

Міністерство освіти і науки
Житомирський державний університет імені Івана Франка
Природничий факультет
Кафедра екології та географії

Хом'як І.В.

**Інструктивно-методичні матеріали до практичних занять з освітньої
компоненти
«Основи астроекології»**

Для підготовки здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти

Галузь знань Е Природничі науки
Спеціальність Е2 Екологія
Предметна спеціальність -
Спеціалізація -
Освітня програма Екологія
Факультет Природничий

Автор:
професор кафедри екології та географії **Хом'як Іван**
Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри екології
та географії
Протокол від « 10 » квітня 2026 р. № 19
Завідувач кафедри екології та географії
_____ Олександр ГАРБАР

Житомир 2026

УДК 574.5+523.3
Х-76

Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 10 від 24.04.2026 р.).

Рецензенти:

Олександр КРАТЮК – доктор біологічних наук, професор кафедри лісового та садово-паркового господарства Поліського національного університету

Наталія БОРДЮГ – доктор педагогічних наук, професор, директор Комунального закладу позашкільної освіти «Обласний еколого-натуралістичний центр» Житомирської обласної ради;

Діана ГАРБАР – доцент, кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Х-76

Хом'як І. В., Інструктивно-методичні матеріали до практичних занять з освітньої компоненти «Основи астроекології». Житомир: видавництво ЖДУ ім. І. Франка, 2026. 51 с.

Інструктивно-методичні рекомендації для практичних робіт з курсу «Основи астроекології» розроблені на основі сучасних досягнень в галузі астробіології та екології. Підготовані до практичних робіт матеріали включають в себе сучасні наукові дані та відображають актуальні проблеми теоретичної та практичної складової сучасної екології. Інструктивно-методичні рекомендації призначені для здобувачів вищої освіти.

©Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2026

ЗМІСТ

Пояснювальна записка	4
Інструкція з техніки безпеки	8
Практична робота 1. Структура астроекології та її місце в системі природничих наук	9
Практична робота 2. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі	11
Практична робота 3. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі	14
Практична робота 4. Пошук позаземного життя	16
Практична робота 5. Пошук позаземного життя	19
Практична робота 6. Гіпотеза унікальної Землі та парадокс Великого мовчання	22
Практична робота 7. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі	24
Практична робота 8. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі	27
Практична робота 9. Алгоритми колонізації космічного простору	29
Практична робота 10. Алгоритми тератрансформації	31
Практична робота 11. Методологія космічної експансії	33
Практична робота 12. Проблемні питання до підготовки для модульного контролю	35
Питання для самостійного опрацювання та самоперевірки	37
Рекомендована література	43

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Освітня компонента «Основи астроекології» призначена для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та відповідає освітньо-професійній програмі «Екологія».

Об'єктом освітньої компоненти «Основи астроекології» є живі системи різних рівнів організації (від молекулярно-генетичного до біосферного) та їхнє середовище існування в умовах космічного простору або на поверхні інших небесних тіл.

Предметом освітньої компоненти «Основи астроекології» є загальні закономірності взаємодії живих систем із чинниками космічного середовища, стратегії їхньої адаптації, виживання та еволюції поза межами земної біосфери, а також принципи формування стійких антропогенних екосистем на інших планетах.

Метою вивчення освітньої компоненти «Основи астроекології» є формування у здобувачів вищої освіти цілісної системи знань про функціонування живих систем у космічному просторі, опанування теоретичних основ взаємодії біосфери з позаземними чинниками та набуття практичних навичок моделювання стійких антропогенних екосистем для забезпечення життєдіяльності людини на інших небесних тілах.

Завдання освітньої компоненти «Основи астроекології»

Теоретичні завдання:

- Розкрити концепцію життя як космічного явища та визначити роль біоти у глобальних енергетичних процесах Всесвіту.

- Проаналізувати структуру та ієрархію космічних систем, вивчивши вплив екстремальних чинників (радіація, мікрогравітація, вакуум) на біологічні об'єкти.

- Дослідити еволюцію астроекологічних ідей від класичного космізму до сучасних стратегій тераформування.

Практичні та методологічні завдання:

- Опанувати методи фітоіндикації та біомоніторингу для оцінки придатності позаземних субстратів (реголіту) до колонізації рослинними угрупованнями.

- Вивчити принципи побудови замкнених еколого-технічних систем (Bio-LSS) та оцінити рівень їхньої технологічної готовності (TRL).

- Ознайомитися з міжнародно-правовим полем (зокрема, Artemis Accords) щодо екологічної безпеки та використання космічних ресурсів.

- Розробити моделі адаптації рудеральних та піонерних рослинних угруповань до умов ізольованих місячних поселень.

Очікувані результати навчання:

- Знати: фізико-хімічні характеристики космічного середовища та біологічні межі виживання земних організмів.

- Вміти: прогнозувати розвиток біоти в позаземному середовищі.

- Володіти: навичками порівняльного аналізу стратегій виживання екстратерестіальної біоти для вирішення завдань космічної біології.

Міждисциплінарні зв'язки:

«Основи астроекології» пов'язані із багатьма освітніми компонентами. Зокрема вони використовують знання та факти із таких наук та дисциплін: «Геологія з основами геоморфології», «Хімія з основами біогеохімії», «Метеорологія і кліматологія», «Ґрунтознавство», «Біологія», «Історія екології», «Моніторинг довкілля», «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Екологія людини та урбоекологія», «Екосистемологія», «Радіоекологія» та інші.

Інформаційний обсяг матеріалу «Основи астроекології» складається із одного модуля. Він включає такі теми:

Тема 1. Структура астроекології та її місце в системі природничих наук

Предмет і завдання астроекології. Місце астроекології в системі природничих наук. Структура астроекології. Історія астроекології. Життя як космічне явище. Всесвіт – динамічна ієрархічна система. Стратегії виживання. Живі системи і їхні стратегії.

Тема 2. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі

Закономірності взаємодії організмів із середовищем. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі. Біоморфи, як спосіб адаптації до умов середовища. Енергетичні потоки через популяцію. Енергетика екосистем. Потоки енергії в екосистемах. Екосистема, як упаковка еконіш. Динаміка екосистем: біоритми, sukcesія, флуктуації, еволюція. Моделювання динаміки екосистем. Екосистеми штучних космічних об'єктів. Моделювання динаміки та структури екзобіосфер.

Тема 3. Пошук позаземного життя

Історія пошуків позаземного життя. Біосигнатури. Програма SETI. Програма Breakthrough Initiatives.

Тема 4. Гіпотеза унікальної Землі та парадокс Великого мовчання

Гіпотеза унікальної землі. Парадокс Фермі. Парадокс Великого мовчання. Рівняння Дрейка.

Тема 5. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі

Проблема контакту. Протоколи контакту із позаземним життям на Землі. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі. Безпекові питання контакту із інопланетними розумними істотами. Етика першого контакту. Облаштування співіснування в космічному просторі.

Тема 6. Алгоритми колонізації космічного простору

Колонізація космічного простору. Причини космічної колонізації. Сучасний етап освоєння космічного простору. Технологічні бар'єри на шляху колонізації.

Тема 7. Алгоритми тератрансформації

Тератрансформація. Експансійні стратегії популяцій. Популяції едифікаторів. Популяції інвазійних видів трансформерів. Тератрансформація та рекультивация. Алгоритми тератрансформації.

Тема 8. Методологія космічної експансії

Космічна експансія. Етичні проблеми колонізації космічного простору. Космічна експансія – стратегічні задачі сьогодення.

На сучасному етапі розвитку цивілізації людство переходить від теоретичного споглядання космосу до його практичного освоєння. Методичні рекомендації для практичних робіт із «Основ астроекології» розроблено з метою надати майбутнім екологам та дослідникам, необхідний інструментарій для якісного та ефективного проведення наукових і практичних робіт в межах космічних проектів та поглибити їхнє розуміння Всесвіту як динамічної ієрархічної системи, що дозволяє майбутнім екологам та біологам вийти за межі «геоцентричного» мислення. Студенти вчать розглядати життя як космічне явище, що є невід'ємною частиною енергетичного обміну в масштабах Галактики. Досвід астроекології у підтримці гомеостазу в екстремально обмежених ресурсах є неocenним для вирішення кризових ситуацій на Землі. Принципи космічної екології допомагають краще розуміти межі стійкості земних екосистем до антропогенного навантаження.

Вивчення «Основ астроекології» забезпечує студентам унікальний набір компетенцій: від здатності аналізувати генетичну пластичність популяцій до розуміння правових аспектів космічного природокористування. Це робить випускників конкурентоспроможними у новій «космічній економіці», де біологічна безпека та екологічний моніторинг стають базовими елементами міжпланетних експедицій.

Інструктивно-методичні матеріали охоплюють ключові аспекти підготовки астроекологів до практичної діяльності. Кожне практичне завдання розроблено таким чином, щоб здобувачі могли отримати конкретний практичний досвід та відчути себе справжнім дослідником. Виконуючи ці завдання, вони не лише поглиблюють свої теоретичні знання, а й розвинути критичне мислення, навички аналізу та синтезу інформації, що є надзвичайно цінними для майбутньої професійної діяльності еколога.

Проектна побудова практичних робіт дозволяє здобувачам опанувати роль дослідника ще під час навчання. Такий підхід гарантує поглиблення фахових знань та розвиток м'яких навичок (soft

skills), як-от системний аналіз, що є критично важливими для успішної діяльності в екологічній сфері.

Посібник структурує складний процес екологічного пошуку за чотирма напрямками:
Дизайн дослідження: від ідеї до чітко сформульованого наукового апарату.

- Інструментарій: ефективне поєднання методів збору та верифікації даних.
- Інформаційна гігієна: професійна робота з джерелами та академічними стандартами оформлення.
- Професійна етика: виховання культури добросовісності та наукової відповідальності.

Завдяки акценту на глобальних зв'язках біоти з космічним середовищем, це видання стане у пригоді не лише майбутнім екологам, а й представникам широкого кола природничих дисциплін, де живі системи є об'єктом практичного чи теоретичного вивчення. Під час практичного вивчення освітньої компоненти здобувач не лише освоює теоретичний матеріал на лекціях та виконує завдання під час лабораторних робіт.

Програма передбачає 80 годин самостійної роботи здобувача, що є невід'ємною складовою опанування дисципліни. Позааудиторна активність охоплює:

- опрацювання теоретичного базису до практичних занять;
- доопрацювання та завершення аналітичних кейсів, розпочатих під час аудиторних годин;
- підготовку рефератів та наукових повідомлень;
- розробку професійно-орієнтованих індивідуальних проєктів;
- систематизацію матеріалу при підготовці до модульного контролю та підсумкового заліку.

Теоретичний базис дисципліни опановується під час лекційних занять та в процесі самостійної роботи. Для ефективної підготовки до контрольних заходів (модульної роботи або заліку) здобувачам рекомендується дотримуватися наступного алгоритму:

Аналітичне читання: ретельне опрацювання рекомендованої літератури та лекційного матеріалу з фокусом на розумінні фундаментальних ідей.

Термінологічна систематизація: ідентифікація та фіксація ключових концептів, дефініцій та вузькоспеціалізованої термінології.

Інтелектуальна рефлексія: формулювання власних запитань щодо складних аспектів теми для подальшої дискусії.

Практична імплементація: пошук релевантних прикладів застосування теорії в межах майбутньої професійної діяльності еколога.

Структурування знань: створення стислих тез або опорних конспектів для оперативної актуалізації інформації.

Встановлення міжпредметних зв'язків: аналіз взаємодії поточної теми з попереднім матеріалом для формування цілісної наукової картини.

Вербалізація понять: перевірка точності розуміння та відтворення базових визначень.

Колаборативне навчання: обговорення матеріалу в групі для виявлення прогалин у знаннях та обміну ідеями.

Діагностика труднощів: виявлення складних для розуміння розділів та підготовка цільових запитань до викладача.

Комунікативна готовність: налаштування на активний діалог та партнерську взаємодію під час аудиторних занять

Процес підготовки якісного реферату базується на системному підході та дотриманні академічних стандартів. Рекомендується дотримуватися таких етапів:

Концептуалізація теми: Оберіть актуальний напрям, узгодивши його межі з викладачем. Тема має бути достатньо специфічною для глибокого аналізу, але забезпеченою необхідною джерельною базою.

Бібліографічний менеджмент: Формуйте базу джерел (монографії, статті, Scopus/WoS) з використанням інструментів автоматизації (наприклад, Zotero чи Mendeley).

Структурне проєктування: Складіть розгорнутий план, що включає вступ, логічно пов'язані розділи основної частини (2–4 блоки), узагальнюючі висновки та бібліографію.

Аналітична фіксація: Під час опрацювання літератури створюйте робочі нотатки із зазначенням сторінок для коректного подальшого цитування та запобігання плагіату.

Етика та доброчесність: Дотримуйтесь культури посилань навіть при парафразі. Використовуйте сервіси перевірки унікальності тексту.

Академічний стиль: Дотримуйтесь об'єктивності, термінологічної точності та лаконічності викладу. Уникайте суб'єктивізму та розмовних конструкцій.

Логічна зв'язність: Забезпечте плавний перехід між підрозділами та цілісність аргументації.

Стандартизація оформлення: Суворо дотримуйтесь обраного стилю цитування (ДСТУ, АРА, MLA), що є критичним показником якості наукової роботи.

Коректура та верифікація: Здійсніть ретельне вичитування тексту на предмет граматичних та стилістичних помилок.

Презентаційна готовність: Сформулюйте ключові тези для захисту та спрогнозуйте можливі запитання аудиторії..

Методичні рекомендації адресовані викладачам, студентам, магістрам та аспірантам відповідних спеціальностей.

Оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою»

https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf.

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти за всіма видами навчальних робіт проводиться за поточним, модульним та підсумковим контролюми.

Кожен здобувач вищої освіти має виконати обов'язкові завдання передбачені інструктивно-методичними матеріалами до лабораторних занять, методичними рекомендаціями до організації самостійної та індивідуальної роботи здобувачів вищої освіти, силабусом, навчальною та робочою програмою освітньої компоненти.

ІНСТРУКЦІЯ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

під час виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Основи астроекології»

Ця інструкція розроблена з метою забезпечення безпечних умов праці під час виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Основи астроекології». Дотримання викладених нижче правил є обов'язковим для всіх здобувачів вищої освіти.

Загальні положення: Перед початком кожної практичної роботи уважно ознайомтесь із її змістом, послідовністю виконання та потенційними ризиками. Усі роботи виконуйте відповідно до вказівок викладача та методичних рекомендацій. У разі виникнення будь-яких питань щодо безпеки негайно зверніться до викладача.

Дотримання дисципліни: На робочому місці забороняються сторонні розмови, відволікання та дії, що можуть завадити зосередженню на виконанні завдання. Виконуйте тільки ті завдання, які передбачені планом практичної роботи.

Використання обладнання та інструментів: Використовуйте лише справне обладнання та інструменти. Про будь-які несправності негайно повідомляйте викладача. Робота з незнайомим або складним обладнанням дозволяється лише після відповідного інструктажу та під наглядом викладача.

Робота з комп'ютерною технікою: Дотримуйтесь правил експлуатації комп'ютерів, проекторів та іншої офісної техніки. Забезпечте правильне розташування монітора та клавіатури для запобігання перевтомі очей та хребта. Робіть короткі перерви для відпочинку.

Електробезпека: Не вмикайте/вимикайте електроприлади мокрими руками. Не допускайте перевантаження електричної мережі. У разі виявлення пошкоджень електропроводки або обладнання негайно повідомте викладача та припиніть роботу.

Пожежна безпека: Знайте розташування первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, пожежних кран-комплектів) та шляхів евакуації. Не залишайте робоче місце без нагляду з увімкненими приладами.

Поведінка у надзвичайних ситуаціях: У разі виникнення аварійної ситуації (пожежа, пошкодження обладнання тощо) негайно повідомте викладача та дійте згідно з його вказівками. Дотримуйтесь плану евакуації у разі надзвичайної ситуації.

Особиста гігієна: Підтримуйте чистоту та порядок на робочому місці. Мийте руки після завершення роботи, особливо після контакту з ґрунтом, рослинами або іншими матеріалами, що можуть містити потенційні забруднювачі.

Особливості польових робіт: Під час польових виїздів суворо дотримуйтесь інструкцій з безпеки, наданих викладачем, щодо пересування, взаємодії з навколишнім середовищем та поводження з природними об'єктами. Одягайте відповідний одяг та взуття, що захищає від погодних умов та можливих травм. Будьте уважні до потенційних небезпек (отруйні рослини, комахи, нерівна місцевість).

Відповідальність: Особи, які порушують вимоги цієї інструкції, несуть відповідальність згідно з чинним законодавством України та правилами внутрішнього розпорядку навчального закладу.

Практична робота 1

Тема: Структура астроекології та її місце в системі природничих наук

Мета: Ознайомити здобувачів із структура астроекології та її місце в системі природничих наук

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам уявлення про структуру астроекології та її місце в системі природничих наук

Ключові поняття: астроекологія, астробіологія, природничі науки

Теоретичні питання:

1. Предмет і завдання астроекології.
2. Місце астроекології в системі природничих наук.
3. Структура астроекології.
4. Історія астроекології.
5. Життя як космічне явище.
6. Всесвіт – динамічна ієрархічна система.
7. Стратегії виживання.
8. Живі системи і їхні стратегії.

