

Міністерство освіти і науки України
НТУ «Дніпровська політехніка»



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання практичної роботи №1
«ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НОРМ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ
УКРАЇНИ (НРБУ-97)»
з дисципліни «Геофізичні методи рішення геоекологічних і інженерних
задач» для магістрів спеціальності 103 Науки про Землю

Дніпро
2022

Методичні рекомендації до виконання практичної роботи №1 «Практичне використання Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» з дисципліни «Геофізичні методи рішення геоекологічних і інженерних задач» для магістрів спеціальності 103 Науки про Землю / О.К. Тяпкін. – Дніпро: НТУ «ДП», 2022. – 33 с.

Автор:
О.К.Тяпкін

Затверджено до видання за поданням методичної комісії зі спеціальності 103 Науки про Землю 19.08.2022 (протокол № 8)

Подано методичні рекомендації з практичних занять з дисципліни «Геофізичні методи рішення геоекологічних і інженерних задач».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри геофізичних методів розвідки, доктор геол. наук, проф. М.М. Довбніч

Вступ

Дисципліна «Геофізичні методи рішення геоекологічних і інженерних задач» вивчається магістрами спеціальності 103 «Науки про Землю», об'єднує навички ряду дисциплін, пов'язаних з формуванням уявлень, знань і умінь щодо основних засад та принципів застосування геофізичних методів при вирішенні геоекологічних і інженерних завдань.

У народному господарстві України склалася структурна деформація, при якій перевага належить розвитку великих ресурсодобувних і переробних підприємств. Вони створювалися, в основному, без урахування вимог охорони навколишнього середовища та екологічних наслідків їх діяльності, в результаті чого утворилися техногенно навантажені регіони, де глибоко порушені екологічна рівновага й умови життєдіяльності населення, внаслідок чого розвивається кризова геоекологічна ситуація. Вихід з зазначеної ситуації є складною науково-прикладною проблемою, що включає комплекс задач раціонального природокористування і геоекології, розв'язок яких вимагає розвитку нових сучасних технологій діагностики як стану природно-технічних екосистем, так і динаміки антропогенного впливу на навколишнє середовище. Технології досліджень, що використовують комплекс геофізичних методів, дозволяють оперативно визначати його стан і функціонування за невеликою кількістю параметрів.

У значній мірі це стосується ядерної геофізики та радіоекології. Радіоактивні матеріали увійшли до складу усіх геосфер. Вони є джерелами радіоактивного випромінювання, яке впливає на живі тканини через ефекти іонізації і наступних хімічних реакцій у біологічних структурах клітини, що може призвести до її загибелі (при великих дозах) або непередбачуваних мутацій. Радіація небезпечна для людини. При великих дозах вона викликає суттєві ураження тканин, а при малих – може викликати рак і індукувати генетичні дефекти, які можливо проявляться у

дітей і внуків, або навіть більш віддалених нащадків людини, що попала під вплив опромінення.

Критерії оцінки радіоактивного забруднення довкілля спираються на діючі Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Останні також включають принципи, нормативи і правила, виконання яких є обов'язковою нормою в політиці держави в галузі забезпечення протирадіаційного захисту людини і радіаційної безпеки. Ці нормативи розроблені відповідно до основних положень Конституції та Законів України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про радіоактивні відходи». Особливою відмінністю НРБУ-97 від попередніх аналогічних документів є присутність радіаційно-гігієнічних регламентів IV групи, які спрямовані на зменшення доз хронічного опромінення людини від техногенно-підсилених джерел природного походження.

Зміст практичної роботи №1 «Практичне використання Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97)», що складається із декількох частин, сприяє досягненню наступних програмних результатів навчання освітньо-професійної програми магістрів, розробленої в НТУ «Дніпровська політехніка»:

- «вміти здійснювати екологічну оцінку, аудит, ліцензування, сертифікацію використання природних ресурсів, прогнозувати розвиток екологічних, технологічних, економічних та соціальних наслідків на окремих об'єктах природокористування»;

- «оцінювати еколого-економічний вплив на довкілля при впровадженні інженерних заходів та проектувати природоохоронні заходи».

Частина 1. ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ІЗ РІЗНИМ ВМІСТОМ РАДІОНУКЛІДІВ В УСІХ ВИДІВ БУДІВНИЦТВА

Об'єкт досліджень: будівельні матеріали та мінеральна сировина із різним вмістом радіонуклідів.

Предмет досліджень: ефективна питома активність будівельних матеріалів та мінеральної сировини, яка визначає можливість їх радіоекобезпечного застосування.

Мета. Практичне використання Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) для розрахунків класу будівельних матеріалів та мінеральної сировини задля визначення обмежень їх використання в усіх видах будівництва.

