

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ЕКОЛОГІЯ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
для студентів усіх спеціальностей КНУБА

Київ 2016

ББК 28.081

E40

Укладачі: О.С. Волошкіна, д-р техн. наук, професор;  
Н.Є. Журавська, старш. викладач;  
О.Г. Дедечек, інженер I категорії;  
М.О. Веремська, інженер I категорії

Рецензент О.А. Василенко, канд. техн. наук, професор

Відповідальний за випуск В.В. Трофімович, канд. техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри охорони праці і навколишнього середовища, протокол № 6 від 14 грудня 2015 року.*

Видається в авторській редакції.

**Екологія:** методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / уклад.: О.С. Волошкіна, Н.Є. Журавська, О.Г. Дедечек, М.О. Веремська. – К.: КНУБА, 2016. –16 с.

Містять загальні відомості, завдання та послідовність виконання лабораторних робіт, список літератури та додатки.

Призначено для студентів усіх спеціальностей КНУБА.

© КНУБА, 2016

## Зміст

<b>Загальні положення</b> .....	4
<b>Поняття про радіацію та радіоекологічний контроль</b> .....	5
<b>Лабораторна робота № 1 «Визначення радіоактивного забруднення атмосфери та будівельних матеріалів»</b> .....	11
<b>Лабораторна робота № 2 «Визначення радіоактивного забруднення води та продуктів харчування»</b> .....	12
<b>Контрольні запитання</b> .....	13
<b>Додатки</b> .....	15
<b>Список літератури</b> .....	17

## **Загальні положення**

Рекомендовані методичні вказівки складено відповідно до програми вищої освіти для усіх професійних спрямувань. Лабораторні роботи сприяють закріпленню знань з провідного розділу курсу «Екологія», «Основи екології»: забруднення біосфери та інженерні методи її захисту.

У методичних вказівках описано методи вимірювання та прилади для радіометричного і дозиметричного контролю. Наведено методи з основ радіології, дозиметрії та експресні методи вимірювання радіоактивності продуктів харчування та води, забруднення атмосфери і будівельних матеріалів та інших об'єктів навколишнього середовища.

Оволодіння інженерними методами, які мають практичну реалізацію в дослідках прикладної радіоекології сприятиме вирішенню загальних питань цієї проблеми, розвитку вмінь, систематизуванню знань і використанню їх на практиці.

## Поняття про радіацію та радіоекологічний контроль

**Радіоактивність** (від лат. radio – «випромінюю», activus – «дієвий») – явище мимовільного перетворення нестійкого ізотопу хімічного елемента в інший ізотоп (радіоактивний розпад) шляхом випромінювання квантів, елементарних частинок або ядерних фрагментів (електронів, позитронів, протонів та ін.).

**Радіація** або **іонізуюче випромінювання** – це потік електромагнітних хвиль або частинок речовини, що здатні у процесі взаємодії з речовиною утворювати в ній іони. Інакше кажучи, *радіоактивність* – це *здатність до радіації*.

Явище радіоактивності відкрив *Антуан Анрі Беккерель* у 1896 р. Сталося це випадково. Вчений працював із солями урану і загорнув свої зразки разом із фотопластинами в непрозорий матеріал. Не дивлячись на те, що доступу світла до фотопластин не було, вони виявилися засвіченими. Виходячи з цього, Беккерель зробив висновок, що солі урану мають невидимі оку випромінювання. Він дослідив це випромінювання і виявив, що його інтенсивність зовсім не залежить від того, в які сполуки входить уран, а визначається тільки його кількістю в препараті. Тобто, ця властивість характерна хімічному елементу урану, а не сполукам. В 1898 р. *Гергард Шмідт* та *П'єр Кюрі і Марія Склодовська-Кюрі* відкрили випромінювання *торію*. Пізніше Кюрі відкрили *полоній* та *радій*. В результаті було виявлено, що всі хімічні елементи з атомним номером, більшим за 83 – радіоактивні.

*Іонізуюче випромінювання* поділяється на корпускулярне та електромагнітне (фотонне). До *корпускулярного* належать випромінювання, що складаються із потоку частинок (альфа- і бета-частинок, протонів, нейтронів та ін.). До *електромагнітного* випромінювання належать гамма- та рентгенівські випромінювання.

