

УДК 681.863.2

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ»

С.В. Мінка, доцент, к.т.н., І.В. Шляхова, інженер, ХНАДУ

Анотація. Розглянуто особливості вивчення радіаційної безпеки, що є складовою частиною нормативної дисципліни «Основи охорони праці».

Ключові слова: радіаційна безпека, основи охорони праці, іонізуючі випромінювання, радіаційна аварія, радіація, механізм дії радіації на людину, принцип захисту від іонізуючих випромінювань.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»

С.В. Минка, доцент, к.т.н., И.В. Шляхова, инженер, ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрены особенности изучения радиационной безопасности, являющиеся составной частью нормативной дисциплины «Основы охраны труда».

Ключевые слова: радиационная безопасность, основы охраны труда, ионизирующие излучения, радиационная авария, радиация, механизм действия радиации на человека, принцип защиты от ионизирующих излучений.

FEATURES OF TEACHING RADIATION SAFETY IN FRAMEWORK OF DISCIPLINE «FUNDAMENTALS OF OCCUPATIONAL SAFETY»

S. Minka, Associate Professor, Candidate of Engineering Science,
I. Shliakhova, engineer, KhNAHU

Abstract. Specific features of studying the radiation safety as an integral part of normative discipline «Fundamentals of Occupational Safety» have been considered.

Key words: radiation safety, fundamentals of occupational safety, ionizing radiation, radiation accident, radiation, mechanism of the radiation effect on a human, principle of protection against ionizing radiation.

Вступ

Розвиток сучасних технологій ускладнює завдання охорони праці та екологічної безпеки людини. Особливості новітніх технологій потребують постійного удосконалення знань, що стосуються одиниць вимірювання, механізму дії шкідливих факторів, систем захисту людини в робочій зоні та за її межами.

Збільшення кількості АЕС у розвинених країнах світу неминуче призводить до збільшення ядерних об'єктів, що забезпечують їх роботу. Для роботи однієї АЕС необхідно близько десяти додаткових об'єктів [1, 2, 3].

У зв'язку з цим все більша кількість людей зазнає і буде зазнавати впливу радіоактивного випромінювання у процесі роботи на атомних об'єктах або внаслідок проживання у районах, де відбувається розповсюдження радіоактивних відходів [1, 2, 3].

Аналіз публікацій

Типова навчальна програма нормативної дисципліни «Основи охорони праці» для вищих навчальних закладів України для всіх спеціальностей і напрямів підготовки за освітньо-кваліфікаційними рівнями «молодший спеціаліст» та «бакалавр» містить розділ 4.7.7.

«Іонізуюче випромінювання». Розкриття питань, які містить розділ 4.7.7, є вкрай недостатнім для отримання студентами необхідних знань з питань радіаційної безпеки.

Розглянемо їх:

- виробничі джерела іонізуючого випромінювання, класифікація й особливості їх використання;
- типові методи та засоби захисту персоналу від іонізуючого випромінювання у виробничих умовах.

Двадцятип'ятирічний досвід вивчення, аварії на Чорнобильській атомній станції показав, що радіоактивне забруднення екосистеми постраждалих районів зберігається на небезпечному рівні і в 2011 році, і буде являти собою загрозу в найближчі десятиліття [1, 2, 3, 4, 5].

Аварія на японській АЕС «Фукусіма-1» у березні 2011 р. відкрила нову сторінку масштабних катастроф, пов'язаних з потраплянням значних кількостей радіонуклідів у довкілля [6]. Безпосередньо у забрудненій зоні впливу зруйнованої АЕС знаходиться більше 33 мільйонів людей. У приміщеннях станції, за даними експертів на 20.10.2011 р., знаходиться 175 000 тонн радіоактивної води. Ситуація на АЕС, за прогнозами фахівців, є стабільно важкою.

Серед небезпечних факторів, що впливають на людину у робочій зоні, іонізуючі випромінювання є найбільш небезпечними. Сучасні дослідники виявили, що пряма дія значних поглинених доз радіації, що руйнують генетичний апарат живих організмів, – це тільки одна частина проблеми. Не менш небезпечним є руйнування мембран клітини активними іонами кисню, що найбільше виявляються за рівнів радіації, які мало перевищують природний фон [3].

Автори [1, 2, 3] вважають, що за низького рівня радіації її руйнівна дія на мембрани клітин домінує над прямою фізичною дією на гени. Прикладом цього служить факт, що при розпаді одного атому цезію-137 утворюється β -частинка, енергія якої становить 0,523 МеВ. Енергія випромінювання, необхідна для іонізації молекули клітини, дорівнює приблизно 10 еВ. Із цього випливає, що один радіоактивний атом може іонізувати до 104 600 молекул в об'ємі, рівному декільком кубічним міліметрам. З огляду на проникну спроможність електронів цей процес захо-

пить приблизно 10 000 клітин діаметром $10^{-3} - 10^{-4}$ см.