Теорія і зміст роботи. Величина ефективної питомої активності природних радіонуклідів у будівельних матеріалах та мінеральній сировині визначається як зважена сума питомої активності радію-226 (A_{Ra}), торію-232 (A_{Th}) і калію-40 (A_K) за формулою

$$A_{\text{еф}} = A_{Ra} + 1,31 A_{Th} + 0,085 A_K \quad (1)$$

де 1,31 і 0,085 – зважуючі коефіцієнти для торію-232 і калію-40 відповідно по відношенню до радію-226.

Коли величина $A_{\text{еф}}$ в будівельних матеріалах та мінеральній сировині нижче або дорівнює 370 Бк/кг, то вони можуть використовуватись для всіх видів будівництва без обмежень (I клас).

Будівельні матеріали та мінеральна сировина, в яких $A_{\text{еф}}$ вище 370 Бк/кг, але нижче або дорівнює 740 Бк/кг (II клас), можуть бути використані для промислового будівництва та для будівництва шляхів.

Будівельні матеріали та мінеральна сировина, в яких $A_{\text{еф}}$ перевищує 740 Бк/кг, але нижче, або дорівнює 1350 Бк/кг (III клас), можуть бути використані наступним чином:

- в межах населених пунктів: для будівництва підземних споруд, покритих шаром ґрунту товщиною понад 0,5 м, де виключено тривале перебування людей (з часом перебування менше 0,5 тривалості робочого дня);
- поза межами населених пунктів: для будівництва шляхів, для спорудження гребель, для спорудження інших об'єктів з малим часом перебування людей.

Для матеріалів, що мають естетичну цінність величина $A_{\text{эф}}$ не повинна перевищувати 3700 Бк/кг (IV клас). Використання їх для внутрішнього та зовнішнього оздоблення об'єктів громадського призначення, за виключенням дитячих закладів, та для зовнішнього оздоблення цокольних частин житлових будинків може бути дозволене на підставі окремих регламентів, затверджених головним державним санітарним лікарем України, або особою, якій надано відповідні повноваження.

Наведені значення $A_{\text{эф}}$ відносяться до усереднених значень в межах покладів корисних копалин, ділянки, відвалу або партії матеріалу, який використовується.

Завдання. Для 9 зразків будматеріалів необхідно обчислити питому ефективну активність та визначити до якого класу вони відносяться (*Варіанти завдань у Додатку 1*).

Вихідні дані про активність радіонуклідів можуть бути в одиницях системи СІ (Беккерелях – Бк) або позасистемних одиницях (Кюрі – Кі, або навіть у %). Тому у останньому випадку необхідно перевести/перерахувати значення активності в Бк. Для цього, у випадку коли вихідні дані у Кі, необхідно використовувати інформацію щодо співвідношення між одиницями активності радіонуклідів в системі СІ і позасистемними (Табл.1)

Таблиця 1 – Співвідношення між одиницями активності радіонуклідів в системі СІ і позасистемними одиницями

Фізична величина	Одиниця, її найменування, позначення		Співвідношення між одиницями	
	позасистемна	система СІ	позасистемна і система СІ	система СІ і позасистемна
Активність нукліду у радіоактивному джерелі	Кюрі (Сі, Кі)	Беккерель (Вк, Бк)	1 Кі = = $3,7 \times 10^{10}$ Бк	1 Бк = = $2,7 \times 10^{-11}$ Кі

У випадку коли вихідні дані у %, необхідно попередньо перевести % в г/кг ($1\% = 1/100 = 10/1000 = 10 \text{ г}/1000 \text{ г} = 10 \text{ г} / 1 \text{ кг} = 10 \text{ г}/\text{кг}$). Далі перевести г/кг у Бк/кг, використовуючи формулу (2) зв'язку між масою радіонукліду та його активністю

$$m = \frac{A \cdot T_{1/2}}{0,693} \cdot \frac{A_t}{N_A}, \quad (2)$$

де A – активність в Бк,

m – маса (в грамах!),

A_t – атомна маса (номер),

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – число Авогадро,

$T_{1/2}$ – період напіврозпаду радіонукліду (в секундах!).

Періоди напіврозпаду Th^{232} ($T_{1/2} = 1,405 \cdot 10^{10}$ років), Ra^{226} ($T_{1/2} = 1600$ років), K^{40} ($T_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9$ років)

Приклад розрахунку маси 1 Бк Th^{232} по формулі (2)

$$m = 0,24 \cdot 10^{-23} \cdot 232 \cdot 1,405 \cdot 10^{10} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 2,47 \cdot 10^{-1} \text{ мГ}$$

Критерії оцінювання. Головним критерієм оцінювання цієї частини роботи є отримання вірних результатів обчислення величини ефективної питомої активності природних радіонуклідів в усіх 9 зразках будівельних матеріалах і мінеральній сировині та правильне віднесення їх до певного класу будматеріалів із визначенням можливих шляхів їх використання.

