія і інструментарій | Теорія систем.  Теорія динамічних систем.  Теорія хаосу.  Синергетика.  Теорія інформації.  Теорія управління.  Теорія випадкових процесів. |
| Тема 9. Методи та інструментарій біоінформатики | Область дослідження біоінформатики  Комп’ютерні бази даних  Візуалізація експериментальних даних та теоретичних моделей. |
| Тема 10. Перспективні прикладні питання системної біології | Синтетична клітина.  Синтетичні неприродні білки.  Організми-кіборги.  Людська цивілізація як соціобіологічна форма життя.  Біосфера, антропосфера, техносфера, ноосфера. |

**7.3. СТРУКТУРА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (практичні заняття)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Тема практичного заняття** | **Зміст практичного заняття** |
| Тема 1. Моделювання в системній біології | Математичні моделі.  Візуалізація моделей. |
| Тема 2. Біологічна мережа | Моделювання метаболічних мереж і динаміки біологічних процесів.  Моделювання генетичних (генних) мереж |
| Тема 3. Моделювання макромолекул | Білкова структура |
| Тема 4. Біологічні системи людини. Клітина, багатоклітинність | Клітинна модель.  Моделювання багатоклітинних організмів. |
| Тема 5. Біологічні системи людини. | Мозкова модель.  Модель імунної системи. |
| Тема 6. Еволюція як процес зміни програм розвитку живих систем | Математичне моделювання еволюційних процесів. |
| Тема 7. Екологічні моделі. Популяції | Математичне моделювання зростання популяцій. |
| Тема 8. Екологічні моделі. Екотоксикологія | Моделі в екотоксикології. |
| Тема 9. Методи та інструментарій біоінформатики | Робота в відкритих базах біологічних даних.  Робота з сіквенсами нуклеїнової послідовності (редагування, побудова вторинної структури, вирівнювання, створення data-set). |
| Тема 10. Філогенетичне моделювання | Побудова філогенетичних дерев за нуклеїновою послідовністю маркерного гена |

**7.4. СТРУКТУРА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (теми для самостійного опрацювання)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Тема для самостійного опрацювання** | **Зміст теми** |
| Тема 1. Історичний нарис системної біології | Періодизація та історія системної біології.  Постаті в системній біології |
| Тема 2. Теорія динамічних систем і кібернетика | Міждисциплінарні зв’язки системної біології  Теорія динамічних систем в системній біології  Кібернетика в системній біології |
| Тема 3. Порівняння програмного забезпечення для моделювання молекулярної механіки | AMBER. Abalone. ADF. Ascalaph Designer. Avogadro. BOSS. CHARMM. CHEMKIN. CP2K. Desmond. Discovery Studio. fold.it. FoldX. GROMACS. GROMOS. LAMMPS. MacroModel. MAPS. Materials Studio. MBN Explorer. MDynaMix. ms2. MOE. Orac. NAMD + VMD. NWChem. Protein. Local Optimization Program. Q. SAMSON. Scigress. Spartan. TeraChem. TINKER. Tremolo-X. UCSF. Chimera. YASARA. |
| Тема 4. Обчислювальна біологія | Біоінформатика.  Обчислювальна геноміка.  Обчислювальне біомоделювання.  Молекулярне моделювання.  Прогностика структури білків і структурна геноміка.  Обчислювальні підрозділи біохімії і біофізики. |
| Тема 5. Астробіологія. Футуристичні погляди | Термодинамічний «Апокаліпсис» на Землі.  Колонізація інших планет. Екстромофіли.  Штучне тераформування |

1. **МЕТОДИ ТА ФОРМИ КОНТРОЛЮ**

Методи, які будуть використані для оцінювання результатів навчання:

* усний;
* письмовий (перша та друга контрольні точки);
* тестовий контроль;
* перевірка під час практичних занять;
* контроль виконання завдань самостійної роботи (реферати, презентації, проекти)
* підсумковий (семестровий) – іспит.

Періодичний контроль складається з двох контрольних робіт (перша та друга контрольні точки). Контрольна робота включає тестові завдання та відповіді на два розгорнуті питання. Перша контрольна робота включає питання з тем Блоку 1, друга контрольна робота - Блок 2.

**Критерії оцінювання відповідно ДО видів контролю**

Контроль за видами діяльності здобувачів вищої освіти здійснюється шляхом поточного оцінювання знань (під час практичних занять), контролю виконання завдань самостійної роботи, періодичного контролю (періодична контрольна робота). Підсумкова оцінка виставляється за національною, 100-бальною шкалами і ЕСТS. Розрахунок підсумкової оцінки здійснюється.

Загальна система оцінювання курсу

За семестр з курсу дисципліни проводяться два періодичні контролі (ПКР), результати яких є складником результатів контрольних точок першої (КТ1) і другої (КТ2). Результати контрольної точки (КТ) є сумою поточного (ПК) і періодичного контролю (ПКР): КТ = ПК + ПКР. Максимальна кількість балів за контрольну точку (КТ) складає 50 балів, а за загальна за весь курс, відповідно – 100 балів. Максимальна кількість балів за періодичний контроль (ПКР) становить 60% від максимальної кількості балів за контрольну точку (КТ), тобто 30 балів. А 40 % балів, тобто решта балів контрольної точки, є бали за поточний контроль, а саме по 20 балів за кожний. Результати поточного контролю обчислюються як середньозважена оцінок (Хср) за діяльність здобувача на практичних заняттях, що входять в число певної контрольної точки. Для трансферу середньозваженої оцінки (Хср) в бали, що входять до 40 % балів контрольної точки (КТ), треба скористатися формулою: ПК = (Хср)∗20 / 5. Таким чином, якщо за поточний контроль (ПК) видів діяльності здобувача на всіх заняттях Хср = 4.1 бали, які були до періодичного контролю (ПКР), то їх перерахування на 20 балів здійснюється так: ПК = 4.1∗20 / 5 = 4.1 \* 4 = 16.4 // 16 (балів). За періодичний контроль (ПКР) отримано 30 балів. Тоді за контрольну точку (КТ) буде отримано КТ = ПК + ПКР = 16 + 30 = 46 (балів).