Контрольні питання:

1. Що є основним предметом вивчення астроекології?

- А. Класифікація зірок за їхнім спектральним класом
- Б. Взаємодія живих організмів та їхніх угруповань із чинниками космічного середовища
- В. Пошук радіосигналів від позаземних цивілізацій.
- Г. Вивчення виключно геологічної будови планет сонячної системи

2. Яке з перелічених завдань є актуальним для сучасної астроекології?

- А. Розрахунок траєкторій польоту міжпланетних станцій
- Б. Обґрунтування можливості створення штучних екосистем на інших планетах
- В. Вивчення впливу соціальних мереж на психологію астронавтів
- Г. Розробка нових видів палива для ракетних двигунів.

3. Вкажіть місце астроекології в системі природничих наук.

- А. Галузь гуманітарних наук про місце людини у світі
- Б. Прикладна частина сільськогосподарських наук
- В. Підрозділ виключно теоретичної фізики
- Г. Міждисциплінарна наука на стику біології, екології та астрономії

4. Яка з наук є найбільш спорідненою з астроекологією за об'єктом дослідження?

- А. Метеорологія
- Б. Кристалографія
- В. Астробіологія
- Г. Океанологія

5. До структури астроекології входить розділ, що вивчає вплив реголіту на рослини. Як він може називатися?

- А. Космічна гідрологія
- Б. Планетарна едафологія (астрогрунтознавство)
- В. Орбітальна метеорологія
- Г. Радіаційна генетика

6. До якого рівня структури астроекології належить моделювання тераформування Марса?

- А. Історична астрономія
- Б. Планетарна екологія (екологія небесних тіл)
- В. Екологія замкнених систем
- Г. Молекулярна астробіологія

7. Який період вважається початком формування передумов історії астроекології?

- А. Середина XIX століття (після Дарвіна)
- Б. Після запуску телескопа Джеймса Вебба
- В. Античність (часи Арістотеля)

Г. Початок ХХ століття (праці К. Ціолковського та В. Вернадського)

8. Хто з вчених висунув ідею про те, що життя є активною геологічною силою, пов'язаною з енергією Сонця та Космосу?

А. Володимир Вернадський

Б. Чарльз Дарвін

В. Нікола Тесла

Г. Альберт Ейнштейн

9. Концепція «Життя як космічне явище» передбачає, що:

А. Люди були занесені на Землю інопланетянами

Б. Всесвіт був створений спеціально для людей

В. Життя є закономірним етапом розвитку матерії у Всесвіті

Г. Життя існує тільки на Землі через випадковий збіг обставин

10. Що означає ієрархічність Всесвіту як динамічної системи?

А. Побудова від елементарних частинок до галактичних надскупчень

Б. Постійна незмінність усіх космічних об'єктів

В. Те, що Земля знаходиться в центрі світу

Г. Поділ Всесвіту на рай і пекло

Підготувати реферати на теми:

1. Місце астроекології у «дереві» природничих наук: від класичної біосферології до планетарного інжинірингу.
2. Ієрархічна структура астроекології: рівні організації життя від мікробіоценозів замкнених систем до глобальних техносфер.

Практичне завдання:

Підготовка імітатора місячного ґрунту ETL-1

Обладнання та матеріали: Щебінь толеїнового базальту (1 кг), перемитий кварцовий пісок (100 г), посудина із ударостійкої нержавіючої сталі, молоток будівельний, захисний щиток, захисні рукавиці будівельні, комплекту сит КП-131, ваги електронні високоточні Domotec ACS 200gr/0.01g MS 1724B, поліетиленовий циліндр 2 л.

Базальтовий щебінь подрібнити механічними ударами силою в межах 200-500 Н Гранулометричний склад субстрату встановлювався за допомогою комплекту сит КП-131. Кожну порцію розділяти за допомогою комплексу сит та після зважування додавати в поліетиленовий циліндр у пропорціях вказаних у таблиці 1. Після звершення додавання компонентів суміш перемішати. Циліндр закрити.

Табл. 1. Співвідношення між компонентами суміші симулятора місячного ґрунту ETL-1

Порода	Діаметр уламків (мм)	Частка за масою (%)
Толеїновий базальт	15-25	5
Толеїновий базальт	5-15	5
Толеїновий базальт	2-5	25
Толеїновий базальт	1-2	25
Толеїновий базальт	<1	25
Кварцовий пісок	0,2-1	10

Практична робота 2.

Тема: Вплив космічних факторів на екосистеми Землі

Мета: Ознайомити здобувачів із впливом космічних факторів на екосистеми Землі

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із впливом космічних факторів на екосистеми Землі

Ключові поняття: фактори середовища, екологічний спектр, межі толерантності

Теоретичні питання:

1. Закономірності взаємодії організмів із середовищем.
2. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі.
3. Біоморфи, як спосіб адаптації до умов середовища.
4. Енергетичні потоки через популяцію. Енергетика екосистем. Потоки енергії в екосистемах.

Контрольні питання:

1. Яка енергія є першоосновою для існування більшості живих систем у космічному масштабі (згідно з концепцією життя як космічного явища)?

- А. Гравітаційна енергія чорних дір
- Б. Енергія припливів і відпливів
- В. Тепло від згоряння копалин
- Г. Електромагнітне випромінювання зірок (світло)

2. Всесвіт як динамічна система постійно:

- А. Залишається статичним і незмінним
- Б. Звужується до однієї точки
- В. Розширюється та еволюціонує
- Г. Обертається навколо Місяця

3. Яка стратегія виживання є типовою для організмів-екстремофілів?

- А. Висока стійкість до критичних температур, радіації або тиску
- Б. Зміна кольору шкіри для маскування
- В. Повна відсутність будь-якого обміну речовин
- Г. Втеча від несприятливих умов шляхом активної міграції

4. Як називається стратегія виживання, за якої організм переходить у стан глибокого спокою (наприклад, тихоходи)?

- А. Фотосинтез
- Б. Мутагенез
- В. Симбіоз
- Г. Анабіоз

5. Живі системи на відміну від неживих характеризуються стратегією:

- А. Максимального розсіювання власної структури
- Б. Миттєвого перетворення на камінь при загрозі
- В. Повної ізоляції від зовнішнього середовища
- Г. Зменшення внутрішньої ентропії (самоорганізації)

6. У чому полягає стратегія 'біологічного гомеостазу'?

- А. Припинення розмноження назавжди
- Б. Передача всіх функцій виживання іншим видам
- В. Повна зміна хімічного складу кожної секунди
- Г. Підтримка сталості внутрішнього середовища при змінах зовнішнього

7. Згідно із законом лімітуючого чинника (закон Мінімуму Лібіха), виживання організму визначається:

- А. Середнім значенням інтенсивності дії всіх екологічних факторів
- Б. Виключно антропогенним впливом на екосистему
- В. Загальною сумою всіх доступних енергетичних ресурсів

Г. Ресурсом, кількість якого є найбільш обмеженою відносно потреби

8. Закон толерантності Шелфорда доповнює закон Лібіха тим, що враховує:

А. Взаємодію виключно між представниками одного виду

Б. Тільки швидкість потоку енергії в трофічному ланцюгу

В. Не лише дефіцит, а й надлишок екологічного фактора

Г. Тільки вплив гравітації на ріст рослин

9. При проектуванні оранжереї на Марсі виявилось, що освітлення та вода в надлишку, але рослини не ростуть через критично низьку концентрацію певного мікроелемента в імітаторі реголіту. Який екологічний закон це ілюструє?

А. Закон мінімуму Лібіха

Б. Правило екологічної піраміди

В. Закон толерантності Шелфорда

Г. Закон біогенної міграції атомів

10. У контексті астроекології, закон толерантності Шелфорда допомагає визначити «зону життя» для земних організмів на інших планетах. Що саме він враховує?

А. Тільки мінімально необхідну кількість води для метаболізму

Б. Діапазон між мінімальним та максимальним значенням фактора (напр. радіації), який може витримати вид

В. Швидкість мутацій під впливом космічного проміння

Г. Відстань від планети до центральної зірки

Підготувати реферати на теми:

Модуляція динаміки чисельності наземних популяцій сонячною активністю: кореляційний аналіз 11-річних циклів та біопродуктивності екосистем

Астрофізичні детермінанти глобальних сукцесій: вплив галактичного іонізуючого випромінювання на стабільність земної біосфери

Геоманітна активність як фактор етологічної стійкості екосистем: прогнозування ризиків для мігруючих таксонів при інверсіях магнітного поля

Формування теоретичних моделей екзобіосфер на планетах навколо червоних карликів: обмеження фотосинтетичної активності та адаптація біоти

Практичне завдання:

Підготовка до висадки рослин в середовище імітатора місячного ґрунту ETL-1

Обладнання та матеріали: імітатор місячного ґрунту ETL-1, кварцовий пісок, ґрунтовий субстрат «Універсальний», ваги електронні високоточні Domotec ACS 200gr/0.01g MS 1724B, касета для висаджування рослин із піддоном та кришкою, щипці-пінцет із вигнутими кінчиками Hendi (24 см), лупа ручна Voltronic TRIPLET 30X-21mm.,, лінійка із міліметровою шкалою.

Підготовка ґрунту для посадки. Приготований імітатор реголіту місячних морів ETL-1 засипте в 10 комірок поліетиленової касети для вирощування рослин (рис. 1). Залиште вільним 1 см простору нижче від вершини комірки. Ще в 10 комірок засипте чистий кварцовий пісок, а в решту 10 комірок ґрунт «Універсальний». Поверхні субстратів розправити за допомогою пінцету. Касету ставлять на піддон і закривають кришкою.



Рис. 1. Касета для висаджування рослин із піддоном та кришкою

Підготовка посівного матеріалу. Відберіть 30 саджанців або насінин подібних до за розмірами, вагою та зовнішнім виглядом. Відхилення за вагою та розмірами не повинні перевищувати 3% від середнього значення. Розміри виміряйте за допомогою лінійки а вагу перевірте за допомогою електричних вагів. За допомогою лупи огляньте насіння або саджанці на наявність пошкоджень, дефектів чи шкідників. Дані вимірювання занесіть у таблицю (табл. 2.).

№ з/п	Група біоматеріалу для висаджування в ETL-1		Група біоматеріалу для висаджування в кварцовий пісок		Група біоматеріалу для висаджування в ґрунт універсальний	
	Маса (г)	Розміри (мм)	Маса (г)	Розміри (мм)	Маса (г)	Розміри (мм)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Практична робота 3.

Тема: Вплив космічних факторів на екосистеми Землі

Мета: Ознайомити здобувачів із впливом космічних факторів на екосистеми Землі

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із впливом космічних факторів на екосистеми Землі

Ключові поняття: фактори середовища, екологічний спектр, межі толерантності

Теоретичні питання:

1. Екосистема, як упаковка еконіш.
2. Динаміка екосистем: біоритми, сукцесія, флуктуації, еволюція.
3. Моделювання динаміки екосистем.
4. Екосистеми штучних космічних об'єктів.
5. Моделювання динаміки та структури екзобіосфер.

Контрольні питання:

1. Що означає концепція «екосистема як упаковка еконіш»?

- А. Екосистема – це сукупність взаємодоповнюючих екологічних ніш, що забезпечують повне використання ресурсів середовища
- Б. Це метод транспортування живих організмів у герметичних контейнерах
- В. Механізм захисту екосистеми від сонячної радіації
- Г. Процес витіснення всіх конкурентів одним домінуючим видом

2. Яка головна відмінність між сукцесією та флуктуацією екосистеми?

- А. Флуктуація завжди веде до повної загибелі екосистеми
- Б. Сукцесія відбувається лише в штучних космічних об'єктах
- В. Сукцесія – це спрямована зміна спільнот, а флуктуація – це ненаправлені коливання навколо середнього стану
- Г. Це синоніми, що описують еволюцію видів

3. Який тип біоритмів є критично важливим для налаштування циклів освітлення в екосистемах штучних космічних об'єктів?

- А. Припливно-відпливні ритми
- Б. Циркадні (добові) ритми
- В. Багаторічні сонячні цикли
- Г. Геологічні епохи

4. У моделюванні динаміки екосистем, що описує модель Лотки-Вольтерри?

- А. Взаємодію між популяціями хижака та жертви
- Б. Вплив інопланетного пилу на роботу сонячних батарей
- В. Процес перетворення астероїда на житловий модуль
- Г. Швидкість поширення радіації у вакуумі

5. Яка головна особливість структури екосистеми всередині космічного корабля порівняно з природною?

- А. Вона є гранично спрощеною та повністю контрольованою людиною
- Б. У ній обов'язково мають бути представлені всі види комах Землі
- В. Вона не потребує джерел енергії ззовні
- Г. У ній відсутні консументи (споживачі)

6. Що є основним завданням при моделюванні екзобіосфер (біосфер на інших планетах)?

- А. Розрахунок вартості квитків для майбутніх колоністів
- Б. Складання мапи інопланетних міст
- В. Прогнозування можливих типів обміну речовин на основі альтернативної біохімії та умов планети
- Г. Пошук покладів нафти та газу на супутниках Юпітера

7. Яка роль редуцентів (деструкторів) у штучній космічній екосистемі?

- А. Розклад органічних відходів для повернення поживних елементів у цикл
- Б. Керування бортовим комп'ютером

В. Виробництво кисню за допомогою фотосинтезу

Г. Захист корабля від космічного сміття

8. При моделюванні структури екзобіосфер, який фактор вважається визначальним для архітектури живих організмів?

А. Сила планетарної гравітації

Б. Кількість кратерів на поверхні

В. Наявність супутникового телебачення

Г. Колір прапора першої експедиції

9. У динаміці екосистем, що таке «клімаксна спільнота»?

А. Початкова група бактерій на голій скелі

Б. Екосистема в момент її повного вимирання

В. Кінцевий, відносно стабільний стан екосистеми, що відповідає умовам середовища

Г. Штучний сад всередині марсохода

10. Чому моделювання динаміки екзобіосфер часто базується на принципах термодинаміки?

А. Тому що в космосі завжди дуже холодно

Б. Життя – це процес підтримки низької ентропії за рахунок поглинання енергії ззовні

В. Щоб розрахувати потужність двигунів корабля

Г. Термодинаміка дозволяє передбачити смак інопланетних плодів

Підготувати реферати на теми:

«Архітектура екосистемного пакування: стратегії заповнення вільних екологічних ніш у замкнених модулях», «Управління sukcesією в штучних екосистемах: відстеження динаміки від піонерних угруповань до стабільного клімаксу», «Математичні моделі Лотки-Вольтерри в контексті стабілізації трофічних ланцюгів на борту міжпланетних станцій», «Еволюційна динаміка екзобіосфер: моделювання життя в умовах альтернативної гравітації та спектру випромінювання», «Криптичні фази та флуктуації мікробіому в екосистемах ШКО: ризики виникнення інвазійних трансформерів».

Практичне завдання:

Розрахунок співвідношення між організмами для ізолюваної позаземної екосистеми.

Обладнання та матеріали: Картки із зображеннями організмів (бактерії, водорості, вищі рослини, комахи, людина), графічні шаблони для побудови ланцюгів живлення, калькулятор

1. За допомогою карток і шаблонів сформуванати мінімально життєздатну групу видів для штучного космічного об'єкта.

2. Встановити цикли функціонування системи

3. Розрахувати співвідношення між масами та кількістю особин різних ланок трофічних ланцюгів для ізолюваної позаземної екосистеми в якій перебуває три дорослих людини.

Практична робота 4.

Тема: Пошук позаземного життя

Мета: Ознайомити здобувачів із системою пошуку позаземного життя

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам систему пошуку позаземного життя

Ключові поняття: біосигнатури, панспермія, зона Золотоволоски, SETI

Теоретичні питання:

1. Історія пошуків позаземного життя.
2. Біосигнатури.
3. Програма SETI.
4. Програма Breakthrough Initiatives.

Контрольні питання:

1. Хто з вчених у 1960 році провів перший сучасний експеримент із пошуку сигналів від позаземних цивілізацій (проект «Озма»)?

- А. Джордано Бруно
- Б. Енріко Фермі
- В. Карл Саган
- Г. Френк Дрейк

2. Яка подія в історії астробіології 1970-х років стала першою спробою безпосереднього пошуку метаболічної активності в ґрунті іншої планети?

- А. Місія апаратів «Вікінг» на Марс
- Б. Перша висадка людини на Місяць
- В. Програма «Марінер»
- Г. Запуск зондів «Вояджер»

3. Яка сполука в атмосфері екзопланети вважається потужною біосигнатурою, якщо вона виявлена одночасно з метаном у стані хімічного дисбалансу?

- А. Гелій
- Б. Кисень (або Озон)
- В. Оксид заліза
- Г. Вуглекислий газ

4. Що таке «техносигнатура» у сучасному розумінні астроекології?

- А. Ознака технологічної діяльності, наприклад, промислове забруднення атмосфери або радіосигнали
- Б. Світло від полярного снігу на планеті
- В. Форма рельєфу, створена метеоритним ударом
- Г. Природний викид метану з океанічного дна

5. Який основний принцип лежить в основі класичної програми SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)?