Частина 2. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРИПУСТИМОЇ КІЛЬКОСТІ ЇЖІ, ЗАБРУДНЕНОЇ РАДІОНУКЛІДАМИ

Об'єкт досліджень: сільгосппродукція та їжа із різним вмістом радіонуклідів.

Предмет досліджень: рівень надходження радіонуклідів через органи травлення людини та кількість радіоекобезпечної їжі на рік.

Мета. Практичне використання Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) для розрахунків припустимої кількості їжі, забрудненої радіонуклідами.

Теорія і зміст роботи. Особливу небезпеку для людини має внутрішнє опромінення. По перше, воно діє весь час знаходження радіонуклідів в організмі. І по друге, деякі речовини мають тенденцію до накопичення у певних (критичних) органах. Виходячи із попередньо розрахованих норм та періоду напіввиведення певного ізотопу із організму (визначається його періоду напіврозпаду та швидкістю фізіологічного обміну), визначені гранично припустимі річні надходження окремих ізотопів до організму. Зокрема припустимий рівень надходження через органи травлення DN_b^{ingest} (НРБУ-97, Табл.Д.2.2.) для Th^{232} становить 200 Бк/рік.

Завдання. Для 4 зразків сільгосппродукції, забрудненої в результаті діяльності Вільногірського державного гірничо-металургійного комбінату радіонуклідом Th^{232} (який є однією із домішок у вихідній сировині), необхідно обчислити максимально можливу кількість для її безпечного вживання в якості їжі.

У варіантах (див. Додаток 2) наведені фактичні відомості про питому активність зразків сільгосппродукції A (в 10^{-9} Кі/кг) за даними спеціалізованої радіологічної лабораторії зазначеного комбінату. Для співставлення цих даних з наведеним вище припустимим рівнем надходження через органи травлення $ДН_b^{ingest}$ необхідно перейти до системи СІ (перерахувати їх у Бк/кг – див. табл.1). Потім можливо визначити максимально можливе вживання в якості їжі відповідного продукту за рік

$$m = ДН_b^{ingest} / A$$

Критерії оцінювання. Головним критерієм оцінювання цієї частини роботи є отримання вірних результатів обчислення максимально можливо радіоекобезпечного вживання в якості їжі усіх 4 зразків сільгосппродукції, забрудненої в результаті діяльності Вільногірського державного гірничо-металургійного комбінату радіонуклідом Th^{232} за рік.

Частина 3. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРИПУСТИМОЇ КІЛЬКОСТІ РАДІОНУКЛІДІВ У ПОВІТРІ ПРОМИСЛОВИХ ТА ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Об`єкт досліджень: повітря промислових та житлових приміщень із різним вмістом радіонуклідів.

Предмет досліджень: рівень надходження радіонуклідів через органи дихання людини та максимальна припустима кількість радіонуклідів у повітрі промислових та житлових приміщень.

Мета. Практичне використання Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) для розрахунків максимальної припустимої кількості радіонуклідів у повітрі промислових та житлових приміщень.

Теорія і зміст роботи. Іншим шляхом потрапляння радіонуклідів до організму людини (з наступним внутрішнім опроміненням) є органи

дихання. Значення припустимого рівня надходження конкретних радіонуклідів через ці органи $ДН_{\text{в}}^{\text{inhal}}$ наведено у НРБУ-97 (Табл.Д.2.2.).

Зокрема для торію-232 ця величина становить

$$ДН_{\text{в}}^{\text{inhal}} (\text{Th}^{232}) = 2 \text{ Бк/рік}$$

Обсяг дихання для різних вікових категорій населення за рік (НРБУ-97, Табл.Д.2.8.) наведено в Табл.2.

Таблиця 2 – Обсяг дихання для різних вікових категорій населення

Вік	Обсяг повітря, м ³ /рік
10 років	5185
15 років	7340
Доросле населення	8109

Завдання. Для 2 зразків приміщень, повітря яких забруднено пилом, що містить Th^{232} (варіанти завдань наведено у Додатку 3), необхідно обчислити кількість цього радіонукліду, який надходить через органи дихання $ДН_{\text{в}}^{\text{inhal}}$ для усіх вікових категорій населення, наведених у Табл.2. Для обчислення необхідно попередньо перевести усі значення вихідних даних до системи СІ. Отримані результати розрахунків порівнюються із наведеним вище припустимим рівнем надходження торію-232 через органи дихання $ДН_{\text{в}}^{\text{inhal}}(\text{Th}^{232})=2\text{Бк/рік}$ і робиться висновок про можливість знаходження в конкретному приміщенні кожної вікової категорії населення.

