

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет хімії та екології
Кафедра органічної та фармацевтичної хімії

Супрунович С. В., Сливка Н. Ю.

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ
Методичні рекомендації до самостійної роботи
(для студентів спеціальності 101 Екологія)

Луцьк 2023 р.

УДК 547:502/504(072)

О-64

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 2 від 25 жовтня 2023 р.)*

Рецензенти:

Корольчук С. І. — кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та технологій
Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Шемет В. Я. — кандидат хімічних наук, доцент кафедри матеріалознавства
Луцького національного технічного університету.

О 64

Органічна хімія та екологія: методичні рекомендації до самостійної роботи /
укладачі: С. В. Супрунович, Н. Ю. Сливка. Луцьк: ВНУ імені Лесі Українки,
2023. 17 с.

Методичні рекомендації до самостійної роботи призначено для допомоги
студентам у вивченні окремих розділів нормативного освітнього компонента
«Органічна хімія та екологія».

Для студентів спеціальності 101 Екологія факультету хімії та екології
Волинського національного університету імені Лесі Українки.

УДК 547:502/504(072)

© Супрунович С. В., Сливка Н. Ю., 2023

© ВНУ імені Лесі Українки, 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Структура навчальної дисципліни.....	6
Тематичний план навчальної дисципліни.....	7
Змістовий модуль 1. Основи органічної хімії.....	7
Змістовий модуль 2. Реакційна здатність органічних сполук.....	7
Тематика семінарів.....	8
Семінар №1. Будова та номенклатура органічних сполук.....	8
Індивідуальне завдання.....	9
Інструкція.....	9
Питання до заліку.....	10
Джерела інформації.....	15

ВСТУП

Навчальний курс “Органічна хімія та екологія” передбачає вивчення основних класів органічних сполук, їх номенклатури, ізомерії, методів добування, фізичних і хімічних властивостей, знаходження в природі та сфери їх застосування. Метою курсу є узагальнення знань про класи органічних сполук та хімічні властивості, основні методи елементарного органічного синтезу з дотриманням правил техніки експерименту та техніки безпеки. Важлива увага при вивченні органічної хімії студентами спеціальності «Екологія» та охорона навколишнього середовища" приділяється також екологічному аспекту, який розглядається при добуванні, застосуванні та утилізації хімічних продуктів, що містять шкідливі речовини певних класів.

Так як органічні сполуки займають значне місце в навколишньому середовищі, то поглиблене їх вивчення пропонується майбутнім бакалаврам, що навчаються по спеціальності 101 Екологія в нормативному курсі «Органічна хімія та екологія».

На вивчення цієї дисципліни виділено 150 годин (5 кредитів ECTS). З них безпосередньо на лабораторні роботи 26 годин. Засвоєння навчального матеріалу сприятиме формуванню, згідно стандарту вищої освіти за спеціальністю 101 Екологія галузі знань 10 «Природничі науки» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, наступних компетенцій:

Загальні компетентності (ЗК)

К 08. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

К 11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності (ФК)

К 18. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

К 22. Здатність до участі в розробці системи управління та поводження з відходами виробництва та споживання.

Програмні результати навчання згідно з вимогами освітньої програми (ПР):

ПР 03. Розуміти основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі природничих наук, що необхідні для аналізу і прийняття рішень в сфері екології, охорони довкілля та оптимального природокористування.

ПР 11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.

ПР 12. Брати участь у розробці та реалізації проектів, направлених на оптимальне управління та поводження з виробничими та муніципальними відходами.