**Альфа-випромінювання** ( $\alpha$ -випромінювання) – це потік позитивно заряджених частинок ( $\alpha$ -частинок), що рухаються зі швидкістю 20 000 км/с.

Кожна  $\alpha$ -частинка складається з двох протонів і двох нейтронів, тобто є ядром атому гелію  ${}^4\text{He}^{2+}$ . Такі частинки мають заряд  $+2e$  і  $e$

високоенергетичними. Під час зіткнення з іншими атомами в середовищі, вони сповільнюються і легко приєднують до себе два електрони, після чого перетворюються на нейтральний атом гелію.

**Бета-випромінювання** ( $\beta$ -випромінювання) - це потік  $\beta$ -частинок (електронів та позитронів), швидкість яких наближається до швидкості світла.

Напрямок руху  $\beta$ -випромінювання змінюється магнітними й електричними полями так само, як потік негативно заряджених частинок, що свідчить про негативний заряд і самих  $\beta$ -частинок.

Утворюються  $\beta$ -частинки в результаті розпаду в ядрі атома нейтронів або протонів. Коли нейтрон розпадається, відбувається перетворення його у протон з вивільненням з ядра електрона та антинейтрино. У випадку розпаду протона – він перетворюється в нейтрон, і з ядра вивільняються позитрон та нейтрино. Саме потік *позитронів з нейтрино* або *електронів з антинейтрино* і є бета-випромінюванням.

Оскільки  $\beta$ -частинки мають заряд, то інтенсивно взаємодіють з речовиною по всій довжині свого пробігу. Вони іонізують гази, викликають люмінесценцію багатьох речовин, діють на фотоплівки.

**Гамма-випромінювання** ( $\gamma$ -випромінювання) – це електромагнітні хвилі із довжиною хвилі, меншою за розміри атома, потік  $\gamma$ -квантів (фотонів). Зазвичай  $\gamma$ -кванти утворюються під час переходу ядра атома із збудженого стану в основний. При цьому ядро залишається тим самим елементом, тобто кількість нейтронів чи протонів у ядрі не змінюється. Однак випромінювання гамма-променів може супроводжувати й інші ядерні реакції.

Гамма-випромінювання спричинює іонізацію атомів речовини, має велику проникність, не заломлюється, породжує електрон-позитронні пари.

**Радіоекологія** – розділ екології, що вивчає вплив радіоактивних речовин на організми та їх угруповання, досліджує розподіл, концентрацію та міграцію радіонуклідів в окремих організмах, ланцюгах живлення та біосфері загалом. Вплив радіації на людину, тваринний та рослинний світ вивчає *радіобіологія*.

**Опромінення** – вплив на організми іонізуючого випромінювання, що полягає у поглинанні живою тканиною енергії, яка виділяється у процесі стикання молекул об'єкта з цим випромінюванням. Радіоактивне опромінення призводить до значного пошкодження живої тканини, а саме:

- розривів молекулярних зв'язків – *іонізації*;
- протікання хімічних реакцій та утворення нових хімічних сполук, що не є властивими для біологічних процесів та вихідній клітині;
- утворення хімічно активних вільних радикалів та інших шкідливих речовин та сполук.

Під впливом радіоактивних випромінювань в організмі людини відбуваються порушення функцій кровотворних органів, збільшення проникності судин, розлад діяльності шлунково-кишкового тракту, зниження імунітету організму, його виснаження, переродження нормальних клітин у злоякісні, виникнення лейкозів, променевої хвороби, а пошкодження радіацією ДНК взагалі викликає мутації.

Дія іонізуючого випромінювання оцінюється *дозою* випромінювання. Розрізняють *поглинуту, еквівалентну та експозиційну* дози.

Поглинуту, еквівалентну та експозиційну дози за одиницю часу називають *потужностями* відповідних доз.

Визначення основних понять радіоекології та одиниці їх вимірювання наведено у табл. 1.