Критерії оцінювання. Головним критерієм оцінювання цієї частини роботи є отримання вірних результатів обчислення для обох зразків приміщень кількості радіонукліду Th^{232} , який надходить через органи дихання для усіх вікових категорій населення, та правильне визначення радіоекобезпечної можливості знаходження у цих приміщеннях кожної вікової категорії населення.

Частина 4. ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ РИЗИКУ В ПРАКТИЦІ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЮДИНИ

Об'єкт досліджень: ризик виникнення раку із смертельним і несмертельним кінцем та серйозних спадкових ефектів при опроміненні населення.

Предмет досліджень: індивідуальний ризик виникнення стохастичних ефектів від опромінення.

Мета. Практичне використання Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) для розрахунків ризику виникнення раку із смертельним і несмертельним кінцем та серйозних спадкових ефектів при опроміненні населення.

Теорія і зміст роботи. Ліміти доз опромінення населення і персоналу (включаючи і дози при запланованому підвищеному опроміненні) встановлюються з урахуванням шкали ризиків, завдяки якій імовірність несприятливих наслідків у сфері практичної діяльності, пов'язаної з дією або використанням джерел іонізуючого випромінювання може бути зіставлена з імовірністю втрати здоров'я або життя в інших сферах, не пов'язаних з радіаційним фактором.

При використанні величини ризику оперують такими поняттями як знехтуваний ризик, прийнятний ризик і верхня границя індивідуального ризику. У відповідності з міжнародною практикою, рівень знехтуваного ризику приймається рівний 10^{-6} за рік, величина прийнятного ризику для персоналу приймається рівною 10^{-4} за рік, а для населення – 10^{-5} за рік, границя індивідуального ризику для опромінення осіб із персоналу приймається рівною 10^{-3} за рік, а для населення - 5×10^{-5} за рік.

Поняття ризику вводиться як для стохастичних, так і для детерміністичних ефектів. Індивідуальний (r) і колективний - (R) ризик

виникнення стохастичних ефектів від опромінення визначається відповідно

$$r = r_E E$$

$$R = r_E S_E$$

де E , S_E - індивідуальна і колективна ефективні дози, відповідно;

r_E - коефіцієнт ризику для виникнення раку із смертельним і не смертельним кінцем та серйозних спадкових ефектів.

Коефіцієнт ризику на одиницю індивідуальної або колективної дози, приймається рівним:

$$r_E = 5,6 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1} \text{ для професійного опромінення і}$$

$$r_E = 7,3 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1} \text{ для населення.}$$

Завдання. Для конкретного приміщення, де відомі значення потужності експозиційної до гамма-випромінювання – ПЕД (у мкР/год), необхідно обчислити індивідуальний ризик виникнення стохастичних ефектів від опромінення, виходячи із відомого часу перебування у цьому приміщенні (варіанти завдань у Додатку 4). Отриманий результат порівнюється із наведеною вище границею індивідуального ризику для опромінення населення - 5×10^{-5} за рік. У разі перевищення цієї границі розраховується припустимий (зменшений) час перебування в цьому приміщенні, при якому індивідуальний ризик виникнення стохастичних ефектів від опромінення не буде перевищувати наведену границю.

У процесі обчислень необхідно перейти від потужності експозиційної до гамма-випромінювання до еквівалентної дози. Як відомо, 1 Р відповідає дозі опромінення у біологічній речовині рівній $0,93 \times 10^{-2}$ Гр (у середньому по усьому спектру фотонного випромінювання до енергії 3 МеВ). Також можливо припустити, що при еквівалентній дозі 1 Зв даного виду випромінювання виникає біологічний ефект, такий саме, як і при дозі 1 Гр зразкового випромінювання. Таким чином можливо перейти від 1 Р до

$0,93 \times 10^{-2}$ Зв. Також необхідно розрахувати кількість годин на рік знаходження людини у досліджуваному приміщенні (якщо воно не житлове а виробниче), враховуючі денну тривалість робочого часу та наявність вихідних та щорічних відпусток.

Критерії оцінювання. Головним критерієм оцінювання цієї частини роботи є отримання вірних результатів обчислення індивідуального ризику виникнення стохастичних ефектів від опромінення та правильне визначення часу радіоекобезпечного перебування людини у досліджуваному приміщенні із фіксованим значенням потужності експозиційної дози гамма-випромінювання.