- А. Будівництво баз на Місяці
- Б. Вивчення викопних решток у земних породах
- В. Відправка міжзоряних зондів до найближчих зірок
- Г. Моніторинг вузькосмугових радіосигналів штучного походження

6. Чому для програми SETI часто обирають частоту 'водневої лінії' (1420 МГц)?

- А. Це «тиха» ділянка спектра, яку логічно використовувати для універсального зв'язку
- Б. Це єдина частота, яка проникає крізь стіни будинків
- В. Це частота, на якій спілкуються дельфіни
- Г. На цій частоті радіосигнали рухаються швидше за світло

7. Проєкт Breakthrough Starshot (частина Breakthrough Initiatives) має на меті:

- А. Відправку наноапаратів на сонячних вітрилах до системи Альфа Центавра
- Б. Пошук корисних копалин на астероїдах
- В. Створення колонії на поверхні Венери

Г. Заборону будь-яких контактів із прибульцями

8. Яка ініціатива в межах Breakthrough Listen займається скануванням мільйонів зірок на наявність техносигнатур?

А. Breakthrough Message

Б. Project Blue Book

В. Breakthrough Listen

Г. Breakthrough Watch

Підготувати реферати на теми:

«Спектроскопічний аналіз атмосфери екзопланет як метод ідентифікації метаболічних біосигнатур»

«Екологічні детермінанти стійкості земних екстремофілів в умовах імітації підлідних океанів Європи та Енцелада»

«Методи дистанційного зондування для пошуку позаземного життя в межах програми Artemis та майбутніх місій до Марса»

«Еволюція концепції панспермії: механізми міжпланетного транзиту біологічного матеріалу та ризику прямого і зворотного забруднення»

Практичне завдання:

Висаджування біоматеріалу в імітатор місячного ґрунту ETL-1 та контрольні субстрати

Обладнання та матеріали: імітатор місячного ґрунту ETL-1, пісок кварцовий, ґрунтовий субстрат «Універсальний», касета для висаджування рослин із піддоном та кришкою, щипці-пінцет із вигнутими кінчиками Hendi (24 см), циліндр мірний з носиком 25 мл., лінійка із міліметровою шкалою, крапельниця Шустера (50 мл.), вода дистильована.

Для висівання насіння розміщуйте його на глибині, що вдвічі-втричі перевищує розмір насінини, та забезпечте стабільну вологість за допомогою накриття. Висаджуючи цибулини, розмістіть їх донцем донизу на глибину, що зазвичай дорівнює двом висотам самої цибулини, залишаючи простір до краю комірки для поливу. Висаджування кореневищ передбачає їхнє горизонтальне або злегка похиле розміщення в лунці, при цьому важливо не заглиблювати точки росту занадто сильно, щоб уникнути загнивання. Під час висаджування розсади або молодих саджанців необхідно, розміщувати рослину на тій же глибині, на якій вона росла раніше, та щільно притискаючи субстрат навколо стебла. Після будь-якої посадки обов'язковим є помірний полив для встановлення контакту коріння з субстратом та розміщення горщика у відповідному до потреб рослини світловому режимі (рис. 2).

Алгоритм розміщення біоматеріалу в імітатор місячного ґрунту ETL-1 та контрольні субстрати має такий вигляд.

1. Оберіть вид організму для висаджування та складіть план його розміщення в субстраті відповідно до його типу і розміру.
2. Касета із комірками для висаджування рослин має стояти на піддоні.
3. За допомогою лінійки визначте середину комірки із субстратом.
4. За допомогою пінцету зробіть конусоподібну лунку, відповідного до вашого виду біоти розміру.
5. На дно лунки додайте кілька краплин дистильованої води. Для дрібного насіння (морква, цибуля, петрушка) – 3 краплини, середнього насіння (буряки, горох, огірки) – 5 краплин, крупного насіння (квасоля, гарбузи, боби) – 10 краплин, цибулин (часник, цибуля, шафран) – 15 краплин, кореневищ (пирій, хрін, осоки) по 10 краплин на 1 см канавки, для саджанців – 20 краплин.

6. За допомогою пінцета поміть біоматеріал у заглиблення субстрату і розмістіть відповідно до інструкції.
7. Загорніть біоматеріал субстратом відповідно до інструкції.
8. Полийте біоматеріал 50 мл. дистильованої води.
9. Накрийте касету для висаджування рослин кришкою та розмістіть в місце із сталою температурою, яка коливатиметься в діапазоні 20-25 °С.
10. По завершенню заняття, щодня поливати кожен комірку 50 мл. дистильованої води.
11. Після появи перших сходів зняти кришку із касети із комірками та перемісти експеримент на добре освітлене місце або освітити лампою денного світла з базовою інтенсивністю світла від 2000 до 5000 люкс.



Рис. 2. Цибулини висаджені в імітатор місячного ґрунту

Практична робота 5.

Тема: Пошук позаземного життя

Мета: Ознайомити здобувачів із системою пошуку позаземного життя

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам систему пошуку позаземного життя

Ключові поняття: біосигнатури, панспермія, зона Золотоволоски, SETI

Теоретичні питання:

1. Програма SETI.
2. Програма Breakthrough Initiatives.

Контрольні питання:

1. Що є основною науковою метою програми SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)?

- А. Колонізація найближчих екзопланет
- Б. Вивчення геологічної будови Марса
- В. Виявлення техносигнатур – електромагнітних випромінювань штучного походження
- Г. Створення штучного інтелекту для керування ракетами

2. Яка з ініціатив проекту Breakthrough Initiatives передбачає відправку наноапаратів до зоряної системи Альфа Центавра ?

- А. Breakthrough Watch
- Б. Breakthrough Starshot
- В. Breakthrough Listen
- Г. Breakthrough Message

3. Хто є засновником Breakthrough Initiatives, що інвестував понад 100 мільйонів доларів у ці дослідження?

- А. Юрій Мільнер
- Б. Білл Гейтс
- В. Ілон Маск
- Г. Карл Саган

4. На якому фізичному явищі базується проєкт Breakthrough Starshot для досягнення релятивістських швидкостей?

- А. Використання антиматерії
- Б. Тиск лазерного випромінювання на надлегке дзеркальне вітрило
- В. Термоядерний синтез всередині двигуна
- Г. Гравітаційний маневр навколо Сонця

5. Що таке «Радіолінія водню» (21 см), яка часто використовується в програмах SETI?

- А. Час, за який сигнал проходить крізь атмосферу Землі
- Б. Звук, який видає водень при згорянні
- В. Універсальна частота, на якій найімовірніше очікувати сигнал від іншої цивілізації («Водневе вікно»)
- Г. Довжина ракети, необхідної для польоту

6. Яка ініціатива Breakthrough Listen є наймасштабнішою в історії спостережень?

- А. Будівництво телескопа на зворотному боці Місяця
- Б. Пошук мікроорганізмів у хмарах Венери
- В. Охоплення мільйона найближчих зірок та 100 найближчих галактик
- Г. Відправка текстового повідомлення в центр Галактики

7. У чому полягає основна критика проєкту Breakthrough Message?

- А. Повідомлення може випадково змінити орбіту Сонця
- Б. Неможливість перекладу на англійську мову
- В. Ризик привернути увагу ворожих цивілізацій («Гіпотеза Темного лісу»)
- Г. Занадто висока вартість паперу для повідомлення

8. Який об'єкт став першою метою для детального вивчення Breakthrough Listen після підозри на штучне походження?

- А. Зірка Бетельгейзе
- Б. Місяць
- В. Міжзоряний об'єкт Оумуамуа
- Г. Планета Юпітер

9. Яку роль відіграє громадськість у проєкті SETI@home?

- А. Надання обчислювальних потужностей домашніх комп'ютерів для обробки сигналів
- Б. Збір грошей через продаж космічних сувенірів
- В. Написання листів інопланетянам
- Г. Будівництво аматорських радіотелескопів у дворах

10. Який результат роботи Breakthrough Listen станом на сьогодні?

- А. Встановлено контакт із цивілізацією на Альфа Центавра
- Б. Виявлено, що Всесвіт порожній і життя є лише на Землі
- В. Жодного підтвердженого сигналу штучного походження не виявлено, але накопичено колосальний об'єм даних
- Г. Програма була закрита через відсутність інтересу

Підготувати реферати на теми:

«Еволюція стратегій SETI: від перших радіоспостережень Френка Дрейка до сучасних нейромережових алгоритмів», «Проєкт Breakthrough Starshot: лазерна фотоніка як метод досягнення релятивістських швидкостей», «Етика активного SETI (METI) та парадокс "Темного лісу": чи варто людству заявляти про себе Всесвіту?», «Пошук мегаструктур та астроінженерних проєктів у межах Breakthrough Watch: від сфер Дайсона до міжзоряних маяків», «Громадянська наука в проєктах SETI: роль розподілених обчислень та волонтерів у глобальному пошуку сигналів».

Практичне завдання:

Аналіз неідентифікованих повітряних явищ

Обладнання та матеріали: Матеріали про аномальні явища УНДЦА «Зонд»

Покроковий науковий алгоритм аналізу повідомлень про аномальні повітряні явища:

Крок 1. Фізична та атмосферна фільтрація (Відсіювання «шуму»)

Перш ніж шукати біологічний або екологічний слід, треба виключити природні явища.

Метеорологічний аналіз: Перевірка наявності лентикулярних хмар, вогнів святого Ельма або міражів (фата-моргана).

Техногенний фільтр: Зіставлення часу та координат із рухом супутників (Starlink), пусками ракет, польотами дронів або військовими випробуваннями.

Астрономічна перевірка: Виключення яскравих планет (Венера, Юпітер) у фазі максимальної видимості.

Крок 2. Оцінка енергетичного впливу на довкілля

Астроєкологія вивчає, як об'єкт взаємодіє з екосистемою Землі.

Електромагнітне забруднення: Чи зафіксовані збої в роботі електроприладів, радіозв'язку або міграційних механізмів птахів/комах у зоні спостереження?

Термічний слід: Аналіз змін температури ґрунту, води або повітря в точці ймовірного «контакту» (виявлення за допомогою тепловізорів або супутникового моніторингу).

Крок 3. Хімічний та ізотопний аналіз «слідів»

Якщо об'єкт залишив матеріальні докази (частки, осад, випалену землю):

Пошук ксенобіотиків: Виявлення органічних сполук, що не характерні для земної біохімії.

Ізотопний підпис: Перевірка співвідношення ізотопів (наприклад, Магнію або Заліза). Якщо воно відрізняється від земного/сонячного стандарту – це вказує на позаземне походження матеріалу.

Крок 4. Біоіндикація та екологічний відгук

Спостереження за реакцією місцевої флори та фауни.

Поведінка тварин: Тварини часто чують інфразвук або ультразвук, що супроводжує аномальні об'єкти, раніше за прилади.

Фітотоксичність: Аналіз стану рослин у зоні спостереження. Чи спостерігається гальмування фотосинтезу, зміна пігментації або генетичні мутації в наступних поколіннях рослин (сукцесійні зміни)?

Крок 5. Моделювання «Поведінкової екології» об'єкта

Астроєкологічний підхід передбачає, що будь-який складний об'єкт має «нішу».

Траєкторний аналіз: Чи рухається об'єкт хаотично, чи виявляє інтерес до енергетично насичених зон (електростанції, розломи кори, воні ресурси)?

Класифікація за типом «екзо-втручання»:

Спостерігач (мінімальний вплив на екосистему).

Екстрактор (збір біомаси, води чи мінералів).

Трансформер (ненавмисне або навмисне біологічне забруднення).

Крок 6. Планетарний карантинний контроль

Останній етап – оцінка ризику зворотного біологічного забруднення.

Перевірка зони на наявність невідомих патогенів або мікроорганізмів-екстремофілів, що могли потрапити на Землю разом із об'єктом.

№ кроку	Результати аналізу
Крок 1	
Крок 2	
Крок 3	
Крок 4	
Крок 5	
Крок 6	

Практична робота 6.

Тема: Гіпотеза унікальної Землі та парадокс Великого мовчання

Мета: Ознайомити здобувачів із гіпотеза унікальної Землі та парадоксом Великого мовчання

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із гіпотезою унікальної Землі та парадоксом Великого мовчання

Ключові поняття: антропний принцип, великий фільтр, галактична зона придатності до життя, рівняння Дрейка, парадокс Фермі.

Теоретичні питання:

1. Гіпотеза унікальної землі.
2. Парадокс Фермі. Парадокс Великого мовчання.
3. Рівняння Дрейка.

Контрольні питання:

1. У чому полягає основна суть «сильного» антропного принципу в контексті астробіології?

А. Всесвіт мусить мати такі фундаментальні параметри, щоб на певному етапі в ньому обов'язково з'явився спостерігач

Б. Ми спостерігаємо Всесвіт таким, яким він є, лише тому, що ми в ньому існуємо

В. Розвинені цивілізації завжди знищують себе до встановлення контакту

Г. Життя може виникнути лише на планетах, що обертаються навколо зірок G-класу

2. Як антропний принцип допомагає пояснити парадокс Фермі?

А. Він стверджує, що всі цивілізації спілкуються на частотах, які ми ще не відкрили

Б. Він заперечує можливість існування чорних дір

В. Він вказує на те, що ми можемо бути першою або єдиною цивілізацією, оскільки наші умови виявилися аномально рідкісними

Г. Він доводить, що життя існує в кожній зоряній системі

3. Згідно з концепцією «Великого фільтра», якщо ми знайдемо сліди складного життя на Марсі, це буде «поганою новиною» для людства. Чому?

А. Це означатиме, що «фільтр» (загибель цивілізацій) чекає на нас у майбутньому

Б. Марсіанські бактерії миттєво знищать земну екосистему

В. Ми втратимо фінансування для космічних досліджень

Г. Це доведе, що теорія еволюції Дарвіна є помилковою

4. Який етап еволюції Землі вважається найбільш вірогідним кандидатом на роль «Великого фільтра», що вже пройдений людством?

А. Початок промислової революції

Б. Винахід колеса

В. Поява еукаріотичної клітини (симбіогенез)

Г. Освоєння вогню

5. Чому центральні зони Галактики (ядро) вважаються непридатними для життя в концепції Galactic Habitable Zone?

А. Там зовсім немає важких елементів для формування планет

Б. Через занадто високу щільність зірок та інтенсивне радіаційне випромінювання наднових

В. Там відсутня гравітація

Г. Зірки там занадто холодні для фотосинтезу

6. Який чинник обмежує Галактичну зону придатності на її периферії (зовнішніх краях)?

А. Відсутність сонячного світла

Б. Занадто висока концентрація чорних дір

В. Низька металічність зірок, що перешкоджає формуванню кам'янистих планет

Г. Занадто висока швидкість обертання зірок

7. Що саме намагається оцінити рівняння Дрейка?

А. Кількість активних позаземних цивілізацій у Галактиці, з якими ми могли б встановити контакт

Б. Масу центральної чорної діри Чумацького Шляху

В. Кількість видів рослин, що можуть рости в марсіанському реголіті

Г. Точну відстань до найближчої екзопланети

8. Який параметр у рівнянні Дрейка (L) є найбільш невизначеним і залежить від екологічної стійкості цивілізації?

А. Частка зірок, що мають планетні системи

Б. Середня кількість супутників у газових гігантів

В. Тривалість часу, протягом якого цивілізація випускає сигнали в космос

Г. Швидкість утворення нових зірок у Галактиці

9. Як концепція біосферної стабільності пов'язана з гіпотезою унікальної Землі?

А. Вона передбачає, що будь-яка планета автоматично стабілізує свій клімат

Б. Вона стосується лише вирощування овочів у закритих приміщеннях

В. Вона стверджує, що підтримка умов для життя протягом 4 мільярдів років вимагає рідкісного поєднання геологічних і космічних чинників

Г. Вона заперечує вплив фотосинтезу на атмосферу

10. Який механізм зворотного зв'язку є ключовим для підтримки довготривалої біосферної стабільності Землі?

А. Щорічна зміна кольору листя на деревах

Б. Видобуток корисних копалин людиною

В. Вуглецево-силікатний цикл (геохімічний контроль рівня CO₂)

Г. Рух хмар під впливом вітру

Підготувати реферати на теми:

«Концепція "Великого фільтра" в еволюції біосфер: аналіз критичних етапів від абіогенезу до технологічної цивілізації», «Галактична зона придатності до життя, як обмежувальний фактор поширення складної біоти у Всесвіті», «Роль Місяця та юпітеріанського «щита» у забезпеченні довготривалого кліматичного гомеостазу Землі», «Парадокс Фермі в епоху техносигнатур: екологічні аспекти «невидимості» цивілізацій та межі радіокомунікації», «Сучасні поправки до рівняння Дрейка».

Практичне завдання:

Оцінка ймовірної кількості активних цивілізацій в Галактиці

Визначити ймовірну кількість активних цивілізацій за сучасними астрофізичними даними. Для розрахунків використати класичну формулу Дрейка

$$N = R^* * f_p * n_e * f_l * f_i * f_c * L$$

де R* – швидкість зіркоутворення

f_p – частка зірок із планетами

n_e – кількість придатних для життя планет

f_l – ймовірність появи життя

f_i – ймовірність появи розуму

f_c – технологічний розвиток

L – тривалість життя цивілізації

Практична робота 7.