### ***Захист від випромінювання***

Убезпечення від радіації відбувається за допомогою:

1) нормування – не перевищення допустимих меж індивідуальних доз опромінення громадян від усіх джерел іонізуючого випромінювання;

2) обґрунтування – заборона усіх видів діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання, за яких отримана для людини і суспільства користь не перевищує ризик можливої шкоди;

3) оптимізації – підтримання на можливо низькому і досяжному рівні індивідуальних доз опромінення і кількості опромінених осіб під час використання будь-якого джерела іонізуючого випромінювання.

Таблиця 1

**Основні поняття радіоекології та одиниці їх вимірювання**

<i>Поняття</i>	<i>Одиниця СІ</i>	<i>Позасистемна одиниця</i>	<i>Співвідношення між одиницями</i>
<b>Активність (А)</b>	<b>Бекерель (Бк)</b> – один розпад за секунду	<b>Кюрі (Ки)</b> – $3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів за секунду	1Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки
<b>Поглинута доза (D)</b> - це відношення середньої енергії E, що передається випромінюванням речовині в деякому об'ємі, до її маси у цьому об'ємі:	<b>Грей (Гр)</b> – поглинута доза випромінювання, що відповідає енергії 1Дж випромінювання, переданого речовині масою 1кг	<b>Рад (рад)</b> відповідає поглинутій енергії 100 ерг на 1 г речовини	1Гр = 100рад  1рад = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр
<b>Експозиційна доза (X)</b> - відношення повного заряду іонів одного знака, що виникають у малому об'ємі повітря, до маси повітря в цьому об'ємі.	<b>Кулон на кілограм (Кл/кг)</b> - експозиційна доза фотонного випромінювання, за якою корпускулярна емісія в сухому атмосферному повітрі масою 1 кг створює іони, що несуть заряд кожного знака, рівний 1 Кл	<b>Рентген (Р)</b> – доза фотонного випромінювання, за якого корпускулярна емісія, що виникає в $1 \text{ см}^3$ повітря, створює 1 СГСЕ кількості електрики кожного знака	1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^3$ Р
<b>Еквівалентна доза (H)</b> - величина, яка визначається як добуток поглиненої дози в окремому органі або тканині людини на радіаційний зважуючий чинник	<b>Зіверт (Зв)</b> – еквівалентна доза будь-якого виду випромінювання, поглинута 1 кг біологічної тканини, що створює такий самий ефект як і поглинута доза в 1Гр фотонного випромінювання	<b>Бер (бер)</b> - еквівалентна доза будь-якого виду випромінювання, поглинута 1 г біологічної тканини, що створює той же ефект як і поглинута доза в 1 рад фотонного випромінювання.	1 Зв = 100 бер



Коли на організм діють іонізуючі випромінювання від зовнішніх джерел, захист здійснюється шляхом:

- збільшення відстані між джерелом випромінювання і людиною (захист відстанню);

- скорочення тривалості роботи в зоні випромінювання (захист часом);

- екрануванням - створення з матеріалів, що поглинають радіацію, екранів, які захищають організм або ізолюють джерело випромінювання. Різновиди екранів залежать від виду випромінювання.

Так як *альфа-випромінювання* – це потік важких частинок, воно затримується навіть аркушем паперу і практично не здатне проникнути через шкіру людини, як показано на рисунку. Проте, як тільки радіоактивні речовини потрапляють всередину організму людини через відкриту рану, з їжею або повітрям – тоді їхня дія надзвичайно шкідлива.