Зміст і оформлення звіту

Звіт з практичної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому (додаток 5) та в електронному вигляді. У звіті необхідно вказати для кожної частини роботи мету, вихідний матеріал, результати розрахунків, висновки та загальний список використаної літератури.

Контрольні питання для підготовки до захисту практичної роботи

1. На який нормативний документ (який визначає принципи, нормативи і правила, виконання яких є обов'язковою нормою в політиці держави в галузі забезпечення протирадіаційного захисту людини і радіаційної безпеки) спираються критерії оцінки радіоактивного забруднення довкілля України?

2. На що спрямовані радіаційно-гігієнічні регламенти IV групи у НРБУ-97?

3. Які одиниці активності радіонуклідів в системі СІ та позасистемні, а також їх співвідношення?

4. За якою величиною визначається клас будівельних матеріалів та мінеральної сировини?

5. У яких видах будівництва можуть бути використані будівельні матеріали та мінеральна сировина I, II, III та IV класів?

6. Яку особливу небезпеку для людини має внутрішнє опромінення?

7. Чим визначається період напіввиведення певного ізотопу із організму людини?

8. У якому нормативному документі наведено значення припустимого рівня надходження конкретних радіонуклідів через органи травлення та дихання?

9. Як різниться обсяг дихання для різних вікових категорій населення і як це впливає на рівень надходження радіонуклідів через органи дихання людини?

10. Навіщо ліміти доз опромінення населення і персоналу встановлюються з урахуванням шкали ризиків?

11. Чому дорівнює границя індивідуального ризику для опромінення населення?

12. Як можливо перейти від потужності експозиційної до гамма-випромінювання (у Р) до еквівалентної дози (у Зв)?

Рекомендована література:

1. Вижва С.А. Ядерна геофізика / С.А. Вижва, І.І. Онищук, О.П. Черняєв. – К.: Вид. КНУ імені Тараса Шевченка, 2012. – 608 с.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. – К.: Відділ поліграфії українського центру Держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
3. Тяпкін К.Ф. Основи геофізики: Підручник / К.Ф. Тяпкін, О.К. Тяпкін, М.А. Якимчук. – Київ: «Карбон Лтд», 2000. – 248 с.

Варіанти завдань до частини 1

Варіант 1

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
2	19	28	127	в 10^{-10} Кі/кг
2	30	27	135	в 10^{-10} Кі/кг
3	32	35	280	в 10^{-10} Кі/кг
4	180	198	713	в Бк/кг
5	90	150	690	в Бк/кг
6	80	89	450	в Бк/кг
7	0,000008	5	7	в 10^{-4} %
8	0,00007	7	5	в 10^{-4} %
9	0,000007	4	3	в 10^{-4} %

Варіант 2

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	34	24	181	в 10^{-10} Кі/кг
2	16	22	177	в 10^{-10} Кі/кг
3	40	30	254	в 10^{-10} Кі/кг
4	97	145	801	в Бк/кг
5	131	174	751	в Бк/кг
6	230	194	835	в Бк/кг
7	0,00007	3	4,5	в 10^{-4} %
8	0,0000006	19	10	в 10^{-4} %
9	0,00005	4	2	в 10^{-4} %

Варіант 3

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	13	24	185	в 10^{-10} Кі/кг
2	15	35	190	в 10^{-10} Кі/кг
3	23	40	99	в 10^{-10} Кі/кг
4	105	121	522	в Бк/кг
5	81	175	904	в Бк/кг
6	200	270	808	в Бк/кг
7	0,000007	8	4	в 10^{-4} %
8	0,00005	5	2	в 10^{-4} %
9	0,00001	8	3,5	в 10^{-4} %

Варіант 4

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	21	25	101	в 10^{-10} Кі/кг
2	42	33	135	в 10^{-10} Кі/кг
3	17	22	145	в 10^{-10} Кі/кг
4	73	174	905	в Бк/кг
5	245	190	835	в Бк/кг
6	111	159	645	в Бк/кг
7	0,000003	12	7	в 10^{-4} %
8	0,00007	3	4	в 10^{-4} %
9	0,00002	4	1,5	в 10^{-4} %

Варіант 5

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	22	34	185	в 10^{-10} Кі/кг
2	21	25	161	в 10^{-10} Кі/кг
3	26	42	168	в 10^{-10} Кі/кг
4	98	145	705	в Бк/кг
5	87	140	945	в Бк/кг
6	172	230	757	в Бк/кг
7	0,0000075	4	8	в 10^{-4} %
8	0,000065	2	4	в 10^{-4} %
9	0,00003	3	1,5	в 10^{-4} %