Тема: Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі

Мета: Ознайомити здобувачів із протоколами контакту із позаземним життям за межами Землі

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із протоколами контакту із позаземним життям за межами Землі

Ключові поняття: пост-детекційний протокол, планетарний захист, декларація принципів SETI, зворотне біологічне забруднення, міжзоряна лінгвістика

Теоретичні питання:

1. Проблема контакту.
2. Протоколи контакту із позаземним життям на Землі.
3. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі.
4. Безпекові питання контакту із інопланетними розумними істотами.
5. Етика першого контакту.
6. Облаштування співіснування в космічному просторі.

Контрольні питання:

1. Відповідно до Декларації принципів SETI, якими мають бути перші дії вченого або організації після виявлення сигналу, що ймовірно належить позаземній цивілізації?

- А. Продаж ексклюзивних прав на трансляцію сигналу ЗМІ
- Б. Засекречування інформації за розпорядженням національного уряду
- В. негайне незалежне підтвердження відкриття іншими обсерваторіями та сповіщення наукової спільноти
- Г. Надсилання негайної відповіді на тій же частоті

2. Яка організація в межах ООН відповідальна за розробку міжнародних норм і протоколів щодо діяльності держав у космосі, включаючи питання контакту?

- А. ВООЗ
- Б. МАГАТЕ
- В. Інтерпол
- Г. COPUOS (Комітет ООН з мирного використання космічного простору)

3. Що таке «зворотне біологічне забруднення» (Back Contamination) у контексті протоколів контакту на Землі?

- А. Забруднення Місяця земними бактеріями зі скафандрів астронавтів
- Б. Процес очищення стічних вод на космічній станції
- В. Вплив радіації на ДНК космонавтів
- Г. Випадкове занесення позаземних мікроорганізмів у біосферу Землі під час повернення космічних місій

4. Який етичний принцип «антропоцентризму» часто критикується при розробці протоколів контакту за межами Землі?

- А. Прагнення захистити життя на Землі
- Б. Надсилання повідомлень у радіодіапазоні
- В. Оцінка позаземного інтелекту виключно за людськими мірками моралі, логіки та потреб
- Г. Використання сонячної енергії для живлення зондів

5. Гіпотеза «Темного лісу» (Dark Forest) як відповідь на парадокс Фермі ставить під сумнів безпеку контакту. У чому її суть?

- А. Усі планети в Галактиці вкриті густими лісами, які поглинають радіосигнали
- Б. Будь-яка цивілізація сприймає іншу як потенційну загрозу, тому вигідніше знищити її першою або мовчати
- В. Цивілізації не можуть розвиватися без доступу до деревини
- Г. Інопланетяни бояться темряви і тому не подорожують між зірками

6. Етика «першого контакту» включає поняття «морального статусу». Що це означає щодо позаземних істот?

- А. Перевірка їхньої здатності розуміти людські релігії

- Б. Аналіз їхнього генетичного коду на сумісність із земним
- В. Визнання за інопланетною формою життя права на існування, свободу та захист від втручання
- Г. Визначення вартості їхніх технологій на земному ринку
7. При облаштуванні співіснування в космосі, згідно з Artemis Accords, важливим є створення «зон безпеки» (Safety Zones). Яка їхня мета?
- А. Повна заборона на польоти над територією бази
- Б. Виділення територій для майбутніх космічних в'язниць
- В. Запобігання шкідливому втручання в діяльність інших держав на поверхні Місяця чи інших тіл
- Г. Створення місць для полювання на інопланетних тварин
8. У питаннях безпеки контакту обговорюється ризик «культурного шоку». Що це означає для людства?
- А. Неможливість дивитися інопланетні телепередачі через мовний бар'єр
- Б. Вимога інопланетян змінити земний календар
- В. Фізичне захоплення планети інопланетною армією
- Г. Раптова дестабілізація релігійних, політичних та соціальних систем через усвідомлення нашої неунікальності
9. Згідно з протоколами планетарного захисту для місії «за межі Землі», якими є вимоги до обладнання, що сідає в зонах з наявністю води (напр. кратери Марса)?
- А. Достатньо просто протерти апарат спиртом
- Б. Надзвичайно високий рівень стерилізації (категорія IVc за COSPAR)
- В. Апарат повинен бути виготовлений виключно з золота
- Г. Стерилізація не потрібна, бо радіація в космосі все одно все вб'є
10. Принцип «Common Heritage of Mankind» (Спільна спадщина людства) в етиці співіснування в космосі означає, що:
- А. Кожна людина має отримати ділянку на Місяці у власність
- Б. Ми маємо право колонізувати будь-яку планету без дозволу інопланетян
- В. Усі космічні кораблі мають бути пофарбовані в один колір
- Г. Ресурси космосу та інформація про контакт належать усьому людству, а не окремим країнам

Підготувати реферати на теми:

«Міжнародно-правове регулювання першого контакту: аналіз Декларації принципів SETI та Договору про космос 1967 року», «Протоколи планетарного захисту (COSPAR) як превентивний захід проти зворотного біологічного забруднення Землі», «Проблема міжзоряної лінгвістики: розробка універсальних мета-повідомлень на основі фізико-математичних констант», «Етичні аспекти METI (Messaging Extraterrestrial Intelligence): ризики та переваги активного випромінювання сигналів», «Алгоритми верифікації техносигнатур: відрізнення антропогенних перешкод від сигналів позаземного походження».

Практичне завдання:

Візуальний аналіз зразків біоти

Огляд та обстеження позаземного зразка біоти – це критичний процес, що вимагає найвищого рівня біологічної безпеки (BSL-4+) та поєднання методів дистанційного зондування з мікроаналізом. Алгоритм побудований так, щоб мінімізувати ризик «зворотного забруднення» Землі та зберегти цілісність зразка.

1. Первинна ізоляція та неруйнівний контроль

Перш ніж відкрити контейнер, необхідно переконатися, що середовище всередині стабільне.

Герметизація: Робота проводиться у вакуумних камерах або камерах з інертним газом (аргоном), щоб уникнути окислення земним киснем.

Томографія та рентген: Просвічування зразка для визначення його внутрішньої структури, щільності та наявності порожнин без фізичного контакту.

Газовий аналіз: Вивчення складу атмосфери в контейнері на наявність метаболічних газів (метан, вуглекислий газ, леткі органічні сполуки).

2. Органолептичний та макроскопічний опис

На цьому етапі фіксуються зовнішні характеристики об'єкта.

Морфологія: Опис форми, симетрії (радіальна, білатеральна чи асиметрія) та розмірів.

Текстура та колір: Фіксація пігментації (що може свідчити про способи поглинання енергії, наприклад, фотосинтез) та структури поверхні.

Фото- та відеофіксація: Створення 3D-моделі зразка у високій роздільній здатності.

3. Пошук ознак метаболічної та механічної активності

Перевірка, чи є зразок «живим» у нашому розумінні.

Термографія: Визначення, чи виділяє об'єкт тепло (ендотермічні процеси).

Моніторинг руху: Пошук мікрорухів або реакцій на зовнішні подразники (світло, слабкі електромагнітні імпульси).

Електрофізіологія: Спроба зафіксувати слабкі електричні потенціали, що можуть свідчити про передачу сигналів у тканинах.

4. Хімічний та спектральний мікроаналіз

Визначення «елементарної бази» життя.

Раманівська спектроскопія: Ідентифікація молекулярного складу (наявність вуглецевих ланцюгів, амінокислот, ліпідів).

Мас-спектрометрія: Аналіз ізотопного складу, що дозволяє відрізнити біологічні сполуки від абіогенних.

Пошук хіральності: Перевірка «дзеркальності» молекул. Земне життя використовує L-амінокислоти та D-цукри; інша комбінація підтвердить позаземне походження.

5. Мікроскопічне дослідження структури

Вивчення фундаментальної одиниці організації (аналог клітини).

Електронна мікроскопія: Дослідження наноструктур, оболонок та внутрішніх органел.

Флуоресцентна мікроскопія: Пошук нуклеїнових кислот або їхніх аналогів за допомогою спеціальних маркерів.

6. Генетичний аналіз (якщо застосовно)

Спроба знайти носій спадкової інформації.

Секвенування: Спроба зчитати код. Якщо структура відрізняється від ДНК/РНК (наприклад, ксено-нуклеїнові кислоти XNA), розробляються нові методи дешифрування.

7. Екологічне моделювання та тестування

Культивация: Спроба помістити частину зразка в умови, що імітують його рідну планету (тиск, склад ґрунту, опромінення), щоб спостерігати за ростом або поділом.

Оцінка патогенності: Перевірка взаємодії зразка з земними організмами в ізолюваному середовищі для визначення рівня біологічної небезпеки.

Заповніть таблицю №4, оглядаючи запропонований викладачем зразок

Ознаки		Результати
Розміри		
Форма		
Колір		
Блиск		
Текстура		
Температура		
Термоскопія		
Мікроскопічна структура		
Екологічна характеристика	Енергетична характеристика	
	Положення в трофічних ланцюгах	
	Раритетність	
	Просторове положення в екосистемах	

Практична робота 8.

Тема: Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі

Мета: Ознайомити здобувачів із протоколами контакту із позаземним життям за межами Землі

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із протоколами контакту із позаземним життям за межами Землі

Ключові поняття: пост-детекційний протокол, планетарний захист, декларація принципів SETI, зворотне біологічне забруднення, міжзоряна лінгвістика

Теоретичні питання:

1. Етика першого контакту.
2. Облаштування співснування в космічному просторі.

Контрольні питання:

1. Який етичний принцип проголошує, що людство не має права втручатися в природний розвиток іншої цивілізації, навіть заради допомоги?

- А. Принцип антропоцентризму
- Б. Директива невтручання (Prime Directive)
- В. Концепція відкритого діалогу
- Г. Теорія планетарного захисту

2. Що таке «Протоколи після виявлення» (Post-Detection Protocols) у контексті SETI?

- А. План евакуації Землі у разі вторгнення
- Б. Інструкція з ремонту радіотелескопів
- В. Узгоджений набір дій після отримання підтвердженого сигналу від позаземного розуму
- Г. Правила карантину для астронавтів

3. Яка головна етична небезпека «Активного SETI» (METI – передача повідомлень)?

- А. Засмічення радіоефіру для інших вчених
- Б. Висока вартість електроенергії для передавача
- В. Ймовірність того, що повідомлення буде містити граматичні помилки
- Г. Ризик деанонімізації Землі перед потенційно агресивною цивілізацією

4. У чому полягає суть «Гіпотези зоопарку» Джонса Болла?

- А. Всі планети мають бути перетворені на природні парки
- Б. Прибульці планують збудувати на Землі розважальні центри
- В. Позаземні цивілізації знають про нас, але спостерігають здалеку, не втручаючись
- Г. Людство має зібрати всіх тварин Землі на ковчег

5. Згідно з Договором про космос 1967 року, кому належать природні ресурси Місяця та інших небесних тіл?

- А. Всьому людству (загальна спадщина)
- Б. Організації Об'єднаних Націй
- В. Першій державі, яка встановила там прапор
- Г. Приватним корпораціям, які мають ліцензію

6. Що таке «ксеноетика»?

- А. Страх перед інопланетянами
- Б. Галузь етики, що вивчає моральні норми взаємодії з позаземними формами життя
- В. Вивчення давніх мов Землі
- Г. Мистецтво малювання прибульців

7. Яка етична проблема виникає при спробі тераформування Марса?

- А. Занадто велика відстань для доставки саджанців
- Б. Знищення можливого місцевого мікробіологічного життя заради комфорту людей
- В. Марс може стати занадто красивим і люди покинуть Землю
- Г. Відсутність інтернету на червоній планеті

8. Принцип «біоцентричного рівноправ'я» в космосі стверджує, що:

- А. Будь-яка форма життя має внутрішню цінність, незалежно від її користі для людини
- Б. Розумні істоти мають більше прав, ніж нерозумні

В. Тільки земне життя має право поширюватися Галактикою

Г. У космосі виживає сильніший

9. Який орган зазвичай розглядається як єдиний легітимний представник людства у разі контакту?

А. Організація Об'єднаних Націй (ООН)

Б. Рада директорів найбільшої технологічної корпорації

В. Уряд країни, на чю територію приземлився об'єкт

Г. Міжнародний олімпійський комітет

10. Що означає термін «зворотне забруднення» (Back Contamination)?

А. Викидання сміття в космос з борта МКС

Б. Випадкове занесення небезпечних позаземних організмів у біосферу Землі

В. Забруднення інших планет земними мікробами

Г. Повернення астронавтів додому без наукових результатів

Підготувати реферати на теми:

«Дилема Активного SETI (METI): чи є правомірним рішення окремих груп науковців виступати від імені всього людства?», «Концепція «Директиви невтручання»: від наукової фантастики до реальних протоколів планетарного захисту», «Проблеми ксенолінгвістики та дешифрування: як уникнути міжпланетних конфліктів через труднощі перекладу», «Юридичний статус позаземного розуму: чи поширюються концепції прав людини на небіологічні або позаземні суб'єкти?», «Соціально-психологічний вплив Першого контакту на земну цивілізацію: ризики релігійної та політичної дестабілізації»

Практичне завдання:

Розв'язання ситуаційної задачі пов'язаної із підготовкою до першого контакту

Розробити алгоритм та основні рекомендації під час підготовки до першого контакту із описаною цивілізацією.

Характеристика цивілізації:

Високотехнологічна цивілізація, яка складається із генетично та гормонально диференційованих особин, які виконують різні соціальні функції, що визначаються спільнотою на ранніх етапах життя. Вид має еволюційний вік близько 80 млн. років із них близько 30 млн. років технологічного прогресу. Науково-технічний прогрес розвивається повільно через способи комунікації та прийняття рішення. Передача інформації на особистому рівні відбувається за допомогою запахів і жестів численними членистими кінцівками. Оскільки, найсильніші запахи виділяють репродуктивні особини із низьким рівнем інтелекту, більшість рішень спільноти орієнтовані на їхні потреби. Це сповільнює науково-технічний та соціальний прогрес. На відстані спілкуються закодованими повідомленнями, які розшифровуються за допомогою молекулярних маніпуляторів та 3D відео.

Не вмюють брехати. Емоційний стан залежить від настрою групи. Найвищий рівень інтелекту мають особини-розвідники, однак він набагато нижчий за середній людський. Решта особин мають ще нижчий рівень інтелекту. Водночас спільнота, яка має здатність спілкуватися між собою за допомогою запахів та жестів, може виявляти рівень інтелекту вищий за середній людський. Особини невеликих розмірів (2-5 см), але подорожують космічним простором в стані анабіозу великими групами до 300 тисяч особин.

Використовують широкий спектр зору від інфрачервоного до м'якого ультрафіолету. Звук і вібрації добре фіксують шуми та вібрації на частоті від 10 до 5000 тисяч герц. Добре ідентифікують походження звуків на частоті 100–1000 Гц. Звуки мають для них емоційне значення. Вони несуть виключно невербальні сигнали, аналогічні людському крику. У випадку небезпеки видають звуки на частоті 20–60 кГц.

Оптимальна температура середовища 298-302К. Відносна вологість у внутрішніх камерах становить 80–95%. Атмосфера азотна. Концентрація вуглекислого газу коливається від 0.2% до 1.5%, кисню 20-23%. Запах форміатів натрію вважають приємним та заспокійливим. Витримують перепади атмосферного тиску в межах 90 000 Н/м² до 110 000 Н/м²

Практична робота 9.

Тема: Алгоритми колонізації космічного простору

Мета: Ознайомити здобувачів із алгоритмами колонізації космічного простору

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам про алгоритми колонізації космічного простору

Ключові поняття: ISRU (In-Situ Resource Utilization), тераформування, ЗЕСЖЗ (замкнена екологічна система життєзабезпечення), планетарна інженерія, парадигма самовідтворення, зонди Фон Неймана.

Теоретичні питання:

1. Колонізація космічного простору.
2. Причини космічної колонізації.
3. Сучасний етап освоєння космічного простору.
4. Технологічні бар'єри на шляху колонізації.

Контрольні питання:

1. Яка головна мета концепції ISRU (In-Situ Resource Utilization) в алгоритмах колонізації?

- А. Пошук корисних копалин для негайної відправки їх на Землю
- Б. Використання місцевих ресурсів небесного тіла для життєзабезпечення та будівництва
- В. Створення штучної гравітації за допомогою магнітних полів
- Г. Транспортування всіх необхідних матеріалів виключно з Землі

2. Яка з перелічених причин вважається «екзистенційним» аргументом на користь колонізації космосу?

- А. Зменшення податків для великих космічних корпорацій
- Б. Перевірка працездатності нових типів ракетних двигунів
- В. Розвиток космічного туризму для розваг
- Г. Створення «резервної копії» людства на випадок глобальної катастрофи на Землі

3. Що є основним технологічним бар'єром для захисту здоров'я екіпажу під час тривалого перельоту на Марс?