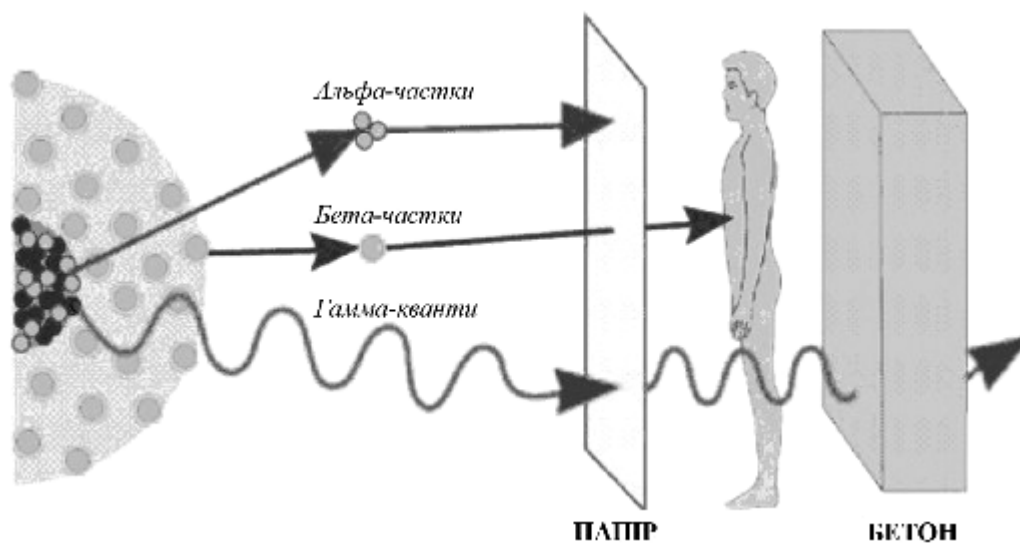


Рисунок. Проникна здатність іонізуючого випромінювання

*Бета-випромінювання* має значно більшу проникність і здатне проходити в тканини організму на глибину до двох сантиметрів.

Проникна здатність *гамма-випромінювання*, яке поширюється зі швидкістю світла, дуже велика. Для ослаблення гамма-

випромінювання застосовують матеріали, які містять елементи з великою атомною вагою (свинець, залізо, вольфрам та ін.).

Мета усіх видів захисту полягає в тому, щоб зменшити дозу опромінення до рівня, за якого не порушується стан організму. Цей рівень регламентується нормами радіаційної безпеки, що зазначені в «Нормах радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000)», «Основних санітарних правилах забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ 2005)» та Державних гігієнічних нормативах «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs та Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР2006)»

### ***Методи та прилади для радіометричного і дозиметричного контролю та вимірювання***

Організм людини не відчуває іонізуючого вимірювання, тому під час роботи з радіоактивними речовинами необхідно проводити систематичний індивідуальний та загальний контроль доз опромінення. Прилади дозиметричного контролю і вимірювання по суті компенсують людині відсутність органів чуття на іонізуюче випромінювання.

Усі прилади для радіометричного та дозиметричного контролю і вимірювання поділяють на чотири групи:

- 1) для вимірювання зовнішніх потоків радіоактивного випромінювання - дозиметри;
- 2) для вимірювання рівнів забруднення - індикатори рівнів та радіометри;
- 3) для індивідуального дозиметричного контролю - індивідуальні дозиметри;
- 4) для вимірювання радіоактивності повітря та води.

Дозиметр «Прип'ять» призначено для індивідуального або колективного використання під час вимірювання: а) еквівалентної експозиційної дози гамма-випромінювання; б) густини потоку бета-випромінювання; в) чистоти земної поверхні, ґрунту, житла, продуктів харчування, одягу тощо; г) рівнів сумарного радіоактивного забруднення довкілля.

## Лабораторна робота № 1

### Визначення радіоактивного забруднення атмосфери та будівельних матеріалів

**Мета роботи:** кількісна оцінка параметрів радіаційного забруднення атмосферного повітря та будівельних матеріалів і порівняння отриманих даних із допустимими нормами.

#### **Зміст роботи:**

1. Ознайомитися з загальними відомостями про види та основні властивості радіоактивного випромінювання.

2. Виміряти рівень еквівалентної експозиційної дози гамма-випромінювання та густини потоку бета-випромінювання атмосферного повітря і будівельних матеріалів.

3. Ознайомитися з нормативними оцінками радіоактивного забруднення та порівняти з ними результати вимірювань.

#### **Хід роботи:**

1. Перед початком вимірювань **потужності дози  $\gamma$ -випромінювання** перевірте наявність знімної сталеві кришки « $\gamma+$ », розміщеної з тильного боку дозиметра.