Вчені дійшли дуже важливого висновку: один радіоактивний атом у тисячі разів є більш небезпечним за атом будь-якого стабільного токсичного елемента, тому що один токсичний атом зруйнує одну молекулу в живій клітині, а радіоактивний – від однієї до мільйонів молекул.

Внаслідок ушкодження клітинних мембран іонізованими молекулами знижується здатність організму до розпізнавання і знищення вірусів і бактерій, тобто ослаблюється імунний захист. Отже, підвищення радіаційного фону або потрапляння в організм невеликих кількостей радіоактивних речовин справляє значний руйнівний вплив на імунну систему людини. Це призводить до збільшення захворювань легенів, серця, шлунку тощо, які раніше з радіацією не пов'язували. Вчені вважають, що відкриття значного впливу слабких джерел радіації на клітинні мембрани є попередженням цивілізації, яка планує масштабні проекти в ядерній енергетиці [1, 2, 3].

Мета і постановка задачі

Метою статті є привернути увагу до недостатнього рівня підготовки студентів з питань радіаційної безпеки при вивченні типової навчальної програми нормативної дисципліни «Основи охорони праці» для вищих навчальних закладів України для всіх спеціальностей і напрямів підготовки за освітньо-кваліфікаційними рівнями «молодший спеціаліст» та «бакалавр».

Необхідність розробки нових підходів до радіаційної безпеки при вивченні студентами дисципліни «Основи охорони праці»

Особливості процесу ліквідації наслідків аварії на японській АЕС «Фукусіма-1» у 2011 р. є дуже схожими на особливості процесу ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р. [1, 2, 3, 4, 5]:

- керівники компанії та персонал не знайшли правильного виходу з аварійної ситуації, що призвело до вибухів водню та руйнування 1 – 4 реакторів;
- керівники компанії не понесли кримінальної відповідальності за незадовільний

стан систем аварійного захисту АЕС, некомпетентні управлінські рішення у перші дні аварії, а також за заниження масштабів аварії;

– радіоактивний пил у перші дні аварії після вибухів водню та руйнування 1 – 4 реакторів покривав дороги, рослини, ґрунт у радіусі 100 км від реакторів. Також він потрапляв на одяг, взуття та до легень населення. Все це у подальшому призвело до радіоактивного забруднення міст та селищ, погіршення стану здоров'я мешканців Японії;

– населення Японії протягом декількох місяців не було забезпечене дозиметрами для контролю радіаційної обстановки, продуктів харчування, питної води. Воно також не мало рекомендацій, як діяти в зоні радіаційного забруднення;

– керівники японського уряду не понесли кримінальної відповідальності за зменшення масштабів аварії, за відсутність рішень з евакуації населення із зони в радіусі 100 км від АЕС, за відсутність науково обґрунтованих дій із захисту населення;

– особливістю аварії стало розплавлення ядерного палива та поява так званого «коріуму», який містить сплав оболонки твелів, ядерного палива, графіту, бетону. Він проплавив корпуси реакторів 1 – 4 та призвів до витікання води зі зруйнованих реакторів 1 – 4. Таким чином, вода, що закачується до цих реакторів та басейнів, крізь тріщини та отвори корпусів стікає у нижні приміщення станції. Вода містить значну кількість радіоактивних речовин, які при контакті зі шкірою людини призводять до появи радіоактивних опіків, що потребує подальшої ампутації певної частини тіла. Тільки у перші дні аварії 5 000 м³ такої води було злито у Тихий океан; крім того, значний об'єм радіоактивної води продовжує потрапляти у довкілля;

– десятки людей, що працюють на станції, вже отримали різні дози опромінення, ще тисячі працівників протягом десятків років отримають пошкодження генетичного коду, що впливатиме на здоров'я їх майбутніх поколінь;

– при ліквідації наслідків аварії з'явилась значна кількість твердих радіоактивних відходів, які потребують будівництва нових сховищ радіоактивних відходів, що збільшить вартість заходів із ліквідації аварії;

– приховування масштабів та наслідків аварії для довкілля та населення керівниками компанії та японського уряду є спробою дезін-

формування світової спільноти і народу Японії та є злочином перед народами усього регіону;

– існуючі моделі політичного устрою суспільства не забезпечують належного захисту населення у випадках аварії на АЕС;

– студенти, школярі, випускники вищих навчальних закладів, які знаходились у радіаційно-небезпечних районах поблизу зруйнованих АЕС, як у 1986, так і у 2011 році, практично не володіли знаннями, щодо одиниць виміру, способів вимірювання та систем захисту від іонізуючих випромінювань. У ході аварії населення, як правило, не має дозиметрів та не вмів ними користуватися;