- А. Занадто яскраве світло від зірок
- Б. Неможливість приготування гарячої їжі
- В. Відсутність Wi-Fi зв'язку на борту
- Г. Вплив іонізуючого космічного випромінювання (радіації)

4. Яка особливість сучасного етапу освоєння космосу відрізняє його від 'Космічних перегонів' XX століття?

- А. Провідна роль приватних компаній (SpaceX, Blue Origin) та комерціалізація
- Б. Повна заборона на польоти людей за межі земної орбіти
- В. Відмова від міжнародного співробітництва
- Г. Використання виключно одноразових ракет

5. У чому полягає основна складність тераформування Марса з точки зору екологічної стабільності?

- А. Наявність на Марсі великої кількості кисню
- Б. Повна відсутність води у будь-якому стані
- В. Відсутність глобального магнітного поля для утримання атмосфери
- Г. Занадто велика відстань до Сонця для фотосинтезу

6. Який тип замкнених систем є необхідним для автономного виживання колонії на Місяці?

- А. Замкнені системи життєзабезпечення з повною регенерацією води та повітря
- Б. Повна залежність від поставок рідкого кисню з МКС
- В. Системи відкритого циклу з викидом відходів у вакуум
- Г. Системи, що працюють виключно на спалюванні вугілля

7. Яку роль відіграє програма NASA «Artemis» у сучасному етапі колонізації?

- А. Пошук життя в хмарах Венери
- Б. Створення постійної бази на Місяці як трампліна для польоту на Марс
- В. Будівництво гігантського телескопа на орбіті Юпітера

Г. Виведення з експлуатації всіх супутників зв'язку

8. Що таке «планетарний карантин» і чому він важливий для алгоритмів колонізації?

А. Ізоляція планет від сонячного світла дзеркалами

Б. Заборона на використання радіозв'язку з Землею

В. Обов'язкове перебування колоністів у повній темряві

Г. Заходи із запобігання біологічного забруднення інших планет земними мікробами

9. Чому низька гравітація (наприклад, на Місяці або Марсі) є технологічним та біологічним бар'єром?

А. Вона змушує всі предмети нагріватися до критичних температур

Б. Вона блокує проходження сонячних променів крізь скло

В. Вона призводить до деградації м'язів та вимивання кальцію з кісток

Г. Через неї неможливо використовувати електричні прилади

10. Яка технологія енергозабезпечення вважається найбільш надійною для тривалих колоній у віддалених районах космосу?

А. Спалювання рідкого палива, привезеного з Землі

Б. Вітряні турбіни на поверхні Місяця

В. Компактні ядерні реактори (наприклад, Kilopower)

Г. Гідроелектростанції в кратерах Марса

Підготувати реферати на теми:

«Стратегії In-Situ Resource Utilization (ISRU): перехід від повної автономії до сталої економіки місячних та марсіанських поселень», «Біосферна інженерія: створення замкнених екологічних систем життєзабезпечення (ЗЕСЖЗ) для тривалих міжпланетних місій», «Технологічні та біологічні бар'єри колонізації: радіаційна безпека та адаптація людського організму до гіпогравітації», «Тераформування Марса: етичні, екологічні та технічні аспекти перетворення планети на «другу Землю»», «Юридичні та геополітичні засади колонізації: аналіз Artemis Accords у контексті запобігання конфліктам за ресурси в космосі».

Практичне завдання:

Фіксація проміжних результатів вирощування рослин на імітаторі місячного ґрунту ETL-1

Обладнання та матеріали: лінійка із міліметровою шкалою, штангель-циркуль, касета для висаджування рослин із піддоном та кришкою засаджені біоматеріалом в імітаторі місячного ґрунту ETL-1, кварцовому піску та універсальному ґрунті.

Виміряти висоту проростків над субстратом або його довжину а також їхній діаметр безпосередньо над ґрунтом. Результати занести в таблицю.

№ з/п	Розміри паростків на субстраті ETL-1		Розміри паростків на субстраті із кварцового піску		Розміри паростків на субстраті із універсального ґрунту	
	Довжина	Діаметр	Довжина	Діаметр	Довжина	Діаметр
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Практична робота 10.

Тема: Алгоритми тератрансформації

Мета: Ознайомити здобувачів із алгоритмами тератрансформації

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із алгоритмами тератрансформації.

Ключові поняття: нагрівання атмосфери, орбітальні дзеркала, магнітний щит, біомодифікація реголіту, астероїдний імпакт.

Теоретичні питання:

1. Тератрансформація.
2. Експансійні стратегії популяцій.
3. Популяції едифікаторів.
4. Популяції інвазійних видів трансформерів.
5. Тератрансформація та рекультивация.
6. Алгоритми тератрансформації.

Контрольні питання:

1. Що є головною метою тераформування в контексті екологічної інженерії?

- А. Пошук корисних копалин для їх вивезення на Землю
- Б. Цілеспрямована зміна умов середовища для наближення їх до параметрів, придатних для життя земних організмів
- В. Повна ізоляція планети від сонячного випромінювання
- Г. Вивчення геологічної історії планети без втручання в її екосистему

2. Яку роль відіграють популяції едифікаторів в екосистемі?

- А. Вони є пасивними споживачами, що не впливають на фізичні умови середовища
- Б. Вони існують лише за рахунок паразитування на інших організмах
- В. Вони створюють і суттєво змінюють середовище проживання для інших видів
- Г. Вони займають найвищий рівень у трофічній піраміді

3. Чим відрізняються інвазійні види-трансформери від звичайних інвазійних видів?

- А. Вони змінюють саму структуру, вигляд та функціонування екосистеми, в яку потрапили
- Б. Вони мають дуже низьку швидкість розмноження
- В. Вони гинуть одразу після потрапляння в нове середовище
- Г. Вони вступають у взаємовигідний симбіоз з усіма місцевими видами

4. У чому полягає відмінність між тератрансформацією та рекультивацією?

- А. Тератрансформація стосується лише сільського господарства
- Б. Рекультивация завжди передбачає використання інопланетних технологій
- В. Рекультивация спрямована на відновлення порушених земель на Землі, а тератрансформація – на створення нових екосистем у космосі
- Г. Це ідентичні поняття, що використовуються в різних науках

5. Яка експансійна стратегія є найбільш характерною для видів-першопоселенців (піонерів) під час тератрансформації?

- А. Паразитична стратегія
- Б. Повна відмова від розселення
- В. r-стратегія (швидке розмноження та захоплення вільних ресурсів)
- Г. K-стратегія (висока конкурентоспроможність та турбота про нащадків)

6. Який перший крок зазвичай передбачає 'алгоритм тератрансформації' для холодних планет (наприклад, Марса)?

- А. Побудова міст під скляними куполами
- Б. Висадка хвойних лісів на всій поверхні
- В. Підвищення температури поверхні через посилення парникового ефекту
- Г. Завезення великих ссавців для створення екосистем

7. У контексті алгоритмів тератрансформації, що таке «біогенна сукцесія»?

- А. Миттєве створення стабільного лісового масиву за допомогою генетичної інженерії

Б. Метод видобутку металів за допомогою бактерій
В. Послідовна зміна біологічних угруповань від простих мікроорганізмів до складних екосистем

Г. Знищення всіх місцевих видів перед початком колонізації

8. Чому інвазійні види-трансформери вважаються загрозою для біорізноманіття на Землі?

А. Вони радикально змінюють умови екотопу, роблячи його непридатним для багатьох аборигенних видів

Б. Вони не здатні розмножуватися в нових умовах

В. Вони занадто швидко поїдаються місцевими хижаками

Г. Вони покращують умови для всіх існуючих видів без винятку

9. Як концепція «популяцій едифікаторів» використовується в алгоритмах тератрансформації?

А. Для вивчення поведінки великих ссавців у невагомості

Б. Шляхом вибору видів, здатних максимально швидко створити первинний ґрунт та змінити склад атмосфери

В. Для створення декоративних садів всередині космічних кораблів

Г. Шляхом заборони будь-якого біологічного впливу на планету

10. Який екологічний ризик виникає при тератрансформації та рекультивуації у разі помилки в алгоритмі?

А. Перетворення всієї планети на ідеальний курорт занадто швидко

Б. Створення неконтрольованої 'агресивної' екосистеми, що загрожує іншим регіонам або планетам

В. Надмірне збільшення кількості кисню до рівня, що гасить вогонь

Г. Повна відсутність будь-яких змін протягом мільйонів років

Підготувати реферати на теми:

«Синфітоіндикація та едафологія реголіту: прикладні аспекти структури астроекології у програмі Artemis», «Модельовання каскадних процесів формування штучної атмосфери Марса за допомогою парникових газів», «Біотехнологічні алгоритми модифікації реголіту: роль ціанобактерій-екстремофілів у первинній біогенній сукцесії»,

Практичне завдання:

Розробка алгоритмів початкового та фінального тераформування

Розробити план тераформування та заповнити таблицю із характеристиками його основних етапів

Початковий етап тераформування				Фінальний етап тераформування			
Вид	Екологічна характеристика	Маса	Кількість особин	Вид	Екологічна характеристика	Маса	Кількість особин

Практична робота 11.

Тема: Методологія космічної експансії

Мета: Ознайомити здобувачів із методологією космічної експансії

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із методологією космічної експансії

Ключові поняття: планетарна інженерія, автономна біосфера, ресурсна автономія, еволюційна адаптація, космічна логістика

Теоретичні питання:

1. Космічна експансія.
2. Етичні проблеми колонізації космічного простору.
3. Космічна експансія – стратегічні задачі сьогодення.

Контрольні питання:

1. Що є першочерговою стратегічною задачею сучасної космічної експансії згідно з програмами Artemis?

- А. Негайне переселення 10% населення Землі на орбітальні станції
- Б. Повна відмова від пілотованих польотів на користь роботів
- В. Створення сталої присутності на Місяці як випробувального майданчика для Марса
- Г. Будівництво міжзоряного корабля для польоту до Проксими Центавра

2. Яка етична проблема описується терміном «планетарний протекціонізм»?

- А. Захист Землі від астероїдної небезпеки
- Б. Заборона приватної власності на космічні кораблі
- В. Обов'язок зберегти позаземні середовища в первісному стані та уникнути біологічного забруднення
- Г. Встановлення високих мит на ресурси, видобуті в космосі

3. У контексті стратегічних задач сьогодення, що таке ISRU (In-Situ Resource Utilization)?

- А. Протокол швидкого повернення екіпажу у разі аварії
- Б. Міжнародна угода про демілітаризацію Місяця
- В. Технологія видобутку та використання ресурсів безпосередньо на місці висадки
- Г. Метод передачі сонячної енергії з орбіти на Землю

4. Який етичний підхід стверджує, що людина має право змінювати інші планети (тераформувати) заради виживання виду?

- А. Пацифізм
- Б. Екоцентризм
- В. Антропоцентризм
- Г. Біоцентризм

5. Яка сучасна технологія є «критичним шляхом» для реалізації космічної експансії в 2020-х роках?

- А. Біонічні крила для польотів у вакуумі
- Б. Телепортація матерії
- В. Багаторазові важкі ракети-носії
- Г. Штучна гравітація на основі антиматерії

6. Етична проблема 'космічного сміття' стосується переважно:

- А. Побутових відходів на борту МКС
- Б. Залишків їжі на поверхні Місяця
- В. Викидів вуглекислого газу від космічних заводів
- Г. Засмічення навколоразомних орбіт, що може зробити космос недоступним для майбутніх поколінь

7. Яка стратегічна задача стоїть перед сучасною космічною юриспруденцією (правом)?

- А. Визначення правового статусу ресурсів, видобутих приватними компаніями
- Б. Встановлення кордонів між сузір'ями
- В. Створення податкової поліції для Марса
- Г. Заборона використання радіохвиль у космосі

8. Принцип «соціальної справедливості» в космічній експансії піднімає питання:

А. Чи буде доступ до космосу відкритим для всіх народів, чи лише для найбагатших держав і корпорацій

Б. Чи повинні роботи мати право голосу в колоніях

В. Яку зарплату отримуватимуть астронавти на Марсі

Г. Яку мову обрати як єдину для спілкування з інопланетянами

9. Що є основною задачею «космічної екології» при проектуванні поселень?

А. Очищення сонячного вітру від радіації

Б. Створення безвідходних циклів (Circular Economy) для виживання в обмеженому середовищі

В. Висаджування дерев для прикрашання ландшафту

Г. Контроль за чисельністю бактерій у відкритому вакуумі

10. Чому «етика першого контакту» є стратегічно важливою, навіть якщо ми ще не знайшли життя?

А. Щоб мати заздалегідь узгоджений алгоритм дій, який не призведе до конфлікту або знищення чужої біоти

Б. Щоб навчити інопланетян людським законам

В. Щоб заборонити будь-які дослідження глибокого космосу

Г. Для збору коштів на військові потреби космосу

Підготувати реферати на теми:

«Етапність та циклічність космічної експансії: від наукових станцій до автономних планетних поселень», «Методологія ISRU (In-Situ Resource Utilization) як фундамент економічної стійкості позаземних колоній», «Системний підхід до формування штучних біосфер у замкненому просторі космічних баз», «Ризикоорієнтований підхід у методології міжпланетної логістики та безпеки екіпажів», «Етико-правова методологія освоєння космічних об'єктів: баланс між комерціалізацією та загальнолюдською спадщиною».

Практичне завдання:

Аналіз результатів висаджування рослин на

Обладнання та матеріали: лінійка із міліметровою шкалою, штангель-циркуль, касета для висаджування рослин із піддоном та кришкою засаджені біоматеріалом в імітаторі місячного ґрунту ETL-1, кварцовому піску та універсальному ґрунті.

1. Виміряти висоту проростків над субстратом або його довжину а також їхній діаметр безпосередньо над ґрунтом. Результати занести в таблицю.

№ з/п	Розміри паростків на субстраті ETL-1		Розміри паростків на субстраті із кварцового піску		Розміри паростків на субстраті із універсального ґрунту	
	Довжина	Діаметр	Довжина	Діаметр	Довжина	Діаметр
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

2. Побудувати графік зміни довжини пагона за час експерименту.

3. Визначити схожість, енергію проростання та темпи проростання саджанців і сіянців

4. Визначити основні статистичні параметри експерименту: час масового проростання та відмирання, середню, максимальну та мінімальну довжину пагонів.

5. Порівняти результати на субстраті ETL-1, кварцовому піску та універсальному ґрунті.

Практична робота №12

Тема: Проблемні питання до підготовки для модульного контролю

Мета: Ознайомити здобувачів із проблемними питаннями під підготовки для модульного контролю

Професійна спрямованість: матеріал дає змогу майбутнім фахівцям екологам ознайомитися із проблемними питаннями під підготовки для модульного контролю

Ключові поняття: астроекологія, екзобіосфери, тераформінг, космічна експансія/колонізація,

Теоретичні питання:

Структура астроекології та її місце в системі природничих наук. Предмет і завдання астроекології. Місце астроекології в системі природничих наук. Структура астроекології. Історія астроекології. Життя як космічне явище. Всесвіт – динамічна ієрархічна система. Стратегії виживання. Живі системи і їхні стратегії. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі. Закономірності взаємодії організмів із середовищем. Вплив космічних факторів на екосистеми Землі. Біоморфи, як спосіб адаптації до умов середовища. Енергетичні потоки через популяцію. Енергетика екосистем. Потоки енергії в екосистемах. Екосистема, як упаковка еконіш. Динаміка екосистем: біоритми, сукцесія, флуктуації, еволюція. Моделювання динаміки екосистем. Екосистеми штучних космічних об'єктів. Моделювання динаміки та структури екзобіосфер. Пошук позаземного життя

Історія пошуків позаземного життя. Біосигнатури. Програма SETI. Програма Breakthrough Initiatives. Гіпотеза унікальної Землі та парадокс Великого мовчання. Гіпотеза унікальної землі. Парадокс Фермі. Парадокс Великого мовчання. Рівняння Дрейка. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі. Проблема контакту. Протоколи контакту із позаземним життям на Землі. Протоколи контакту із позаземним життям за межами Землі. Безпекові питання контакту із інопланетними розумними істотами. Етика першого контакту. Облаштування співіснування в космічному просторі. Алгоритми колонізації космічного простору. Колонізація космічного простору. Причини космічної колонізації. Сучасний етап освоєння космічного простору. Технологічні бар'єри на шляху колонізації. Алгоритми тератрансформації. Тератрансформація. Експансійні стратегії популяцій. Популяції едифікаторів. Популяції інвазійних видів трансформерів. Тератрансформація та рекультивация. Алгоритми тератрансформації. Методологія космічної експансії. Космічна експансія. Етичні проблеми колонізації космічного простору. Космічна експансія – стратегічні задачі сьогодення.

Контрольні питання:

1. Який термін описує здатність земних мікроорганізмів зберігати життєздатність у стані анабіозу під час тривалого перебування у відкритому вакуумі?

- А. Ксенобіоз
- Б. Кріоконсервация
- В. Кріптобіоз
- Г. Фотосинтетична пауза

2. Який основний екологічний фактор обмежує розвиток вищих рослин у замкнених системах при відсутності гравітації (0g)?