2. Для визначення **експозиційної дози** перемикачі на передній панелі приладу встановіть в такі положення:

«**Режим**» -  $\gamma$ ;

«**H-X**» - X;

«**Время**» - 20 с (нижнє положення).

3. Не раніше ніж через 20 секунд зніміть не менш як три показники гамма-випромінювання, після чого визначте середнє значення.

4. Під час вимірювання потужності **еквівалентної дози** перемикач «**H-X**» переведіть в положення **H**.

5. Для визначення радіоактивного забруднення (густина потоку бета-випромінювання) перемикачі радіометра встановіть в положення:

«**Режим**» -  $\beta$ ;

« **$\phi$ -At**» -  $\phi$ ;

«**Время**» - 20 с (нижнє положення).

6. Під час оцінки густини потоку бета-випромінювання разом з бета-фоном датчики реєструють також і гамма-фон. Тому для визначення рівня  $\beta$ -випромінювання спочатку проведіть вимірювання з закритою кришкою « $\gamma+$ » на відстані 1-2 см від поверхні, а потім - зі знятою кришкою на тій ж відстані. Великою радіоактивного забруднення буде різниця цих показань.

7. Отримані дані запишіть до табл. 2. Порівняйте їх з нормативними значеннями, наведеними в додатках. Зробіть висновок.

Таблиця 2

№ пор.	Назва матеріалу	Експозиційна доза (X) мР/год	Еквівалентна доза (H) мкЗв/год	Густина потоку $\beta$ , част/хв·с м <sup>2</sup>

## Лабораторна робота № 2

### Визначення радіоактивного забруднення води та продуктів харчування

**Мета роботи:** кількісна оцінка параметрів радіаційного забруднення продуктів харчування та порівняння отриманих даних із допустимими нормами.

#### Зміст роботи:

1. Ознайомитися з загальними відомостями про види та основні властивості радіоактивного випромінювання.

2. Ознайомитися з приладами й експресними методами визначення радіоактивного забруднення харчових продуктів і води.

3. Виміряти питому активність проб питної води та продуктів харчування. Порівняти отримані результати з нормативними даними.

### Хід роботи:

1. Перемикачі на передній панелі радіометра встановіть у такі положення:

«Режим» -  $\beta$ ;

« $\phi$ -Ат» - Ат;

«Время» - 10 хв (нижнє положення).

2. Встановіть радіометр без кришки-фільтра на попередньо підготовлену чисту кювету. Увімкніть радіометр, і не менше ніж через 10 хв здійсніть зчитування трьох послідовних значень фону, визначте середнє значення.

3. Помістіть у кювету підготовлену пробу таким чином, щоб проба знаходилась нижче країв кювети на 3-5 мм для запобігання забрудненню радіометра пробую.

4. Не менше ніж через 10 хв зчитайте три послідовних покази і визначте середнє значення. Для отримання величини питомої активності проби необхідно від отриманого значення відняти середнє значення фону. Отримана різниця є виміряним значенням питомої активності проби.

5. Запишіть отримані значення до табл. 3 та порівняйте їх із нормативними. Зробіть висновок.

Таблиця 3

№ пор.	Назва проби	Значення фону, Кі/кг	Питома активність проби,	
			Кі/кг	Бк/кг

### Контрольні запитання

1. Що таке радіоактивність? Чим вона зумовлюється?
2. Що таке радіація (іонізуюче випромінювання)?
3. Які існують види іонізуючого випромінювання?
4. Які методи захисту від радіаційного випромінювання?
5. Що вивчає радіоекологія?
6. Який вплив має радіація на живі організми?

7. Що таке поглинена, еквівалентна та експозиційна дози?
8. В яких одиницях вимірюється потужність поглиненої дози?
9. Яка мета захисту від іонізуючого випромінювання?