Варіант 6

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	29	33	137	в 10^{-10} Кі/кг
2	31	22	131	в 10^{-10} Кі/кг
3	37	35	242	в 10^{-10} Кі/кг
4	184	170	701	в Бк/кг
5	91	145	672	в Бк/кг
6	81	100	499	в Бк/кг
7	0,0000075	6	8,5	в 10^{-4} %
8	0,000055	7	5	в 10^{-4} %
9	0,000065	5	4	в 10^{-4} %

Варіант 7

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	24	23	111	в 10^{-10} Кі/кг
2	35	43	139	в 10^{-10} Кі/кг
3	18	18	209	в 10^{-10} Кі/кг
4	75	145	960	в Бк/кг
5	250	185	823	в Бк/кг
6	132	160	665	в Бк/кг
7	0,0000035	11	3,5	в 10^{-4} %
8	0,000065	3	5,5	в 10^{-4} %
9	0,000025	4,5	4	в 10^{-4} %

Варіант 8

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	31	10	168	в 10^{-10} Кі/кг
2	37	33	116	в 10^{-10} Кі/кг
3	29	24	121	в 10^{-10} Кі/кг
4	137	157	762	в Бк/кг
5	123	129	962	в Бк/кг
6	105	129	872	в Бк/кг
7	0,0000001	18	8	в 10^{-4} %
8	0,00001	7	9	в 10^{-4} %
9	0,000005	18	4	в 10^{-4} %

Варіант 9

№ п/п	Радіонукліди			Примітка
	Ra-226	Th-232	K-40	
1	34	11	177	в 10^{-10} Кі/кг
2	37	29	127	в 10^{-10} Кі/кг
3	27	27	119	в 10^{-10} Кі/кг
4	125	155	780	в Бк/кг
5	126	134	895	в Бк/кг
6	121	136	780	в Бк/кг
7	0,0000002	18	13	в 10^{-4} %
8	0,00001	14	6	в 10^{-4} %
9	0,0000035	13	7	в 10^{-4} %

Варіант 10

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	23	35	185	в 10^{-10} Кі/кг
2	21	26	162	в 10^{-10} Кі/кг
3	26	40	167	в 10^{-10} Кі/кг
4	99	146	701	в Бк/кг
5	88	141	945	в Бк/кг
6	170	231	757	в Бк/кг
7	0,000007	4	7	в 10^{-4} %
8	0,00006	3	4	в 10^{-4} %
9	0,00003	3	3	в 10^{-4} %

Варіант 11

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	16	28	151	в 10^{-10} Кі/кг
2	17	31	198	в 10^{-10} Кі/кг
3	24	38	127	в 10^{-10} Кі/кг
4	105	142	550	в Бк/кг
5	85	165	797	в Бк/кг
6	150	255	780	в Бк/кг
7	0,0000075	6	3	в 10^{-4} %
8	0,000025	3	8	в 10^{-4} %
9	0,000015	3,5	2	в 10^{-4} %

Варіант 12

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	28	33	130	в 10^{-10} Кі/кг
2	30	22	135	в 10^{-10} Кі/кг
3	37	36	250	в 10^{-10} Кі/кг
4	184	171	699	в Бк/кг
5	90	145	670	в Бк/кг
6	80	101	499	в Бк/кг
7	0,000007	6	9	в 10^{-4} %
8	0,00005	6	5	в 10^{-4} %
9	0,000006	5	4	в 10^{-4} %

Варіант 13

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	14,5	13,5	125	в 10^{-10} Кі/кг
2	17	23,5	145	в 10^{-10} Кі/кг
3	21,5	39	224	в 10^{-10} Кі/кг
4	145	170	807	в Бк/кг
5	94	128	616	в Бк/кг
6	121	134	820	в Бк/кг
7	0,000008	9	8	в 10^{-4} %
8	0,000085	1,5	2	в 10^{-4} %
9	0,0000085	5,5	7	в 10^{-4} %

Варіант 14

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	25	23	110	в 10^{-10} Кі/кг
2	35	45	139	в 10^{-10} Кі/кг
3	20	18	210	в 10^{-10} Кі/кг
4	76	144	950	в Бк/кг
5	250	183	825	в Бк/кг
6	130	165	662	в Бк/кг
7	0,000003	12	3	в 10^{-4} %
8	0,00006	4	5	в 10^{-4} %
9	0,00002	5	4	в 10^{-4} %