ПР 21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

Для супроводження навчання існує курс в університетській системі дистанційного навчання LMS Moodle «Органічна хімія та екологія» (<https://moodle.vnu.edu.ua/course/view.php?id=2529>). На нього необхідно записатись самостійно (Кодове слово «ОХЕ») або за допомогою викладача. Тут будуть розміщуватись матеріали, необхідні для вивчення дисципліни, поточна інформація, форум для обговорення незрозумілих питань та інструменти для виконання індивідуального завдання.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лаб.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/бали
Змістовий модуль 1. Основи органічної хімії						
Тема 1. Будова та номенклатура органічних сполук.	15	2	4	8	1	С / 8 ІНДЗ / 2
Тема 2. Лабораторна практика органічної хімії.	13	0	4	8	1	ЛР / 20
Тема 3. Хімічний зв'язок в органічних молекулах.	13	2	2	8	1	К / 4
Тема 4. Геометрична будова та ізомерія органічних сполук	17	4	2	10	1	К / 4
Тема 5. Органічні речовини в навколишньому середовищі	17	4	2	10	1	ІНДЗ / 12
Разом за модулем 1	75	12	14	44	5	50
Змістовий модуль 2. Реакційна здатність органічних сполук						
Тема 6. Типи реакцій та реагентів у органічній хімії	19	4	4	10	1	К / 4 ІНДЗ / 10 ЛР / 4
Тема 7. Термодинаміка та кінетика органічних реакцій.	17	4	2	10	1	К / 4 ЛР / 4
Тема 8. Радикальні реакції.	13	2	2	8	1	К / 4 ЛР / 4
Тема 9. Нуклеофільні реакції.	13	2	2	8	1	К / 4 ЛР / 4
Тема 10. Електрофільні реакції.	13	2	2	8	1	К / 4 ЛР / 4
Разом за модулем 2	75	14	12	44	5	50
Всього годин:	150	26	26	88	10	
Всього балів						100

*Форма контролю: С – семінар, К – колоквіум, ІНДЗ – індивідуальне завдання, ЛР – лабораторна робота.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Основи органічної хімії

Тема 1. Будова та номенклатура органічних сполук.

Предмет органічної хімії. Елементи — органогени. Поширення органічних сполук в природі. Способи зображення молекул органічних сполук. Скорочені та розгорнуті структурні формули. Види номенклатури органічних сполук — тривіальна, раціональна та систематична. Синя книга ЮПАК. Класифікація органічних речовин. Поняття хімічної функції.

Тема 2. Лабораторна практика органічної хімії.

Обладнання лабораторії органічної хімії. Правила безпеки в лабораторії. Органічний синтез і виділення з природної сировини, як два основні методи одержання органічних речовин. Методи очистки органічних речовин. Шляхи хімічної переробки органічної сировини.

Тема 3. Хімічний зв'язок в органічних молекулах.

Електронна теорія хімічного зв'язку. Типи хімічних зв'язків: ковалентний, іонний, семіполярний, координаційний, водневий. Наближення МО ЛКАО. Локалізовані орбіталі. Подвійні та потрійні зв'язки. Будова σ - та π -зв'язків.

Тема 4. Геометрична будова та ізомерія органічних сполук

Ізомерія органічних сполук. Конституція і конфігурація. Поняття просторової будови та просторової ізомерії органічних речовин і способи вказання їх конфігурації.

Тема 5. Органічні речовини в навколишньому середовищі

Фізичні характеристики органічних сполук. Джерела органічних речовин у навколишньому середовищі: антропогенні та природні. Деградація органічних речовин у природі: фізична, фізико-хімічна, хімічна, біологічна. Розсіяння та кругообіг органічних сполук. Розчинність, парціальний тиск та розподіл між фазами. Адсорбція, абсорбція. Явище концентрування окремих речовин у харчових ланцюгах.

Змістовий модуль 2. Реакційна здатність органічних сполук

Тема 6. Типи реакцій та реагентів у органічній хімії

Уявлення про механізм органічної реакції. Гомолітичний та гетеролітичний розрив ковалентного зв'язку. Типи проміжних частинок: карбокатиони, карбоаніони, радикали. Електрофільні, нуклеофільні та радикальні реакції. Теорія Пірсона жорстких та м'яких основ та кислот.

Тема 7. Термодинаміка та кінетика органічних реакцій.

Енергетична діаграма реакції. Термодинамічні потенціали: Ентальпія, Ентропія, Енергія Гібса. Рівняння Ареніуса. Енергія активації. Зв'язок константи швидкості реакції з константою рівноваги. Температурний коефіцієнт реакції. Фундаментальне рівняння Гібса.