### Список літератури

1. *Іванов Є.А.* Радіоекологічні дослідження: навч. посібник / Є.А. Іванов. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 149 с.
2. *Гандзюк М.П.* Основи охорони праці: підручник. 5-е вид. / М.П. Гандзюк, Э.П. Желібо, М.О. Халімовський. – К.: Каравела, 2011. – 384 с.
3. *Норми* радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: МОЗ, 1997. – 121 с.
4. *Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення* (НРБУ-97/Д-2000). – К.: 2000.
5. *Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України* (ОСПУ 2005). – К.: МОЗ, 2005. – 136 с.
6. *Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs та Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР2006)»*. – К.: ГН 6.6.1.1-130-2006. – 12 с.
7. *Гродзинський Д.М.* Радіобіологія: підруч/ Д.М. Гродзинський.– К.: Либідь, 2000. – 448 с.
8. *Гайченко В.А.* Практикум з радіобіології та радіоекології / В.А. Гайченко, І.М. Гудков, В.О. Кашпаров. – К.: Кондор, 2010. – 286 с.
9. *Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2014 році*. – К.: Державний комітет ядерного регулювання України, 2015. – 86 с.
10. *Трофимович В.В.* Екологія: конспект лекцій/ В.В.Трофимович, Н.Е. Журавская. – К.: КНУСА, 2014. – 72 с.
11. *Трофімович В.В.* Основи екології: конспект лекцій /В.В. Трофімович, – К.: КНУБА, 1996.

Ліміти дози опромінення (мЗв · рік<sup>-1</sup>)

	Категорія осіб, які зазнають опромінювання		
	А <sup>а)б)</sup>	Б <sup>а)</sup>	В <sup>а)</sup>
ЛД <sub>е</sub> (ліміт ефективної дози)	20 <sup>б)</sup>	2	1
Ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення:			
- ЛД <sub>I<sub>eyes</sub></sub> (для кришталика ока)	150	15	15
- ЛД <sub>skin</sub> (для шкіри)	500	50	50
- ЛД <sub>extrim</sub> (для кистей і стоп)	500	50	-

*Примітки:*

а) розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;

б) для жінок дітородного віку (до 45 років), які належать до категорії А, середня еквівалентна доза зовнішнього опромінювання (зародау та плоду) за будь-які два послідовні місяці не повинна перевищувати 1 мЗв. При цьому за весь період вагітності ця доза не повинна перевищувати 2 мЗв, а ліміт річного надходження для вагітних встановлюється на рівні 1/20 ДНЛ, для вагітних жінок на виробництві (категорії А, Б) встановлені ДР в 20 раз нижчі, ніж для відповідних ДР категорії А;

в) в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за окремий рік (ЛД<sub>max</sub>);

Категорія А (персонал) - особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань;

Категорія Б (персонал) - особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінювання;

Категорія В - все населення.

**Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006)**

№ пор.	Назва продукту	$^{90}\text{Sr}$ (Бк/кг, Бк/л)	$^{137}\text{Cs}$ (Бк/кг, Бк/л)
1	Хліб, хлібопродукти	5	20
2	Картопля	20	60
3	Овочі (листові коренеплоди, столова зелень)	20	40
4	Фрукти	10	70
5	М'ясо і м'ясні продукти	20	200
6	Риба і рибні продукти	35	150
7	Молоко і молочні продукти	20	100
8	Яйця (в одному яйці)	2	6
9	Вода	2	2
10	Молоко згущене і концентроване	60	300
11	Молоко сухе	100	500
12	Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	50	500
13	Сушені дикоростучі ягоди і гриби	250	2500
14	Лікарські рослини	200	600
15	Інші продукти	200	600
16	Спеціальні продукти дитячого харчування	5	40



Навчально-методичне видання

## **ЕКОЛОГІЯ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
для студентів усіх спеціальностей КНУБА

Укладачі: **ВОЛОШКІНА** Олена Семенівна  
**ЖУРАВСЬКА** Наталія Євгенівна  
**ДЕДЕЧЕК** Олександр Григорович  
**ВЕРЕМСЬКА** Марія Олександрівна

Комп'ютерне верстання *Ю.Г. Томащука*

Підписано до друку. 28.03. 2016. Формат 60 × 84 <sup>1/16</sup>  
Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк.2,25.  
Електронний документ. Вид. № 7/III-16.

Видавець і виготовлювач  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680  
E-mail: [red-isd@ukr.net](mailto:red-isd@ukr.net), тел. (044)241-54-22, 241-54-87

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