Варіант 15

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	15	18	121	в 10^{-10} Кі/кг
2	37	22	130	в 10^{-10} Кі/кг
3	24	16	157	в 10^{-10} Кі/кг
4	73	145	713	в Бк/кг
5	161	180	922	в Бк/кг
6	99	146	902	в Бк/кг
7	0,00004	15	4,5	в 10^{-4} %
8	0,000005	12	5	в 10^{-4} %
9	0,000007	13	4	в 10^{-4} %

Варіант 16

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	22	24	103	в 10^{-10} Кі/кг
2	42	34	135	в 10^{-10} Кі/кг
3	16	22	147	в 10^{-10} Кі/кг
4	73	174	905	в Бк/кг
5	245	192	825	в Бк/кг
6	112	159	645	в Бк/кг
7	0,000004	12	7	в 10^{-4} %
8	0,00006	3	4	в 10^{-4} %
9	0,00003	4	2	в 10^{-4} %

Варіант 17

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	14	23	182	в 10^{-10} Кі/кг
2	16	35	191	в 10^{-10} Кі/кг
3	24	39	101	в 10^{-10} Кі/кг
4	105	120	525	в Бк/кг
5	79	178	905	в Бк/кг
6	199	272	809	в Бк/кг
7	0,000007	7	5	в 10^{-4} %
8	0,000055	4	2	в 10^{-4} %
9	0,000015	8	4	в 10^{-4} %

Варіант 18

№	Радіонукліди			Примітка
п/п	Ra-226	Th-232	K-40	
1	20	28	121	в 10^{-10} Кі/кг
2	30	26	135	в 10^{-10} Кі/кг
3	33	35	281	в 10^{-10} Кі/кг
4	181	201	713	в Бк/кг
5	90	150	694	в Бк/кг
6	81	89	451	в Бк/кг
7	0,000007	7	5	в 10^{-4} %
8	0,00008	5	7	в 10^{-4} %
9	0,000007	4	5	в 10^{-4} %

Варіант 19

№	Радіонукліди			Примітка
	Pa-226	Th-232	K-40	
1	18,5	30	123	в 10^{-10} Кі/кг
2	17	11,5	155	в 10^{-10} Кі/кг
3	35	32	289	в 10^{-10} Кі/кг
4	170	145	742	в Бк/кг
5	99	155	777	в Бк/кг
6	78	134	399	в Бк/кг
7	0,000006	7,5	5,5	в 10^{-4} %
8	0,00005	7	2	в 10^{-4} %
9	0,000006	5	7	в 10^{-4} %

Варіант 20

№	Радіонукліди			Примітка
	Pa-226	Th-232	K-40	
1	9,5	19	250	в 10^{-10} Кі/кг
2	33	21	244	в 10^{-10} Кі/кг
3	25	47	245	в 10^{-10} Кі/кг
4	161	145	780	в Бк/кг
5	80	135	587	в Бк/кг
6	161	125	761	в Бк/кг
7	0,000007	10	7	в 10^{-4} %
8	0,00005	5	1	в 10^{-4} %
9	0,000005	14	3	в 10^{-4} %

Варіанти завдань до частини 2(Питома активність зразків в 10^{-9} Кі/кг)**Варіант 1**

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Яблукі	4	3	2	2,25

Варіант 2

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Виноград	5	4,5	3	2,5

Варіант 3

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Морква	7,5	2,5	3,5	3

Варіант 4

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1992
Буряк	5	4	5,5	8

Варіант 5

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1989	1995
Картопля	5	4,5	8	8,5

Варіант 6

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Лук	3,75	3,5	3	2,25

Варіант 7

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Гриби	96	5	12	6

Варіант 8

Продукти харчування	Роки	
	1986	1987
Вишня	8	4,5
Малина	3,5	2

Варіант 9

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Різотрав'я	12,2	11,5	10,3	5,4