– після аварій на ядерних об'єктах спостерігається ураження населення протягом десятиріч через харчові ланцюжки, наприклад, ґрунт – рослина – тварини – людина, що призводить до значного зростання онкологічних захворювань;

– радіоактивні елементи тривалий час мігрують усередині складових екологічної системи;

– потрапляння малих кількостей радіонуклідів з водою та продуктами буде знижувати імунітет населення;

– складний механізм захворювання населення постраждалих районів дозволяє уникнути відповідальності керівникам енергетичних компаній;

– взаємодія радіоактивних хімічних елементів із поверхнею стін і покрівлі будівель призводить до перетворення цих будівельних конструкцій на джерело радіоактивного випромінювання, внаслідок чого люди, які мешкають у зоні радіаційної аварії, втрачають не тільки здоров'я, але й житло;

– непридатні для використання території в зоні радіаційної аварії перетворюють країну на зону стихійного лиха на десятиліття. Це призводить до величезних економічних збитків. Таким чином будь-яка АЕС перетворюється на бомбу, яка за кілька годин здатна знищити економіку і здоров'я населення цілої держави на десятиліття уперед [1, 2, 3, 4, 5].

Особливості радіаційних аварій свідчать про тривалий час дії радіонуклідів на довкілля. Тому випускники, що працюють в автомобільно-дорожній галузі, можуть разом із населенням районів поблизу радіаційно-небезпечних об'єктів України потрапити у зони радіаційного забруднення.

Внаслідок цього, крім питання щодо типових методів та засобів захисту персоналу від іонізуючого випромінювання у виробничих умовах, вони мають знати про:

- одиниці вимірювання іонізуючих випромінювань;
- обладнання для його вимірювання та методу користування ним;
- особливості механізму дії випромінювання на людину;
- способи захисту від іонізуючого випромінювання у робочій зоні та за її межами;
- принципи побудови та способи використання індивідуальних та колективних засобів захисту.

Окремо слід приділити увагу радіаційній безпеці при харчуванні в районах поблизу радіаційно-небезпечних об'єктів України, отриманню питної води, обладнанню місць відпочинку.

У ході вивчення нормативної дисципліни «Основи охорони праці» студенти повинні засвоїти головні принципи захисту від впливу іонізуючого випромінювання:

1. Запобігання потраплянню радіоактивного пилу всередину організму людини. Для цього необхідно захистити органи дихання респіратором або захисною пов'язкою, закрити волосся, шкіру, використати захисні окуляри для захисту очей, рукавички для захисту рук. Слід приймати душ, промивати порожнину носа теплою водою, проводити вологе прибирання приміщень, захищати їх від потрапляння пилу. Радіоактивне забруднення спецодягу, засобів захисту і шкірних покривів особового складу не повинно перевищувати допустимих рівнів. Радіоактивно забруднений одяг і взуття підлягають дезактивації.

2. Врахування принципів терміну, екрана, відстані. Чим меншим є термін опромінення людини, тим краще; чим важчими є ядра атомів, з яких складається екран, що захищає людину, та чим він є товстішим, тим краще; чим більшою є відстань від джерела опромінення людини, тим краще.

3. Створення в організмі людини надлишку нерадіоактивного елемента, близького за властивостями до радіоактивного. Одним з таких елементів є йод – хімічний елемент VII групи періодичної системи. Існують ізотопи від ^{120}J до ^{139}J . Найбільш розповсюдженим є ^{131}J з періодом напіврозпаду 8 діб, який є

бета- і гамма-випромінювачем. Радіоактивні ізотопи йоду мають велике токсикологічне значення в перші двадцять днів після руйнування ядерних об'єктів. Він поглинається і засвоюється тваринами і людиною, частково переходить у молоко і при його вживанні накопичується в щитовидній залозі людини. Основним споживачем йоду в організмі людини є щитовидна залоза. Накопиченню радіоактивного йоду в щитовидній залозі можна перешкодити застосуванням так званої «йодної дієти», тобто введенням до раціону людини спеціальних таблеток або розчинів, які містять нерадіоактивний йод. Йодна профілактика полягає у прийманні перорально (через рот) препаратів стабільного йоду – йодистого калію, або п'ятивідсоткового водно-спиртового розчину йоду. Йодистий калій слід приймати після їжі разом із чаєм або водою один раз на день протягом семи діб:

– дітям до двох років – по 0,04 г на один прийом;

– дітям старше двох років і дорослим – по 0,125 г на один прийом.

Водно-спиртовий розчин йоду слід приймати після їжі три рази на день протягом семи діб:

– дітям до двох років – 1 – 2 краплі п'ятивідсоткового розчину йоду в 100 мл молока (консервованого) або поживної суміші;

– дітям старше двох років і дорослим – по 3 – 5 крапель п'ятивідсоткового розчину йоду на стакан молока (консервованого) або води.