- А. Неможливість поглинання фотонів
- Б. Повна зупинка поділу клітин
- В. Зміна кольору хлорофілу
- Г. Відсутність конвекції повітря навколо листя

3. У чому полягає ефект «гормезису» при впливі слабких доз космічної радіації на деякі види грибів?

- А. Миттєве руйнування клітинних мембран
- Б. Стимуляція росту та метаболізму під дією низьких доз опромінення
- В. Повна стерилізація популяції
- Г. Перетворення грибів на автотрофні організми

4. Яка група організмів розглядається як найбільш перспективна для первинної регенерації атмосфери в Біолого-технічних системах життєзабезпечення (БТСЖЗ)?

- А. Гриби-сапротрофи
- Б. Лишайники

В. Хвойні дерева

Г. Одноклітинні водорості (наприклад, хлорела)

5. Що таке «екологічна місткість» космічного поселення?

А. Максимальна чисельність екіпажу, яку може підтримувати замкнена система без деградації

Б. Кількість видів тварин, занесених у Червону книгу космосу

В. Об'єм паливних баків космічного корабля

Г. Швидкість польоту корабля крізь газові хмари

6. Яка фізико-хімічна властивість води стає критичною для астроекологічних систем при зміні тиску в житлових модулях?

А. Здатність розчиняти інертні гази

Б. Колір води

В. Магнітна сприйнятливність

Г. Температура кипіння та швидкість випаровування

7. Як називається процес навмисного перенесення земних організмів на інші планети з метою створення там стійкої екосистеми?

А. Панспермія

Б. Спрямований екопоезис

В. Астроіндукція

Г. Біокорозія

8. Яка головна небезпека місячного пилу (реголіту) для здоров'я людини в межах астроекологічного прогнозування?

А. Його висока абразивність та хімічна активність у легенях

Б. Здатність пилу блокувати радіосигнали всередині шолома

В. Пил перетворюється на рідку масу при контакті зі шкірою

Г. Його приємний запах, що викликає залежність

9. Який параметр «зони Золотоволоски» (Habitable Zone) є ключовим для існування відомих нам типів біосистем?

А. Наявність рідкої води на поверхні планети

Б. Наявність золота в корі планети

В. Відсутність будь-яких зірок поруч

Г. Повна відсутність сили тяжіння

10. Чому мікробіом людини (сукупність бактерій у кишечнику) вважається критичним компонентом астроекологічної безпеки?

А. Бактерії кишечника допомагають керувати космічним кораблем

Б. Мікробіом замінює потребу в кисні

В. Бактерії захищають людину від метеоритів

Г. Зміна складу мікробіому в космосі може послабити імунітет та змінити обмін речовин

Підготувати реферати на теми:

«Екологічні лімітуючі фактори в умовах відкритого космосу та стратегії адаптації екстремофілів», «Принципи функціонування штучних замкнених екосистем (LSS) як моделей автономної біосфери», «Астроекологічні аспекти планетарного захисту: запобігання біогенній інвазії та збереження чистоти позаземних середовищ», «Вплив гіпогравітації та космічної радіації на трофічні ланцюги та онтогенез вищих рослин», «Концепція екопоезису: початкові етапи формування біосфери на Марсі за допомогою ціанобактерій-едифікаторів».

Практичне завдання:

Написати есе на запропоновану викладачем тему.

Питання для самостійного опрацювання та самоперевірки

Дайте відповідь на тестові питання

1. Що є основним предметом вивчення астроекології?

- А. Класифікація зірок за їхнім спектральним класом
- Б. Взаємодія живих організмів та їхніх угруповань із чинниками космічного середовища
- В. Пошук радіосигналів від позаземних цивілізацій.
- Г. Вивчення виключно геологічної будови планет сонячної системи

2. Яке з перелічених завдань є актуальним для сучасної астроекології?

- А. Розрахунок траєкторій польоту міжпланетних станцій
- Б. Обґрунтування можливості створення штучних екосистем на інших планетах
- В. Вивчення впливу соціальних мереж на психологію астронавтів
- Г. Розробка нових видів палива для ракетних двигунів.

3. Вкажіть місце астроекології в системі природничих наук.

- А. Галузь гуманітарних наук про місце людини у світі
- Б. Прикладна частина сільськогосподарських наук
- В. Підрозділ виключно теоретичної фізики
- Г. Міждисциплінарна наука на стику біології, екології та астрономії

4. Яка з наук є найбільш спорідненою з астроекологією за об'єктом дослідження?

- А. Метеорологія
- Б. Кристалографія
- В. Астробіологія
- Г. Океанологія

5. До структури астроекології входить розділ, що вивчає вплив реголіту на рослини. Як він може називатися?

- А. Космічна гідрологія
- Б. Планетарна едафологія (астрогрунтознавство)
- В. Орбітальна метеорологія
- Г. Радіаційна генетика

6. До якого рівня структури астроекології належить моделювання тераформування Марса?

- А. Історична астрономія
- Б. Планетарна екологія (екологія небесних тіл)
- В. Екологія замкнених систем
- Г. Молекулярна астробіологія

7. Який період вважається початком формування передумов історії астроекології?

- А. Середина XIX століття (після Дарвіна)
- Б. Після запуску телескопа Джеймса Вебба
- В. Античність (часи Арістотеля)
- Г. Початок XX століття (праці К. Ціолковського та В. Вернадського)

8. Хто з вчених висунув ідею про те, що життя є активною геологічною силою, пов'язаною з енергією Сонця та Космосу?

- А. Володимир Вернадський
- Б. Чарльз Дарвін
- В. Нікола Тесла
- Г. Альберт Ейнштейн

9. Концепція «Життя як космічне явище» передбачає, що:

- А. Люди були занесені на Землю інопланетянами
- Б. Всесвіт був створений спеціально для людей
- В. Життя є закономірним етапом розвитку матерії у Всесвіті
- Г. Життя існує тільки на Землі через випадковий збіг обставин

10. Що означає ієрархічність Всесвіту як динамічної системи?

- А. Побудова від елементарних частинок до галактичних надскупчень
 Б. Постійна незмінність усіх космічних об'єктів
 В. Те, що Земля знаходиться в центрі світу
 Г. Поділ Всесвіту на рай і пекло
11. Яка енергія є першоосновою для існування більшості живих систем у космічному масштабі (згідно з концепцією життя як космічного явища)?
- А. Гравітаційна енергія чорних дір
 Б. Енергія хімічних сполук
 В. Тепло від згоряння копалин
 Г. Електромагнітне випромінювання зірок (світло)
12. Всесвіт як динамічна система постійно:
- А. Залишається статичним і незмінним
 Б. Звужується до однієї точки
 В. Розширюється та еволюціонує
 Г. Обертається навколо Місяця
13. Яка стратегія виживання є типовою для організмів-екстремофілів?
- А. Висока стійкість до критичних температур, радіації або тиску
 Б. Зміна кольору шкіри для маскування
 В. Повна відсутність будь-якого обміну речовин
 Г. Втеча від несприятливих умов шляхом активної міграції
14. Як називається стратегія виживання, за якої організм переходить у стан глибокого спокою (наприклад, тихоходи)?
- А. Фотосинтез
 Б. Мутагенез
 В. Симбіоз
 Г. Анабіоз
15. Живі системи на відміну від неживих характеризуються стратегією:
- А. Максимального розсіювання власної структури
 Б. Миттєвого перетворення на камінь при загрозі
 В. Повної ізоляції від зовнішнього середовища
 Г. Зменшення внутрішньої ентропії (самоорганізації)
16. У чому полягає стратегія 'біологічного гомеостазу'?
- А. Припинення розмноження назавжди
 Б. Передача всіх функцій виживання іншим видам
 В. Повна зміна хімічного складу кожної секунди
 Г. Підтримка сталості внутрішнього середовища при змінах зовнішнього
17. Згідно із законом лімітуючого чинника (закон Мінімуму Лібіха), виживання організму визначається:
- А. Середнім значенням інтенсивності дії всіх екологічних факторів
 Б. Виключно антропогенним впливом на екосистему
 В. Загальною сумою всіх доступних енергетичних ресурсів
 Г. Ресурсом, кількість якого є найбільш обмеженою відносно потреби
18. Закон толерантності Шелфорда доповнює закон Лібіха тим, що враховує:
- А. Взаємодію виключно між представниками одного виду
 Б. Тільки швидкість потоку енергії в трофічному ланцюгу
 В. Не лише дефіцит, а й надлишок екологічного фактора
 Г. Тільки вплив гравітації на ріст рослин
19. При проектуванні оранжереї на Марсі виявилося, що освітлення та вода в надлишку, але рослини не ростуть через критично низьку концентрацію певного мікроелемента в імітаторі реголіту. Який екологічний закон це ілюструє?
- А. Закон мінімуму Лібіха
 Б. Правило екологічної піраміди

В. Закон толерантності Шелфорда

Г. Закон біогенної міграції атомів

20. У контексті астроекології, закон толерантності Шелфорда допомагає визначити «зону життя» для земних організмів на інших планетах. Що саме він враховує?

А. Тільки мінімально необхідну кількість води для метаболізму

Б. Діапазон між мінімальним та максимальним значенням фактора (напр. радіації), який може витримати вид

В. Швидкість мутацій під впливом космічного проміння

Г. Відстань від планети до центральної зірки

21. При колонізації Марса планується спочатку висадити лишайники та ціанобактерії, щоб вони змінили реголіт. Як називається такий процес зміни екосистеми в екології?

А. Первинна сукцесія

Б. Біоритмологія

В. Екологічна флуктуація

Г. Вторинна сукцесія

22. Чому в замкненій екосистемі космічного корабля неможливо підтримувати життя лише за допомогою тварин і людини, без рослин чи водоростей?

А. Через надмірну гравітацію

Б. Через закон Гаузе (конкурентне виключення)

В. Порушується потік енергії та колообіг речовин (відсутні продуценти)

Г. Через відсутність психологічного комфорту

23. Концепція «Екосистема як упаковка еконіш» в астроекології передбачає, що для стабільної бази на Місяці потрібно:

А. Використовувати лише один вид рослин для спрощення догляду

Б. Повністю ізолювати кожного мешканця в окремому боксі

В. Підібрати види так, щоб вони максимально повно використовували всі ресурси

Г. Максимізувати кількість хижаків у системі

24. Якщо на штучному космічному об'єкті відбулася випадкова зміна чисельності популяції водоростей через технічний збій, а потім вона повернулася до норми, це приклад:

А. Клімаксу

Б. Еволюційного стрибка

В. Екологічної катастрофи

Г. Флуктуації

25. Який екологічний інструмент є незамінним для прогнозування поведінки екзобіосфер, де неможливо провести прямий експеримент?

А. Описовий метод (гербаризація)

Б. Метод проб і помилок у космосі

В. Археологічні розкопки

Г. Математичне моделювання динаміки екосистем

26. Чому рослини класу Artemisietae (рудеральні види) розглядаються як кандидати для початкових етапів астроекологічного освоєння?

А. Тому що вони потребують ідеально чистої води та стабільної температури

Б. Через їхній надзвичайно великий розмір

В. Вони не мають ДНК і тому не бояться радіації

Г. Через їхню високу адаптивну пластичність та стійкість до порушених субстратів

27. «Упередження того хто вижив» – це

А. логічна помилка

Б. популярне телешоу

В. математична теорія

Г. еволюційна теорія

28. «Земний шовінізм» – це

А. упереджене уявлення про універсальність певних земних явищ.

- Б. расова теорія
- В. еволюційна теорія
- Г. екологічна теорія

29. Тераформування створює екосистеми, які є

- А. оптимальними для проживання людини
- Б. подібними до будь-якої з екосистем Землі
- В. не схожими на екосистеми Землі
- Г. подібними до стародавніх марсіанських екосистем

30. Чи можна порівняти тераформування з рекультивацією чи екологічним відновленням?

- А. тільки коли формуються екосистеми, оптимальні для існування людини
- Б. так, завжди
- В. ні, ніколи
- Г. тільки якщо формуються природні екосистеми

31. Чи відбувається спонтанне відновлення екосистем поза межами Землі?

- А. так, де контакт із об'єктами Землі
- Б. ні
- В. відбувається скрізь
- Г. лише на Марсі

32. Астроєкологія – це галузь

- А. екології
- Б. політики
- В. астрології
- Г. психології

33. Чи відрізняються основні теоретичні принципи тераформування та екологічного відновлення Землі?

- А. ні
- Б. так
- В. так, лише на населених планетах
- Г. ні, лише для населених планет

34. Який механізм захисту від ультрафіолету є найбільш поширеним у екстремофільних ціанобактерій, що виживають на поверхні астероїдів?

- А. Синтез спеціальних пігментів (наприклад, сцитонеміну)
- Б. Стрибки в тінь при появі Сонця
- В. Використання металевих панцирів
- Г. Повна зупинка споживання енергії назавжди

35. Що вивчає розділ 'Радіоастроєкологія'?

- А. Використання сонячних батарей для живлення радіоприймачів
- Б. Пошук радіосигналів від інопланетян
- В. Способи передачі музики по радіо на Місяць
- Г. Вплив іонізуючого випромінювання на структуру та функціонування позаземних екосистем

36. Який екологічний ризик несе концепція «Панспермії за ініціативою людини» (Directed Panspermia)?

- А. Ризик знищення унікального місцевого життя земними інвазійними видами
- Б. Ризик того, що на Землі закінчаться всі бактерії
- В. Ризик перетворення Сонця на чорну діру
- Г. Ризик втрати зв'язку з космічним апаратом

37. Чому в астроєкології велика увага приділяється вивченню мікрогравітації на прикладі розвитку кісткової тканини?

- А. Кістки в космосі стають міцнішими за сталь
- Б. Це допомагає зрозуміти межі адаптації хребетних організмів до тривалих експедицій
- В. Кісткова тканина в невагомості починає світитися
- Г. Це дозволяє вирощувати запасні скелети для роботів

38. Який пристрій використовується в астроекологічних лабораторіях для імітації відсутності вектора гравітації?

- А. Барокамера
- Б. Телескоп
- В. Кліностан
- Г. Мікроскоп

39. Яка роль азотфіксуючих бактерій у перспективних екосистемах Марса?

- А. Створення прозорих куполів над колоніями
- Б. Перетворення атмосферного азоту в доступні форми для живлення рослин
- В. Охолодження поверхні планети
- Г. Виробництво палива для ракет безпосередньо з ґрунту

40. Що описує «Шкала Ріо» (Rio Scale) в контексті контактів та астробіології?

- А. Відстань між зірками в кілометрах
- Б. Швидкість танення льодовиків на полюсах Марса
- В. Ступінь важливості та достовірності виявленого позаземного сигналу
- Г. Рівень забруднення океанів у Бразилії

41. Яка головна відмінність «екоцентризму» від «антропоцентризму» в космічній етиці?

- А. Визнання внутрішньої цінності інопланетних середовищ незалежно від їх користі для людини
- Б. Вимога будувати лише круглі космічні станції
- В. Переконавання, що лише людина має право володіти Всесвітом
- Г. Повна заборона на використання роботів

42. Чому «холодна плазма» розглядається в астроекології як засіб стерилізації?

- А. Вона створює захисний кокон навколо планети
- Б. Вона використовується як їжа для астронавтів
- В. Вона ефективно знищує мікроорганізми без термічного пошкодження чутливого обладнання
- Г. Вона прискорює ріст рослин у десять разів

43. Який біологічний об'єкт є найстійкішим до умов відкритого космосу згідно з експериментами на МКС (наприклад, «Expose»)?

- А. Тихоходи (Tardigrada)
- Б. Кімнатні мухи
- В. Акваріумні рибки
- Г. Насіння соняшнику без захисної оболонки

44. Яка мова вважається «універсальною» для першого контакту в більшості проектів SETI?

- А. Музика та танці
- Б. Мова жестів
- В. Англійська як міжнародна мова Землі
- Г. Математика та закони фізики

45. У чому суть концепції «Планетарного патріотизму»?

- А. Впевненість, що Земля – найкраща планета в Галактиці
- Б. Заборона на виїзд людей за межі земної атмосфери
- В. Усвідомлення людством себе як єдиного виду перед обличчям космічної неосяжності
- Г. Вимога до всіх прибульців приймати земне громадянство

46. Що стверджує «Парадокс Фермі», який є основою для багатьох етичних дискусій?

- А. Відсутність води на більшості планет
- Б. Те, що інопланетяни вже серед нас, але ми їх не бачимо
- В. Неможливість подолання швидкості світла
- Г. Суперечність між високою ймовірністю існування життя та відсутністю його видимих слідів

47. Етична концепція «Космічного сміття» застерігає нас від:

- А. Слухання поганої музики на борту корабля
- Б. Купівлі дешевих китайських іграшок у космосі
- В. Перетворення навколосемної орбіти на непридатну для майбутніх польотів зону
- Г. Використання старих ракет

48. Яка роль штучного інтелекту в співіснуванні з іншими цивілізаціями?