Варіант 10

Продукти харчування	Роки	
	1986	1987
Кукурудза	7,5	4,5
Томати	5	2

Варіант 11

Продукти харчування	Роки	
	1986	1987
Пшениця	9	7
Соняшник	13	12

Варіант 12

Продукти харчування	Роки	
	1986	1987
Смородина чорна	22	3
Смородина червона	35	4

Варіант 13

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Укріп	15	8,5	16,5	11,5

Варіант 14

Продукти харчування	Роки		
	1986	1987	1994
Огірки	4,5	2,5	2
Полуниця	-	3	-

Варіант 15

Продукти харчування	Роки		
	1986	1987	1988
Молоко	8,5	4,5	2
Петрушка	-	-	28

Варіант 16

Продукти харчування	Роки	
	1986	1987
Аргус	5	3
Груша	14	12

Варіант 17

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Слива	7,45	6,7	4,8	4,1

Варіант 18

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Черешня	8,2	7,1	5,45	4,6

Варіант 19

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Часник	3,3	2,8	2,7	2,75

Варіант 20

Продукти харчування	Роки			
	1986	1987	1988	1989
Абрикос	9,8	8,7	5,4	4,7

Варіанти завдань до частини 3**Варіант 1**

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	0,5	800
2	2	150

Варіант 2

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	1	750
2	3	120

Варіант 3

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	2,5	550
2	3,5	100

Варіант 4

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	4	165
2	5,5	60

Варіант 5

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	2,25	400
2	5	75

Варіант 6

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	9,5	30
2	4,5	150

Варіант 7

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	6,5	75
2	7,5	35

Варіант 8

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	6	60
2	4	100

Варіант 9

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	9	40
2	2	125

Варіант 10

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	11	25
2	3,25	95

Варіант 11

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	1,75	750
2	2,75	120

Варіант 12

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	1,5	700
2	3,5	99

Варіант 13

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	2,25	450
2	3,75	90

Варіант 14

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	4	160
2	5,75	67

Варіант 15

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	1,75	391
2	5,25	77

Варіант 16

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	9,75	28
2	4,75	147

Варіант 17

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	6,75	71
2	7,25	33

Варіант 18

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	6,25	58
2	3,75	98

Варіант 19

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	8,75	42
2	2,75	109

Варіант 20

№ п/п	Концентрація пилу у повітрі (мг/куб.м)	Питома активність пилу (Бк/кг)
1	10,25	17
2	4,25	105

Варіанти завдань до частини 4**Варіант 1**

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
48	6,25 годин

Варіант 2

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
47	7,5 годин

Варіант 3

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
45	7 годин

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
42	7,75 годин

Варіант 5

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
57	6,75 годин

Варіант 6

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
80	4 години

Варіант 7

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
57	6,5 годин

Варіант 8

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
106	3 години

Варіант 9

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
53	6 годин

Варіант 10

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
53	8 годин

Варіант 11

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
70	5 годин

Варіант 12

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
42	8,25 годин

Варіант 13

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
75	5,25 годин

Варіант 14

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
69	4,5 години

Варіант 15

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
78	3,5 години

Варіант 16

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
70	5,5 годин

Варіант 17

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
110	2,5 години

Варіант 18

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
115	2 години

Варіант 19

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
105	3,75 години

Варіант 20

ПЕД (мкР/год)	Тривалість робочого дня (5-ти денний робочий тиждень)
112	3 години

Загальні вимоги до оформлення звіту з практичної роботи

Звіт з лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 (210x297 мм) в друкованому та електронному вигляді. При оформленні звіту використовується наскрізна нумерація сторінок, вважаючи титульний лист першою сторінкою.

Необхідно при оформленні звіту дотримуватися таких вимог. Для заголовків: напівжирний шрифт, 14 пт, центрований. Для основного тексту: нежирний шрифт, 14 пт, вирівнювання по ширині. У всіх випадках тип шрифту - Times New Roman, абзацний відступ 1 см, одинарний міжрядковий інтервал. Поля: ліве - 3 см, решта - 2 см .

Звіт здається на паперовому носії та в електронному вигляді. Всі файли зберігаються в папку, вказану викладачем. Титульний лист оформлюється наступним чином (додаток 6). Вгорі: назва міністерства, на наступному рядку - назва університету, далі назва факультету і назва кафедри, на якій виконано роботу. У центрі сторінки: слова «Практична робота по курсу (назва курсу)»; через порожній рядок - назва лабораторної роботи, номер варіанта; через порожній рядок - «Виконав (ла) студент (ка) групи (номер групи): (перелік прізвищ та ініціалів)»; через порожній рядок - «Перевірів: (наук. ступінь, наук. звання (посада), прізвище та ініціали)». Внизу сторінки підпис «Дніпро (рік виконання роботи)».

Бібліографічний список містить посилання на книги, періодичні видання, інтернет-сторінки, використані при виконанні роботи і оформленні звіту.

Титульний аркуш (приклад оформлення)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
“Дніпровська політехніка”

Факультет природничих наук та технологій
Кафедра геофізичних методів розвідки

Практична робота №1
«ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НОРМ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ
УКРАЇНИ (НРБУ-97)»
по курсу «Геофізичні методи рішення геоекологічних і інженерних
задач»

Виконав (ла): _____

Перевірила: _____

Дніпро, 2022

«Геофізичні методи рішення геоекологічних і інженерних задач»
для магістрів, які навчаються за спеціальністю 103 «Науки про Землю»

Розробник: Тяпкін Олег Костянтинович