Тема 8. Радикальні реакції.

Загальна характеристика радикальних реакцій. Радикальні реакції в навколишньому середовищі та їх екологічна роль. Ланцюгові радикальні реакції. Радикальне хлорування метану. Радикальні реакції в атмосфері.

Тема 9. Нуклеофільні реакції.

Загальна характеристика нуклеофільних реакцій. Нуклеофільні реакції в навколишньому середовищі та їх екологічна роль. Реакції нуклеофільного приєднання до кратних зв'язків. Реакції нуклеофільного заміщення в ароматичних сполуках.

Тема 10. Електрофільні реакції.

Загальна характеристика електрофільних реакцій. Електрофільні реакції в навколишньому середовищі та їх екологічна роль. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі: сульфування, нітрування, галогенування, алкілування, ацилювання. Умови утворення електрофільного агента в реакціях заміщення. Орієнтація електрофільного заміщення в похідних бензену. Замісники першого та другого роду.

ТЕМАТИКА СЕМІНАРІВ

Семінар №1. Будова та номенклатура органічних сполук.

1. Елементи-органогени та їх валентність в органічних сполуках.
2. Типи формул в органічній хімії: емпіричні, молекулярні, структурні.
3. Розгорнуті та скорочені структурні формули.

4. Функціональні групи.
5. Ізомерія органічних сполук. Структурна ізомерія. Геометрична ізомерія.
6. Види номенклатур у органічній хімії – тривіальна, раціональна, система IUPAC.
7. Правила побудови назв органічних сполук згідно IUPAC.
8. Гомологічний ряд алканів.
9. Побудова структурних формул органічних сполук на основі їх систематичних назв.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Індивідуальна робота присвячена опису хімії екологічно значимих органічних сполук. Необхідно вибрати на сторінці <https://moodle.vnu.edu.ua/mod/wiki/view.php?pageid=2151> сполуки, і описати тут за нижчеописаним сценарієм. При необхідності проілюструйте матеріал рівняннями реакцій (картинка, використовувати скорочені структурні формули, можна написати від руки, і сфотографувати, скористатись хімічним редактором, або вирізати зображення із книжки). Для пошуку необхідної інформації скористайтесь Інтернетом.

Максимальна оцінка -- 52 бали. Остаточна оцінка є сумою оцінок за окремі записи.

Інструкція

Створіть запис у цьому глосарії, назвіть за назвою сполуки (краще традиційна назва). Не забувайте після кожного редагування зберігати запис.

Опишіть вибрану сполуку за наступною схемою:

- Назва сполуки, структурна формула (Стиль Заголовок 1)
- Фізичні властивості (2 бали).
- Методи синтезу.

Кожен метод синтезу оцінюється окремо. Потрібно описати коротко (одним реченням) метод синтезу. Навести схему реакції (1 бал) та умови реакції (1 бал).

- Хімічні властивості.

Кожна хімічна властивість оцінюється окремо. Потрібно описати коротко (одним реченням) властивість. Навести схему реакції (1 бал) та умови реакції (1 бал).

- Екологічна роль речовини

Описати екологічну роль речовини в навколишньому середовищі (2 бали).

Якщо речовина піддається хімічним перетворенням у навколишньому середовищі, навести схеми відповідних реакцій (1 бал за кожну)

- Побічні продукти при виробництві

Якщо при виробництві утворюються побічні продукти, то навести тут схеми реакцій (1 бал), описати їх екологічну роль, якщо така є (2 бали).

ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

1. Предмет органічної хімії. Поширення органічних сполук в природі.
2. Органічний синтез і виділення з природної сировини, як два основні методи одержання органічних речовин.
3. Методи очистки органічних речовин.
4. Шляхи хімічної переробки органічної сировини (природний газ, нафта, кам'яне вугілля, деревина і ін.).
5. Електронна теорія хімічного зв'язку.
6. Типи хімічних зв'язків: ковалентний, іонний, семіполярний, координаційний, водневий.
7. Валентний стан атома Карбону, Оксигену, Нітрогену.
8. Будова σ - та π -зв'язків. Подвійний та потрійний зв'язки.
9. Взаємний вплив атомів у молекулі, електровід'ємність атомів, полярність зв'язків та здатність до поляризації. Індукційний та мезомерний ефекти.
10. Ізомерія та номенклатура органічних сполук.
11. Класифікація органічних речовин.
12. Функціональні групи.
13. Уявлення про механізм органічної реакції. Гомолітичний та гетеролітичний розрив ковалентного зв'язку.
14. Електрофільні реакції.
15. Нуклеофільні реакції.
16. Радикальні реакції.
17. Алкани. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія карбонового скелету.
18. Лабораторні та промислові методи одержання алканів.
19. Хімічні властивості алканів: галогенування, сульфування, сульфохлорування, нітрування, окиснення, дегідрування, піроліз, ізомеризація. Механізм реакцій радикального заміщення.
20. Заміщення атома Гідрогену біля первинного, вторинного і третинного атома Карбону.

21. Нафта. Природні та супутні гази. Хімічна переробка нафти і газу. Моторне паливо, детонаційна стійкість, методи зменшення екологічної шкоди в паливному комплексі.
22. Алкени. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія. Фізичні властивості.
23. Методи одержання алкенів: дегідрування, дегідратація, дегідрогалогенування, крекінг. Реакції елімінування, правило Зайцева.
24. Алкіни. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія. Фізичні властивості.
25. Лабораторні та промислові методи одержання ацетилену. Одержання алкінів: дегідрування, дегідрогалогенування.
26. Арени. Бензен і його гомологи. Ізомерія та номенклатура. Джерела ароматичних вуглеводнів.
27. Електронна будова бензенового ядра й хімічні властивості бензену: відносна стійкість до окислення, здатність до реакцій заміщення, термохімія гідрування та горіння бензену, реакції приєднання.
28. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі: сульфування, нітрування, галогенування, алкілування, ацилювання. Умови утворення електрофільного агента в реакціях заміщення.
29. Орієнтація електрофільного заміщення в аренах. Узгоджена та неузгоджена орієнтація.
30. Галогенопохідні аліфатичних вуглеводнів. Типи, номенклатура та ізомерія галогенопохідних. Методи одержання монозаміщених галогенопохідних з алканів, алкенів, спиртів.
31. Перетворення галогенопохідних у навколишньому середовищі.
32. Галогенопохідні аренів. Способи введення галогенів у ароматичне ядро і у боковий ланцюг. Хімічні властивості галогенаренів. Особливості орієнтуючого впливу галогену в реакціях електрофільного заміщення.
33. Спирти. Одноатомні спирти. Гомологічний ряд, ізомерія, номенклатура. Фізичні властивості, роль водневих зв'язків.
34. Багатоатомні спирти: гліколи та гліцерол. Одержання, властивості та використання.
35. Гідрокси похідні ароматичних вуглеводнів. Типи, ізомерія, номенклатура. Методи введення гідроксильної групи в ароматичне ядро. Хімічні властивості.
36. Альдегіди та кетони. Ізомерія та номенклатура. Методи одержання та перетворення в навколишньому середовищі.
37. Ненасичені альдегіди і кетони. Типи ненасичених карбонільних сполук, ізомерія та номенклатура.
38. Дикарбонільні сполуки: гліоксаль, діацетил та його діоксим, ацетилацетон.