- А. ШІ не потрібен, бо прибульці будуть телепатами
- Б. ШІ повинен захопити владу на кораблі прибульців
- В. ШІ може стати універсальним перекладачем та посередником у переговорах
- Г. ШІ замінить людей і полетить на контакт самостійно

49. Принцип «Техно-рівності» припускає, що:

- А. Люди повинні віддати всі свої технології прибульцям
- Б. Всі планети повинні мати однаковий рівень технологій
- В. Технології – це зло, від якого треба відмовитися в космосі
- Г. Рівень розвитку цивілізації не повинен ставати підставою для дискримінації або експлуатації

50. Філософське питання «Чи готові ми до контакту?» зазвичай означає:

- А. Чи достатньо зрілим є людство етично та психологічно, щоб не спричинити конфлікт
- Б. Чи вистачить нам пального для польоту до найближчої зірки
- В. Чи ми вже прибрали на планеті перед приходом гостей
- Г. Чи всі люди на Землі вивчили англійську

Розв'яжіть ситуаційні задачі

Задача 1: «Парадокс редуцента» (Проблема замкненого циклу)

Ситуація: На автономній марсіанській станції стабільно працює система «фотоавтотрофи – людина». Раптово через мутацію, спричинену космічною радіацією, популяція бактерій-редуцентів (деструкторів) почала розкладати органіку вдвічі швидше, ніж рослини встигають засвоювати мінеральні речовини.

Технічна умова: Концентрація CO₂ у модулі стрімко зростає, а рівень O₂ падає, попри максимальну роботу фітоламп.

Завдання: Запропонуйте екологічний (не технічний) механізм стабілізації системи. Чи варто вводити в систему «тимчасового консумента» і якого типу, щоб уповільнити кругообіг, не порушуючи баланс біомаси?

Задача 2: «Етичний фільтр тераформування» (Ксенобіологічна дилема)

Ситуація: Під час підготовки до викиду ціанобактерій у підлідний океан супутника Юпітера – Європи – зонд зафіксував слабкі хімічні сигнали, які можуть бути продуктом метаболізму місцевих примітивних хемоавтотрофів.

Умова: Впровадження земних бактерій гарантовано створить придатну для людини атмосферу через 100 років, але так само гарантовано знищить місцеву екосистему протягом 10 років (принцип конкурентного виключення).

Завдання: Сформулюйте алгоритм прийняття рішення на основі «Принципів планетарного захисту». Обґрунтуйте: чи має право людство на екоцид потенційного позаземного мікросвіту заради виживання власного виду?

Задача 3: «Синдром Кесслера в біосферному масштабі»

Ситуація: На орбіті Землі кількість космічного сміття досягла критичної маси, що спричинило «ефект доміно». Тепер запуск нових супутників моніторингу довкілля неможливий, а існуючі виходять із ладу.

Умова: Людство втратило 90% даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), через що неможливо відстежувати динаміку озонових дірок та розповсюдження фітофторозу в глобальних масштабах.

Завдання: Розробіть стратегію «астроєкологічного десанту». Як відновити глобальний екологічний моніторинг без використання низькоорбітальних супутників, використовуючи лише наземні та стратосферні біоіндикатори?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

Основна:

1. Хом'як І. В. Історія екології : навч. посіб. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 310 с.
2. Хом'як І. В. Екосистемологія : навч. посіб. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 235 с.
3. Theoretical basis of classification of terraforming methods / I. V. Khomiak, I. P. Onyshchuk, O. M. Vasylenko. Ecological sciences. 2024. № 4 (55). P. 234–237.
4. Onyshchuk I. P., Khomiak I. V. The use of the complex action of environmental factors in the process of space colonization. Ecological sciences. 2022. № 3 (42). P. 107–110.
5. Wandel A., Gale J. Life in Space: Astrobiology for Nonscientists. [B. m.] : Springer Nature, 2025. 376 p.

Додаткова:

1. Агапітов О.В. Магнітосфера Землі. За матеріалами супутникових спостережень Методичні рекомендації до лабораторних робіт. Для студентів фізичного факультету. Київ: 2008. 68 с.
2. Александров Ю. В., Шевченко В. Г. Астрофізика: підручник. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 252 с.
3. Александров Ю.В. Основи релятивістської космології. Підручник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2004. 133 с.
4. Александров Ю.В. Фізика планет. Підручник. Київ: ІЗМН, 1996. 423 с.
5. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А.. Загальна астрономія: підручник для вищих навчальних закладів. Харків: ПромАрт, 2019. 524 с.
6. Андрієвський, С. М., & Кузьменков, С. Г. (2022). Ядерна астрофізика.
7. Артеменко І.О. Хом'як І.В. Формування природних вербових лісів в процесі рекультивациі прибережної зони Збірник тез доповідей науково-практичного семінару студентів та аспірантів «Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору» (16 березня 2024 р). Житомир : Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2024. с. 22-23
8. Астрономія : навчальний посібник / І. А. Климишин, Г. О. Гарбузов, Б. О. Мурніков, Т. І. Кабанова. – Одеса : Астропринт, 2012. – 352 с.
9. Біляєв М. Моделювання і прогнозування стану довкілля : підручник для студентів вищих навчальних закладів І М. М. Біляєв, В. В. Біляєва, П. С. Кіріченко; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна МОН України. Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов, 2016. 207 с.
10. Божинський В. Б., Хом'як І. В. Особливості використання клена ясенелистого в процесі рекультивациі та тераформінгу. Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору : зб. тез доп. наук.-практ. семінару студентів та аспірантів (Житомир, 16 берез. 2024 р.). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 24.
11. Бондар С. С., Хом'як І. В. Тетратрансформаційні стратегії освоєння незаселених субстратів. Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції : тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 16.
12. Брень А. Л., Хом'як І. В. Екологічні стратегії рослин в процесі відновлення природної рослинності. Сучасні проблеми екології : тези XVIII Всеукр. наук. on-line конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнар. участю (Житомир, 06 жовт. 2022 р.). Житомир : Житомирська політехніка, 2022. С. 23. Бурлака В.А., Грабар І.Г., Хом'як І.В., Сукненко Т.М. Екологія і відходи; під ред. Бурлака В.А. Житомир ПП «Рута», 2009. Кн. 2, том ¾ - 431 с.
13. Василенко О. М., Хом'як І. В., Тіт В. І. Моделювання динаміки асоціациі *Discanopinetum* на території Житомирського Полісся. Український журнал природничих наук. 2025. № 12. С. 309-319.
14. Відьмаченко А.П., Мороженко О.В. Порівняльна планетологія. Навчальний посібник. Київ: ТОВ ДІА. 2013. 552 с.

15. Відьмаченко А.П., Стеглов О.Ф. Фізичні характеристики природних супутників планет. Монографія. Київ: НУБіП України, 2023. 198 с.
16. Гарбар О. В., Весельська Е. В., Хом'як І. В., Гарбар Д. А. Просторово-часові зміни структури земельного покриву Словечансько-Овруцького кряжу. Український журнал природничих наук. № 7 2024. с. 197-209.
17. Дзюбенко М.І. Вступ до фізики навколоземного середовища. Навчальний посібник. Київ: ІСДО, 1994. 294 с.
18. Євсюков М.М., Александров Ю.В. Хімія і геологія планет. Навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2000. 190 с.
19. Захожай В.А. Вступ до астрофізики та космогонії. Навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 208 с.
20. Захожай В.А., Захожай О.В. Основи елементарної астрономії: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. 232 с.
21. Золенко І., Хом'як І. В. Перспективи використання *Tusilago farfara* L. з метою тератрансформації та рекультивації. Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції : тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 32.
22. Ivan Khomiak, Oleksandr Harbar, Nataliia Demchuk, Iryna Kotsiuba, and Iryna Onyshchuk Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*, 2019, vol. 25, No 1 (57): 136–146.
23. Ivan Khomiak, Oleksandr Harbar, Nataliia Demchuk, Iryna Kotsiuba, and Iryna Onyshchuk Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*, 2019, vol. 25, No 1 (57): 136–146.
24. Івченко В.М., Решетник В.М. Радіоастрономія. Начальний посібник для студентів фізичного факультету. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2021. 248 с.
25. Киселевич Л.С. К44 Порівняльна планетологія: підручник. / Л.С. Киселевич. – К.: Ніка-Центр, 2011.- 263с.
26. Климишин І.А. Основи космології. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2014. – 164 с.
27. Козак Л.В. Основи фізики планет. Навчальний посібник. Київ: ВПЦ “Київський університет”, 2007. 204 с.
28. Коніщук В.В., Хом'як І.В., Шумигай І.В. Антропогенна трансформація фітоценозів мезотрофних боліт Українського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 1. С. 16-23.
29. Коніщук В.В., Хом'як І.В., Шумигай І.В., Мартиненко В.В. Інвазійний потенціал *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn. на території України. *Агроекологічний журнал*. 2025 № 4. С. 29-35.
30. Коніщук В.В., Хом'як І.В., Шумигай І.В., Онищук І.П. Динаміка рослинності полезахисних лісосмуг, уражених бойовими діями, різної інтенсивності. *Агроекологічний журнал*. 2025 № 2. С. 6-13.
31. Курс загальної астрономії: підручник для студ. вузів / С. М. Андрієвський, І. А. Климишин; ОНУ ім. І.І. Мечникова, Прикарпатський нац. ун-т ім. В. Стефаника. – Одеса : Астропринт, 2010. – 475 с.
32. Лещенко Д., Хом'як І. В. Рекультиваційний та тератрансформаційний потенціал *Сагех hirta* L. *Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 54.
33. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Лабораторний практикум. Електронний навчальний посібник / Під ред. В.Б. Мокіна. Вінниця: ВНТУ, 2017. 84 с.
34. Новосядлий Б. С. Структура й еволюція Всесвіту. Навчальний посібник. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 159с.
35. Онищук І. П., Хом'як І. В., Кичкирук О. Ю., Зайко Є. О. Вплив йонів свинцю (II) на посівні якості насіння озимої пшениці сорту «Ювілейна». *Український журнал природничих наук*. 2023. № 6. 69-79
36. Охорона природи: Навчальний посібник для студентів природничих спеціальностей / уклад. І.В. Хом'як, Т.В. Андрійчук. – Житомир: В - тво ЖДУ, 2022. – 245 с.

37. Панько О.О., Сергієнко О. Г. Загальна астрономія. Навчальний посібник. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2020. 128 с.
38. Парновський С., Парновський О. Як влаштовано Всесвіт. Вступ до сучасної космології. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 248 с.
39. Робочий зошит для проведення лабораторних робіт з моделювання та прогнозування стану довкілля / уклад. І.В. Хом'як – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 22 с
40. Сікорська К. В., Хом'як І. В. Фітоценотичне різноманіття порушених оселищ з участю амброзії полинолистої на території Житомирського Полісся. Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору : зб. тез доп. наук.-практ. семінару студентів та аспірантів (Житомир, 16 берез. 2024 р.). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 27.
41. Стасюк Д., Костюк В. С., Хом'як І. В. Етичні та екологічні проблеми космічної експансії. Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору : зб. тез доп. наук.-практ. семінару студентів та аспірантів (Житомир, 16 берез. 2024 р.). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 41–43.
42. Фесюк Ю. А., Костюк В. С., Хом'як І. В. Етичні та екологічні аспекти колонізації космосу. Проблеми та перспективи. Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору : зб. тез доп. наук.-практ. семінару студентів та аспірантів (Житомир, 16 берез. 2024 р.). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 51–52.
43. Хом'як І.В., Онищук І.П. Коцюба І.Ю., Брень А.Л., Шкилюк Ю.В. Рецензія на монографічне видання «Продромус рослинності України». 2020. Екологічні науки № 2(29). Т. 1 . С. 170-173.
44. Хом'як І. В. Видова різноманітність та фітоценотична приуроченість представників Orthoptera в кар'єрах Житомирського Полісся. Український журнал природничих наук. № 7 2024. с. 197-209.
45. Хом'як І. В. Історія екології : навчальний посібник. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 310 с.
46. Хом'як І. В. Короткий курс соціоекології. Методичні рекомендації до вивчення дисципліни «Соціоекологія та екологічна етика» / І. В. Хом'як, Н. С. Демчук, Т. П. Мостіпака. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2019. – 95 с.
47. Хом'як І. В., Коніщук В. В. Прибережно-водна та болотна рослинність гірничих об'єктів Центрального Полісся. Український журнал природничих наук. 2024. № 10. С. 276-283.
48. Хом'як І. В., Онищук І. П. Інструктивно-методичні матеріали до практичних занять з освітньої компоненти «Методологія та організація наукових досліджень з екології.». Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. 36 с.
49. Хом'як І.В., Хом'як О.І. Потенціал спонтанного тераформінгу ландшафтів суходолу з позицій сучасної теорії динаміки екосистем. Український журнал природничих наук, 2024, № 8, 289-299.
50. Хом'як І.В. , Онищук І.П., Медвідь О.В. Зміна вектора динаміки автогенної сукцесії екосистем під впливом скиду зворотних вод. Екологічні науки, 2023. – № 1(46). – 49-52 С.
51. Хом'як І.В. Аналіз теорій поліклімаксу та моноклімаксу із позиції сучасної теорії динаміки екосистем. Екологічні науки. 2024. № 1(52), Том 2. 179-183.
52. Хом'як І.В. Антропогенна трансформація похідних лісів класу Robinietae на території Українського Полісся Український журнал природничих наук. 2025. № 11. С. 314-324.
- 53.
54. Хом'як І. В. Відновлювана екологія та астроекологія: сталий розвиток. Соціоекологічні проблеми колонізації космосу та тераформації : матер. VIII Житомирського астроекологічного семінару (м. Житомир, 14 берез. 2025 р.). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. С. 48–52..
55. Хом'як І.В. Вплив інвазій видів-трансформерів на динаміку рослинності перелогів Українського Полісся. Біоресурси і природокористування. ТОМ 10, № 1-2 (2018). С. 29-35.
56. Хом'як І.В. Вплив умов середовища на напрям первинних сукцесій в районі виходів лесових порід Правобережного Полісся. Питання біоіндикації та екології. – 2015. – Вип. 20, № 1. - С. 35-46.

57. Хом'як І.В. Динаміка надземної фітомаси під час автогенних сукцесій на перелогах для території Правобережного Полісся. Екологічні науки. 2016. № 12-13. С. 33-39.
58. Хом'як І.В. Динаміка флори перелогів Українського Полісся. // ScienceRise:Biological Science – 2018, №1 (10). С 8-13.
59. Хом'як І.В. Збірник задач з моделювання та прогнозування стану довкілля / уклад. І.В. Хом'як. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 42 с.
60. Хом'як І.В. Ідеальний ландшафт та міські джунглі: вибір між щастям та успіхом. Жила, 2013. С. 14-19.
61. Хом'як І.В. Інвазії *Acer negundo* L. у порушені екосистеми гірничих об'єктів на території Українського Полісся. Український журнал природничих наук. 2025. № 13. С. 421-429.
62. Хом'як І.В. Методологія та організація наукових досліджень з екології. Житомир: Видавництво ЖДУ імені Івана Франка, 2024. 167 с.
63. Хом'як І.В. Моделювання та прогнозування стану довкілля: конспект лекцій. / уклад. І.В. Хом'як – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 72 с.
64. Хом'як І.В. Нове місцезнаходження *Botrychium lunaria* (Ophioglossaceae) на території Центрального Полісся К. УБЖ №2. 2014. С. 206-208.
65. Хом'як І.В. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. Екологічні науки. 2018. №1 (20) том 2. С. 69-73.
66. Хом'як І.В. Проблема екотону в класифікації екосистем. // Наукові записки НаУКМА. – 2011. Т119. С. 70-72.
67. Хом'як І.В. Фітоіндикаційна характеристика трансформації рослинних угруповань відновлюваної рослинності Центрального Полісся. // Екосистеми їх оптимізація та охорона. 2011. Вип. 5 (24). С. 58-65.
68. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз передклімаксихчних стадій розвитку екосистем // Питання біоіндикації та екології – 2013. Вип. 18, №1. С. 20-29
69. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз ступеня трансформації екосистем Центрального Полісся. // Питання біоіндикації та екології – 2012. Вип. 17, №1. С. 3-11
70. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз трансформаційних процесів водно-болотних угідь. // Заповідна справа в Україні. – 2013. вип. 1. Т.19., С. 38-42.
71. Хом'як І.В. Характеристика асоціацій *Agrostio-Populetum tremulae* та *Epilobio-Salicetum carpaе* класу *Epilobietea angustifoliae* для Правобережного Полісся. УБЖ №4. 2016. С. 239-254.
72. Хом'як І.В. Шлях людини у космос // Аномальні явища: методологія і практика досліджень: зб. наук. праць / під заг. ред. А.С. Білика. – К.: Знання, 2020
73. Хом'як І.В., Василенко О.М. Фітоценотичне різноманіття в районі полігону твердих побутових відходів м. Коростень. Екологічні науки, 2025. 4(61) 117-121
74. Хом'як І.В., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П. Динаміка відновлюваної рослинності піщаних кар'єрів Житомирського Полісся Екологічні науки. 2021, № 6 (39). С 204-207.
75. Хом'як І.В., Глобальні екологічні проблеми з точки зору астроекології. Екологічні науки. 2021, № 6 (39). С 154-157.
76. Хом'як І.В., Гринковська А.В., Весельська Е.В. Проблеми і перспективи синфітоіндикаційного аналізу меж та активності планетарних аномалій. Аномальні явища: методологія і практика досліджень: зб. наук. праць / під заг. ред. А.С. Білика. К.: Знання, 2020
77. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. Екологічні науки. 2018. №3 (22). С. 113-118.
78. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Гарбар Д.А. Методичні рекомендації до проведення навчальної практики з екосистемології / уклад. І.В. Хом'як, Н.С. Демчук, Д.А. Гарбар – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 37 с.

79. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Коцюба І.Ю., Ястребова Я.В. Еколого-ценотична характеристика популяції *Heracleum sosnowskyi* Manden на території Центрального Полісся 2019. Екологічні науки № 1(24). Т. 2 . С. 126-129.
80. Хом'як І.В., Зарічна М.С., Демчук Н.С., Костюк В.С., Василенко О.М., Власенко Р.П., Гарбар Д.А. Вплив зарегулювання течії на динаміку екосистем річки Лісна (Житомирська область) Екологічні науки. 2021 № 2(35). С 45-48.
81. Хом'як І.В., Козин М.С., Коцюба І.Ю., Василенко О.М., Власенко Р.П. Обґрунтування необхідності охорони витоків малих річок на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу. Екологічні науки. 2022. № 1 (40). С 28-32.
82. Хом'як І.В., Коростецький В.О. Соціоекологія з основами екологічної етики. (посібник для студентів класичних університетів) Житомир. 2011. ПП «Рута» с.268.
83. Хом'як І.В., Коцюба І.Ю., Козин М.С., Василенко О.М., Гарбар Д.А. Перспективи дистанційного дослідження запасів підземних вод Словечансько-Овруцького кряжу. Екологічні науки, 2023. – № 2(47). С 217-221.
84. Хом'як І.В., Мшанецька В.В., Костюк В.С., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Андрійчук Т.В., Онищук І.П. Оцінка екосозологічного потенціалу території за допомогою аналізу синфітоіндикаційних моделей динаміки. Екологічні науки. 2020, № 6 (33). Т. 1 . С. 178-184.
85. Хом'як І.В., Овдіюк О.М. Контрольоване самовідновлення рослинності як альтернатива лісової рекультивациі. Екологічні науки. № 4(55). 2024. С. 229-233.
86. Хом'як І.В., Онищук І. П. Поширення *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. (Dryopteridaceae) на території Словечансько-Овруцького кряжу. Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія. – 2018. – Том 1. – С. 48-51.
87. Хом'як І.В., Онищук І.П., Василенко О.М., Виговський І.В. Особливості складання звіту оцінки впливу на довкілля в умовах радіаційного забруднення. Екологічні науки. 2025. № 6(57). С. 216-220.
88. Хом'як І.В., Онищук І.П., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Коцюба І.Ю. Природна та антропогенна динаміка угруповань асоціації *Geranio-Trifolietum alpestris* на території Українського Полісся. Екологічні науки, 2022. – № 5(44). – 238-242 С.
89. Хом'як І. В., Шамоніна М. І. Тераттрансформаційний потенціал представників роду осокові (*Carex*). Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції : тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 12.
90. Хом'як О., Хом'як І. Подвійна користь астроекології. Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору : зб. тез доп. наук.-практ. семінару студентів та аспірантів (Житомир, 16 берез. 2024 р.). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 11–21.
91. Хом'як І. В. Підвищення ефективності відновлення екосистем із використанням класичних методів екосистемології. Збірник тез доповідей наукової конференції викладачів та молодих науковців Житомирського державного університету імені Івана Франка з нагоди Днів науки. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. С. 284–288..
92. Хом'як, І. В., Демчук, Н. С., Гарбар, Д. А. (2021) Екосистемологія. Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт. ЖДУ ім. І. Франка, Житомир. 62 с.
93. Хом'як, І. В., Костюк, В. С., Гарбар, О. В., Демчук, Н. С., Андрійчук, Т. В., Власенко, Р. П., Гарбар, Д. А., Онищук, І. П., Шпаковська, Л. В., Омельчук, М. О. (2021) Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. Екологічні науки. 2021, (7). pp. 67-71.
94. Хом'як, І. В., Коцюба, І. Ю. (2023) Видова різноманітність флори західно-глинянської ділянки Дубрівського родовища первинних каолінів. Український журнал природничих наук (1). с. 60-70.
95. Хом'як, І. В., Онищук, І. П., Медвідь, О. В., Пацева, І. Г., Хом'як, О. І. Вплив скиду зворотних вод Шамраївського родовища гранітів на фіторізноманіття долини річки Роставиця. Український журнал природничих наук. 2024. №9. С. 331-343.
96. Хомяк І.В. Гарбар О.В. Никончук Є. Демчук Н.С. Гарбар Д.А. Еколого-ценотична характеристика популяції *Nedera helix* L. (Araliaceae) на території Словечансько-Овруцького кряжу.

Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin Series: Biological Sciences, 2019, 3 (387). – С. 32-37.

97. Хом'як І.В. Синтаксономія відновлюваної рослинності кар'єрів Центрального Полісся. Український ботанічний журнал, 2022. 79(3): 142–153.

98. Церклевич А.Л., Фис М.М., Шило Є.О., Заяць О.С. Планетарна геодинаміка. Фігура, гравітаційне поле, внутрішня будова Землі і планет земної групи. Монографія. Львів: видавництво “Львівська політехніка, 2022. 336 с.

99. Циганенко-Дзюбенко І. Ю., Хом'як І. В., Кірейцева, Г. В. Моделювання динаміки водних і прибережно-водних рослинних угруповань у пост-мілітарних умовах. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2023. Вип. 2. С. 47-55.

100. Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Гандзюра В.П., Алпатова О.М., Демчук Л.І., Хом'як І.В., Вовк В.М. Гідрохімічний статус пост-мілітарних водних екосистем с. Мощун, Київської області. Екологічні науки, 2023. – № 1(46). – 53-58 С.

101. Черняєва О.П., Золенко І.С., Лещенко Д.Є., Хом'як І.В., Відновлення природної рослинності на порушених ектопах – основа для тератрансформаційних моделей // Матеріали II всеукраїнської науково-практичної конференції «Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку». Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 56-59.

102. Черняєва О.П., Хом'як І.В. Тератрансформаційний потенціал *Elymus repens* (L.) GOULD. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції” Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 18.

103. Шамоніна М.І. Хом'як І. В. Тератрансформаційний потенціал представників роду осокові (*Carex*) в процесі рекультивації. Тези XVIII Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології» 06 жовтня 2022 року. Житомир : Житомирська політехніка, 2022. С. 101.

104. Шиманська Ю.П. Хом'як І.В. Використання відновлювального потенціалу похідних лісів в процесі рекультивації та тераформінгу. Збірник тез доповідей науково-практичного семінару студентів та аспірантів «Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору» (16 березня 2024 р). Житомир : Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2024. с. 25-26.

105. Alpatova O., Maksymenko I., Patseva I., Khomiak I., Gandziura V. Hydrochemical State of the Post-Military Operations Water Ecosystems of the Moschun, Kyiv Region. 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, (Nov 2022). European Association of Geoscientists & Engineers. 2022, p.1 – 5

106. Baur P. S., Clark R. S., Walkinshaw C. H., Scholes V. E. Uptake and translocation of elements from Apollo 11 lunar material by lettuce seedlings. *Phyton*. 1974. Vol. 32. P. 133–142.

107. Castro V. A., Thrasher A. N., Healy M., Ott C. M., Pierson D. L. Microbial characterization during the early habitation of the International Space Station. *Microbial ecology*. 2004. Vol. 47, no. 2. P. 119–126.

108. David, L. Mining Moon Ice: Prospecting Plans Starting to Take Shape. *Space.com*. 2018. 13 July. URL: <https://www.space.com/mining-moon-ice-prospecting-plans-starting-to-take-shape.html> (дата звернення: 05.10.2025)

109. Duri L. G., Caporale A. G., Roupheal Y., Vingiani S., Palladino M., De Pascale S., Adamo, P. The potential for lunar and martian regolith simulants to sustain plant growth: a multidisciplinary overview. *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*. 2022. Vol. 8. P. 747821.

110. Ellery A. Supplementing closed ecological life support systems with in-situ resources on the moon. *Life*. 2021. Vol. 11, no. 8. P. 770.

111. Fackrell L. E. Humphrey S., Loureiro R., Palmer A. G., Long-Fox, J. Overview and recommendations for research on plants and microbes in regolith-based agriculture. *npj Sustainable Agriculture*. 2024. Vol. 2, no. 1. P. 15.

112. Ferl R. J., Paul A. L. Lunar Plant Biology– A Review of the Apollo Era. *Astrobiology*. 2010. Vol. 10. P. 261–274.

113. Gibson E. K. Volatile elements, carbon, nitrogen, sulfur, sodium, potassium and rubidium in the lunar regolith. *Phys Chem Earth*. 1977. Vol. X. P. 57–62.
114. Horneck, G., & Rettberg, P. Complete course in astrobiology. John Wiley & Sons. 2007. 413 p.
115. Jessie C. Buettel, Barry W. Brook, Andrew Cole, John Dickey, Emily J. Flies. Astroecology? Shifting the interdisciplinary collaboration paradigm. *Ecology and Evolucion*. 2018 №8: P. 9586-9589.
116. Kapets N. V. Barsukov O. O., Vynokurov D. S., Khomyak I. V. Pioneer lichen communities of the Teteriv River Basin (Ukraine). *Acta Botanica Hungarica* 2018. 60(3–4), pp. 331–355.
117. Keeter B. Scientists grow plants in lunar soil. Ed. Bill Keeter. NASA (National Aeronautics and Space Administration) 2025 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/feature/biological-physical/scientists-grow-plants-in-soil-from-the-moon> (дата звернення: 15.07.2025).
118. Khomiak I. V., Onyshchuk I. P., Vakerych M. M., Hasynets Y. S., Khomiak O. I., Sabadosh V. I. Change in the general aboveground phytomass as a basis for modeling dynamics of recovery of vegetative cover. *Biosystems Diversity*, 2024, 32 (2), P. 225-232.
119. Khomiak I., Onishchuk I., Demchuk N. Phytoindicators of ecosystem dynamics in Ring-banc Ukrainian Polissia ScienceRise:Biological Science. – 2018 №4 (13) P. 25-30.
120. Khomiak I., Onyschuk I., Khomiak O. Analysis of the relevance of astroecological research. *Екологічні науки*. 2024. № 2. с. 35-38.
121. Khomiak I.V., Onyshchuk I.P., Kychkyruk O.Y., Vakerych M. M., Hasynets Y. S., Schwartau V. V. The impact of strike UAV explosions on soil acidity and vegetation dynamics. *Biosystems Diversity*, 2025, 33 (2), P. 2530.
122. Khomiak I.V., Onyshchuk I.P., Vakerych M.M., Hasynech Y.S. Adaptation strategies of *Heracleum sosnowskyi* in Ukrainian Polissia. *Biosystems Diversity*. 2024. 32 (1), P. 99-106
123. Khomiak I.V., Onyshchuk I.P., Vasylenko O.M. Theoretical basis of classification of terraforming methods. *Ecological sciences*. 2024. 4(55) P. 234-237.
124. Khomiak I.V. Prospects and risks of using lunar regolith to form isolated ecosystems *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2025. № 14. С. 270-278.
125. Khomiak Ivan, Khomiak Oksana The influence of substrate particle size on the potential for spontaneous spread of biota across the landmass of rocky planets. *Global science: prospects and innovations. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference*. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2024. P 314-319.
126. Khomiak Ivan, Khomiak Oksana The influence of substrate particle size on the potential for spontaneous spread of biota across the landmass of rocky planets. // *Global science: prospects and innovations. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference*. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2024. P 314-319.
127. Khomiak Ivan, Khomiak Oksana. Using artificial intelligence for express-analysis of the biotic potential of alien habitat. *Modern research in science and education. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference*. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2024. P. 203-208.
128. Khomiak Ivan, Khomiak Oksana. Using artificial intelligence for express-analysis of the biotic potential of alien habitat. // *Modern research in science and education. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference*. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2024. P. 203-208.
129. Khomiak Ivan, Vasylenko Olha Using the rules of natural recovery of ecosystems for the process of revegetation and terraforming. *Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka [Zasób elektroniczny]: materiały z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej, (Łomża – Żytomierz, 15.11.2023 r. / Pod redakcją naukową Zoia Sharlovykh, Janusz Lisowski, Ruslana Romaniuk. Część 1. Wydawnictwo: MANS w Łomży, 2023. S. 199-203.*
130. Khomiak, I. V., Onyshchuk, I. P., Vakerych, M. M., Hasynets, Y. S., & Schwartau, V. V. (2025). Restoration of floodplains' natural vegetation of Polissia to reduce the effects of climate change. *Biosystems Diversity*, 33(4), e2551.

131. Khomiak, I., Harbar, O., Kostiuk, V., Demchuk, N., & Vasylenko, O. Synphytoindication models of the anthropogenic transformation of ecosystems. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 2024. 33(1), P. 65-77.
132. Khomyak I. V., Onischuk I. P., Kotsyuba I. Yu.. Ecological spectra of the most abundant Lumbricid (Okigohaeta, Lumbricidae) species of the Central Ukrainisn (Polissa) *Vestnik zoologii*, 2016. №50(6). P. 553–556,
133. Kolb, V. M. (Ed.). *Handbook of astrobiology*. CRC Press. 2018868 p.
134. Kotsiuba I. Y., Khomiak I. V., Bren A., Shamonina M. Ecological strategies of plants in the process of restoration of disrupted natural ecosystems of Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2023. Vol. 3. P. 186-198.
135. Kozyrovska N. O., Lutvynenko T. L., Korniiichuk O. S., Kovalchuk M. V., Voznyuk T. M., et al. Growing pioneer plants for a lunar base. *Advances in Space Research*. 2006. Vol. 37. P. 93–99.
136. Kral T. A., Bekkum C. R., McKay, C. P. Growth of methanogens on a mars soil simulant. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*. 2004. Vol. 34. P. 615–626.
137. Michael Noah Mautner. *Astroecology, cosmo-ecology, and the future of life*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2014. №4 (83): P. 449-464.
138. Novosyadlyj B., Pelykh V., Shtanov Yu., Zhuk A. *Dark Energy: Observational Evidence and Theoretical Models*. Vol. 1. of the three-volume monography “Dark Energy and Dark Matter in the Universe”, Ed. V.M. Shulga. Kiev: Akadempriodyka, 2013, 380 p.
139. Oleksandr Harbar, Ivan Khomiak, Iryna Kotsiuba, Nataliia Demchuk and Iryna Onyshechuk. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Soc. ekol. Zagreb*, 2021.. No. 3. P. 347-367.
140. Oleksandr Harbar, Oleksandr Lavryk, Ivan Khomiak, Ruslana Vlasenko, Tamara Andriychuk, Vitaliy Kostiuk. Spatiotemporal analysis of the changes of the main habitats of the Kozachelaherska arena (Nyzhniodniprovsky sands, Kherson region, Ukraine) in the period of 1990–2020. *Auc Geographica*, 2023. № 53. P. 64–73
141. Paul A. L., Smith D. P., Gigis P. J., Ferl J. B. and Ferl R. L. Plants grown in Apollo lunar regolith present stress-associated transcriptomes that inform prospects for lunar exploration. *Communications Biology*. 2022. P. 322.
142. Rickman D., McLemore C. A., Fikes J. Characterization summary of JSC-1A bulk lunar mare regolith simulant. 2007 [Електронний ресурс]. URL: http://www.orbitec.com/store/JSC-1A_Bulk_Data_Characterization.pdf ; http://www.orbitec.com/store/JSC-1AF_Characterization.pdf (дата звернення: 28.07.2014).
143. Taylor L., Pieters C., Britt D. Evaluations of lunar regolith simulants. *Planetary and Space Science*. 2016. Vol. 126. P. 1–7.
144. Vlasenko Ruslana, Khomiak Ivan, Harbar Oleksandr, Demchuk Nataliia (2020) Lumbricides as a bio-indicators of the influence of electrical transmission line in the conditions of Ukrainian Polissia. *Travaux du Muséum National d’Histoire Naturelle “Grigore Antipa”* (63 (1)). pp. 4-18.
145. Wamelink G. W., Frissel J. Y., Krijnen W. H. J., Verwoert M. R. Can Plants Grow on Mars and the Moon: A Growth Experiment on Mars and Moon Soil Simulants. *PLOS One*. 2014. Vol. 9, no. 8. e103138.
146. Weinberg S. *Cosmology*. Oxford University Press Inc., New York, 2008. –593 C.
147. Zaets I., Burlak O., Rogutsky I., Vasilenkoa A., Mytrokhyn O., et al. Bioaugmentation in growing plants for lunar bases. *Advances in Space Research*. 2011. Vol. 47. P. 1071–1078. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.05.011>.

Интернет ресурси:

<http://eprints.zu.edu.ua/>

<http://euroveg.org/>

<http://geobot.org.ua/>

<https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-astrobiology>

<https://www.sciencedirect.com/journal/life-sciences-in-space-research/issues>

https://x.com/khomiak_ivan

<https://www.youtube.com/@Astroeco-UA-y5l>