Здобувач вищої освіти має право на підвищення результату тільки одного періодичного контролю (ПКР) протягом двох тижнів після його складання у випадку отримання незадовільної оцінки.

Здобувач, який навчається стабільно на «відмінні» оцінки і саме такі оцінки має за періодичні контролі, накопичує впродовж вивчення навчального курсу 90 і більше балів, має право не складати екзамен з даної дисципліни.

Здобувач зобов’язаний відпрацювати всі пропущені практичні заняття протягом двох тижнів. Невідпрацьовані заняття (невиконання навчального плану) є підставою для недопущення здобувача до підсумкового контролю.

Критерії оцінювання поточного контролю на практичних заняттях (усне, письмове опитування):

**«5»** – здобувач в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов’язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі розрахункові / тестові завдання. Здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв’язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.

**«4»** – здобувач достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому нормативну та обов’язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість розрахункових / тестових завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв’язки, у яких можуть бути окремі несуттєві помилки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.

**«3»** – здобувач в цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових розрахунків, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину розрахункових / тестових завдань. Має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв’язків і формулювання висновків.

**«2»** – здобувач не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових розрахунків, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності. Правильно вирішив окремі розрахункові / тестові завдання. Безсистемно відділяє випадкові ознаки вивченого; не вміє зробити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки.

Критерії оцінювання періодичного контролю

Контрольна робота включає тестові завдання та відповіді на два теоретичні питання. Максимальна кількість балів – 30.

Десять тестових завдань по 1 балу – 10 балів. Два розгорнуті питання по 10 балів:

10-9 балів: здобувач дає вичерпну відповідь на поставлене питання і виявляє глибокі ґрунтовні знання з певної теми. Спроможній мислити нестандартно, давати оригінальне тлумачення проблем, здатність самостійно інтерпретувати, узагальнювати, робити висновки на основі конкретного матеріалу.

8-7 балів: здобувач правильно і майже в достатньому обсязі дав відповідь на поставлене питання, що підтверджує його глибокі знання з предмета, показав розуміння теми, але ще не зовсім правильно може використати знання на практиці. Має незначні помилки у викладі матеріалу.

6-5 бали: здобувач недостатньо орієнтується в матеріалі, не завжди може самостійно проаналізувати запропонований матеріал; не дає вичерпної відповіді на контенті питання.

4-3 бали: здобувач допускає суттєві помилки у викладі матеріалу, порушує логіку відповіді, відтворює матеріал на елементарному рівні.

1-2 балів: здобувач не зміг викласти зміст питання, погано орієнтується в матеріалі, допускаючи при цьому суттєві неточності.

0 балів: відповідь відсутня

**9. Рекомендована література**

**Основна література**

1. A Means Toward a New Holism. Science 161 (3836): P. 34–35.
2. Handbook of Systems Biology: Concepts and Insights. Edited by Walhout A.J. M., Vidal M., Dekker J. – Academic Press, Elsevier, 2013. – 552 p.
3. Mesarovic, M. D. Systems Theory and Biology. Springer-Verlag – 1968.
4. Liu L.A., Wei D., Li Y., Lei H. Handbook of Research on Computational and Systems Biology: Interdisciplinary Applications. – IGI Global, 2011. – 776 p.

Допоміжна література

1. Sauer U. et al. Getting Closer to the Whole Picture. Science. – 2007. – 316. – 550 p.
2. Noble D. The Music of Life: Biology beyond the genome. Oxford University Press. – 2006.
3. Le Novere N. The long journey to a Systems Biology of neuronal function. BMC Systems Biology.– 2007. – 1. – 28 p.
4. Mikhailov A.S., Hess B. Self-Organization in Living Cells: Networks of Protein Machines and Nonequilibrium Soft. – Journal of Biological Physics, 200, 228. – pp. 655–672.
5. Daskalaki A. Handbook of Research on Systems Biology Applications in Medicine. – IGI Global, 2008. – 982 p.
6. Солоненко А.М., Мальцева И.А.Опыт использования двухфакторного дисперсионного анализа для характеристики альгосинузий почв лесных рекультивационных насаждений Экология и ноосферология. – 1999. – Т.7. – №3. – С. 110 – 115.
7. Solonenko, A. M., Arabadzhy-Tipenko, L. I., Kunakh, O. M., & Kovalenko, D. V. (2020). The role of ecological groups in the formation of cyanobacterial communities in the ecosystems of the North Azov region (Ukraine). Biosystems Diversity, 28(3), 216–223. doi:10.15421/012028
8. Maltsev, Y. I., Maltseva, I. A., Solonenko, A. N., & Bren, A. G. (2017). Use of soil biota in the assessment of the ecological potential of urban soils. Biosystems Diversity, 25(4), 257–262. https://doi.org/10.15421/011739

**ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ**

1. Comparison of software for molecular mechanics modeling

<https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_software_for_molecular_mechanics_modeling>

2. National Center for Biotechnology Information

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>