39. Ароматичні карбонільні сполуки. Типи, ізомерія, номенклатура. Методи одержання. Специфічні властивості ароматичних альдегідів та кетонів: автоокислення, хлорування, бензоїнова конденсація, реакція Перкіна і Канніцаро. Реакція з амоніаком, амінами та іншими сильними нуклеофілами.
40. Карбонові кислоти. Гомологічний ряд одноосновних карбонових кислот. Номенклатура кислот та їх функціональних похідних. Методи одержання: окиснення органічних сполук, гідроліз функціональних похідних, з реактивів Гріньяра, з малонового та ацетооцтового естерів, промислові методи синтезу.
41. Будова карбоксильної групи та карбоксилат-аніону. Фізичні властивості карбонових кислот. Кислотність, вплив електронодонорних та електроноакцепторних груп. Реакції карбонових кислот: одержання солей, ангідридів, хлорангідридів, амідів, нітрилів, естерів, піроліз та декарбоксилювання.
42. Похідні карбонових кислот. Властивості солей карбонових кислот: суха перегонка, електроліз, відновлення алюмогідридом літію, алкілування та ацилювання. Взаємодія з пентахлоридом фосфору. Амонійні солі карбонових кислот. Амоноліз, переестерифікація естерів.
43. Ангідриди та галогенангідриди карбонових кислот, їх ацилююча здатність. Порівняння ацилюючої здатності карбонових кислот, ангідридів, галогенангідридів та естерів.
44. Амідни та нітрили, їх взаємні перетворення. Алкоголіз і амоноліз нітрилів. Гідразиди карбонових кислот і азиди.
45. Перкислоти та пероксиди карбонових кислот: одержання, властивості, використання їх у якості окисників та ініціаторів вільнорадикальних процесів. Роль пероксидів у навколишньому середовищі.
46. Ненасичені карбонові кислоти. Синтез та властивості ненасичених карбонових кислот.
47. Жири і мила. Будова і властивості жирів, вищі насичені та ненасичені одноосновні карбонові кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова, елаїдинова, лінолева, ліноленова, арахідонова. Мила. Оліфи. Воски.
48. Ароматичні карбонові кислоти. Типи, ізомерія, номенклатура. Способи одержання. Вплив природи замісника та його положення в ядрі на кислотність.
49. Двохосновні карбонові кислоти. Номенклатура. Методи одержання. Фізичні властивості. Порівняння кислотних властивостей різних типів кислот. Хімічні властивості дикарбонових кислот. Щавелева, маленова і янтарна

кислоти. Декарбоксілювання двохосновних карбонових кислот та внутрі-молекулярна дегідратація.

50. Двохосновні ненасичені карбонові кислоти. Фумарова і малеїнова кислоти. Одержання, фізичні властивості. Порівняння хімічних властивостей цих кислот. Малеїновий ангідрид і його використання у дієтовому синтезі. Ацетилендикарбонова кислота і її естери.
51. Оксикислоти. Ізомерія і номенклатура. Методи одержання оксикислот. Гліколева, молочна, яблучна, лимонна і винні кислоти: будова, одержання, властивості та знаходження в природі.
52. Альдегідо- і кетокислоти. Оксокарбонові кислоти, їх синтез та властивості на основі пірвіноградної кислоти, її декарбоксілювання і декарбонілювання. Ацетооцтова кислота і її властивості. Ацетооцтовий естер.
53. Нітрузо- і нітросполуки. Одержання нітрузо- та нітросполук. Будова нітругрупи, мезомерія. Реакції різних нітросполук з лугами та з нітритною кислотою. Екологічна роль нітрузо- та нітросполук.
54. Ароматичні нітросполуки. Способи одержання нітросполук з нітругрупою в бензеновому ядрі та в боковому ланцюзі. Нітруючі агенти, механізм реакції нітрування. Ди- і тринітробензени та толуєни. Реакції нуклеофільного заміщення водню в нітроаренів та галогену у галогеннітроаренів.
55. Відновлення нітроаренів у лужному і в кислому середовищі, відновники, які використовуються в даних реакціях. Роботи Зініна.
56. Типи амінів, ізомерія, номенклатура. Одержання амінів за допомогою нуклеофільного заміщення (алкілювання аміаку та амінів галогенопохідними, алкілсульфатами, спиртами, оксидами).
57. Амінокислоти і білки. Природні амінокислоти, їх стереохімія. Замінімі та незамінімі амінокислоти. Методи одержання амінокислот, фізичні властивості. Хімічні властивості: амфотерність, взаємні перетворення з окси- і кетокислотами.
58. Ароматичні аміни. Типи ароматичних амінів, ізомерія, номенклатура. Методи одержання ароматичних і жирноароматичних амінів у лабораторії та в промисловості.
59. Просторова та електронна будова аміногрупи, основність і вплив замісників на основні властивості ариламінів. Значення амінів, використання та екологічна роль.
60. Гетероциклічні сполуки. Загальні поняття, типи, класифікація, ізомерія та номенклатура. Загальні методи синтезу та взаємні перетворення. Вплив

природи гетероатома на ароматичність та на особливості взаємодії гетероциклу з електрофілами.