Додатково слід наносити на поверхню кисті рук п'ятивідсотковий розчин йоду у вигляді сітки один раз на день протягом семи діб.

4. Виведення радіоактивних ізотопів з організму за допомогою промивання шлунку, використання активованого вугілля та інших способів, які застосовують при хімічних отруєннях.

5. Особливості харчування у районах з підвищеною радіацією:

– їжа, багата на антиоксиданти (вітаміни Е, С та ін.), допомагає клітинам позбутися вільних радикалів ще до того, як вони ушкодять гени чи інші життєво важливі частини організму людини;

– деякі поживні речовини (калій, кальцій, йод, вітамін В₂, залізо та ін.), що їх називають блокаторами, діють за механізмом заміщення радіоактивних ізотопів відповідно цезію-137, стронцію-90, йоду-131, кобальту-60, плутонію-238, -239 г;

– деякі харчові волокна зв'язуються з радіонуклідами, утворюючи нерозчинні сполуки, які виводяться з організму;

– їжа, що містить імуностимулятори (цинк, вітамін В₂ та ін.), зміцнює імунну систему.

6. Забезпечення чистої води є найважливішим завданням у період роботи на зараженій території. Додатковими способами очищення звичайної питної води може бути дистиляція (очищення від радіоактивних домішок випаровуванням), заморожування, фільтрація тощо. У період роботи в зоні не бажано обмежувати потребу людей у чистій питній воді. Не треба використовувати солоні продукти, які затримують воду в організмі.

7. Обладнання місць відпочинку. Розташування палаток, інших інженерних споруд починається після того, як під ними видаляється, з метою зниження радіаційного фону, верхній шар ґрунту товщиною 20 – 30 см, який містить радіонукліди. Коли це неможливо, ґрунт накривають матеріалами, які знижують проникну здатність випромінювання (наприклад, бетон, щєбінь, незабруднений ґрунт). Якщо захисний матеріал є сипучим, його треба утиснути. Товщина шару визначається потужністю випромінювання, яке після утворення захисту повинно бути у межах 10 – 20 мкРад/год.

8. Подолання нехтування правилами радіаційної безпеки, яке виникає у людини при тривалому перебуванні у зоні радіоактивного зараження.

Аналізуючи стан радіаційної безпеки багатьох країн у районах радіаційних катастроф, можна зробити висновок, що основна частина населення не спроможна до самопорятунку. Тому сучасні викладачі дисципліни «Основи охорони праці» повинні готувати випускників вищих навчальних закладів як практиків, здатних урятувати себе та підлеглих в умовах радіаційної небезпеки. Особливістю діяльності викладачів при підготовці випускників вищих навчальних закладів має бути розробка системи практичних знань, яка дозволить їм діяти автономно у зонах підвищеного радіаційного ризику, не покладаючись на комп'ютери та керівні вказівки інших фахівців за межами зони.

Висновки

1. Сучасні викладачі дисципліни «Основи охорони праці» повинні готувати випускників вищих навчальних закладів як практиків, здатних урятувати себе та населення в умовах радіаційної небезпеки.
2. Аварія на АЕС «Фукусіма-1» для багатьох країн стала поштовхом до розуміння того, що особливістю діяльності викладачів у XXI сторіччі при підготовці випускників має бути розробка системи практичних знань, яка дозволить їм правильно діяти у робочій зоні з підвищеним рівнем радіації.
3. Реально знання радіаційної безпеки можна забезпечити шляхом вивчення її в середніх та вищих навчальних закладах. Але кількості годин у програмах дисципліни «Основи охорони праці» в Україні вкрай мало для розуміння цих питань.

Література

1. Мінка С.В. Безпека життєдіяльності : навч.-метод. посіб. / С.В. Мінка, А. С. Мінка. – 2-е вид., доповн. – Х. : ХНАДУ, 2008. – 212 с.
2. Екологічна та радіаційна безпека : довідник / О.Г. Ольгінський, С.В. Мінка, О.В. Третьяков та ін.; за заг. ред. О.Г. Ольгінського. – Х.: НУА, 2003. – 276 с.
3. Никберг И.И. Ионизирующая радиация и здоровье человека / И.И. Никберг. – К.: Здоров'я, 1989. – 270 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. – К.: Вид. поліграфії Укр. центру держсанепіднагляду України, 1997. – 122 с.
5. Полярус О.В. Вдосконалення екологічної освіти у вищих навчальних закладах України з урахуванням наслідків радіаційних аварій: роль викладача / О.В. Полярус, С.В. Мінка // Преподаватель как субъект и объект образовательного процесса. Век XXI: материалы III Международной научно-методической конференции. – Х.: НУА, 2012. – Ч. 2. – С. 112 – 117.

Рецензент: О.В. Полярус, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 вересня 2012 р.