61. П'ятичленні гетероцикли з декількома гетероатомами. Піразол, імідазол, триазол, тетразол, оксазол, тіазол: основні методи одержання, електронна будова, ароматичність, хімічні властивості.
62. Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Піридин і його гомологи. Ізомерія та номенклатура похідних.
63. Шестичленні гетероцикли з декількома гетероатомами. Піримідин. Способи одержання, основані на взаємодії сечовини та її похідних з малоновим естером. Урацил, цитозин, тимін. Кофеїн, сечова кислота. Поняття про нуклеотиди та нуклеїнові кислоти.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Сливка Н. Ю. Органічна хімія: метод. вказівки до лабораторного практикуму [для студ. спец. “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”]. Луцьк: ВНУ ім. Лесі Українки, 2010. 70 с. URI: <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/4522> (18.02.2023)
2. Ранський А. П. Органічна хімія і екологія: В 2-х частинах. Частина 1. Теоретичні основи органічної хімії. Аліфатичні вуглеводні : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2012. 120 с. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Ranskyi_Anatolii/Orhanichna_khimiia_i_ekolohiia_Chastyna_1.pdf (18.02.2023)
3. Ранський А. П. Органічна хімія і екологія: В 2-х частинах. Частина 2. Ароматичні вуглеводні. Функціональні похідні : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2012. 249 с. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Ranskyi_Anatolii/Orhanichna_khimiia_i_ekolohiia_Chastyna_2.pdf (18.02.2023)
4. Ранський А. П. Органічна хімія і екологія: В 3-х частинах. Частина 3. Функціональні похідні : Навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 2022, 99 с., ISBN 978-966-641-893-0
5. Василькевич О. І. , Кофанова О. В. , Кофанов О. Є. Хімія навколишнього середовища. Хімія органічних сполук : у 3-х частинах. Частина 3. Вуглеводи, ароматичні та гетероциклічні сполуки : навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія» / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 214 с. URI: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41896> (18.02.2023)
6. Василькевич О. І. , Кофанова О. В. , Кофанов О. Є. Хімія навколишнього середовища. Хімія органічних сполук : у 3-х частинах. Частина 1. Основні класи та будова органічних сполук : навч. посіб. для студ. спеціальності 101«Екологія» / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 92 с. URI: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33706> (18.02.2023)
7. Василькевич О. І. , Кофанова О. В. , Кофанов О. Є. Хімія навколишнього середовища. Хімія органічних сполук. Частина 2. Похідні аліфатичних вуглеводнів : навчальний посібник для здобувачів другого магістерського рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Інженерна екологія та ресурсозбереження» / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 153 с. URI: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33844> (18.02.2023)
8. Федорова Г. В. Органічна хімія : навчальний посібник для екологів / Одес. держ. Еколог. Ун-т. Одеса: Екологія, 2013. 284 с. ISBN 978-966-

8740-99-2. URL: [http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/836/1/
FedorovaGV_Organichna_ximiya_2013.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/836/1/FedorovaGV_Organichna_ximiya_2013.pdf) (18.02.2023)

9. Schwarzenbach R. P., Gschwend P. M., Imboden D. M. Environmental Organic Chemistry / Sec.Ed. Copyright © 2003 John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ: y John Wiley & Sons, Inc. 1328 p. ISBN 0-471-35750-2 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0471649643> (http://www.pacificcrn.com/Upload/file/201704/26/20170426213435_92949.pdf) (18.02.2023)

Навчальне видання

Сливка Н. Ю., Супрунович С. В.

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ
Методичні рекомендації до самостійної роботи
(для студентів спеціальності 101 Екологія)

Луцьк 2023 р.