

УДК 37: 5 (477)

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2024-2-9>

Олександр ТИМОЩУК

кандидат педагогічних наук, здобувач ступеня доктора наук за спеціальністю «011 Освітні, педагогічні науки», Рівненський державний гуманітарний університет, вул. Пластова, 31, м. Рівне, Україна, 33000

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4367-4692>

SCOPUS-AUTHOR ID: 57222627576

Бібліографічний опис статті: Тимошук, О. (2024). Теоретико-методологічні основи радіаційної освіти в закладах вищої освіти. *Фізика та освітні технології*, 2, 65–70, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2024-2-9>

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РАДІАЦІЙНОЇ ОСВІТИ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

В статті досліджено актуальність радіаційної освіти в умовах підвищення ядерної загрози через військову агресію та зростання використання атомної енергії в мирних цілях. Наголошено на необхідності підвищення рівня радіаційної грамотності населення, особливо у вищих навчальних закладах, щоб підготувати фахівців до можливих радіаційних загроз.

Аналіз міжнародних досліджень підтверджує важливість розвитку радіаційної освіти, яка охоплює наукове розуміння природи радіації, оцінку ризиків та практичні навички з превенції та профілактики. Більшість сучасних досліджень зосереджена на розробці методик навчання та створенні навчальних програм. Виявлено дефіцит досліджень, присвячених розробці комплексних підходів до радіаційної освіти, особливо в контексті пост аварійних ситуацій. Представлене дослідження аналізує існуючі дослідження та підкреслює необхідність розробки інтегрованих програм, що включають як формальні, так і неформальні методи навчання, з використанням сучасних цифрових технологій.

Мета статті полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних основ радіаційної освіти в закладах вищої освіти.

Обґрунтовано й доведено, основними дидактичними принципами цієї освіти є науковість, доступність, системність, наступність, проблемність, свідомість та активність. В якості оптимізаційних підходів до радіаційної освіти розкрито потенціал міждисциплінарного й трансдисциплінарного підходів, які сприяють якісному обґрунтуванню змісту навчання, відбору ефективних форм, методів та засобів. Запропоновано методичні підходи, які можуть бути адаптовані до конкретних навчальних цілей та аудиторії. Вибір оптимального методу вимагає врахування таких факторів, як рівень підготовки студентів, наявність матеріально-технічної бази та специфіка навчальної програми.

Подальші дослідження радіаційної освіти вбачаються в системному обґрунтуванні змістового наповнення навчальних дисциплін.

Ключові слова: радіаційна освіта, радіаційна грамотність, радіаційна безпека, заклад вищої освіти, принципи навчання, форми, методи та засоби радіаційної освіти.

Oleksandr TYMOSHCHUK

Candidate of Pedagogical Sciences, Doctor of Science (speciality '011 Educational, Pedagogical Sciences') Rivne State University of the Humanities, 31 Plastova St., Rivne, Ukraine, 33000

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4367-4692>

SCOPUS-AUTHOR ID: 57222627576

To cite this article: Tymoshchuk, O. (2024). Teoretyko-metodolohichni osnovy radiatsiinoi osvity v zakladakh vyshchoi osvity [Theoretical and methodological foundations of radiation education in higher education institutions]. *Physics and Educational Technologies*, 2, 65–70, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2024-2-9>

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF RADIATION EDUCATION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

The article examines the relevance of radiation education in the context of the growing nuclear threat due to military aggression and the growing use of nuclear energy for peaceful purposes. The author emphasises the need to increase the level of radiation literacy of the population, especially in higher education institutions, in order to prepare specialists for possible radiation threats.

The analysis of international studies confirms the importance of developing radiation education, which includes scientific understanding of the nature of radiation, risk assessment and practical skills in prevention and control. Most current research focuses on the development of teaching methods and curricula. It was found that there is a lack of research on the development of integrated approaches to radiation education, especially in the context of post-accident situations. The present study analyses the existing research and emphasises the need to develop integrated programmes that include both formal and non-formal teaching methods using modern digital technologies.

The purpose of the article is to substantiate the theoretical and methodological foundations of radiation education in higher education institutions.

It has been substantiated and proved that the main didactic principles of this education are scientific, accessible, systematic, continuity, problematic, consciousness and activity. The potential of interdisciplinary and transdisciplinary approaches to radiation education is revealed as optimisation approaches to radiation education, which contribute to the qualitative substantiation of the content of training, selection of effective forms, methods and means. Methodological approaches that can be adapted to specific learning objectives and audience are proposed. The choice of the optimal method requires taking into account such factors as the level of students' training, the availability of material and technical resources, and the specifics of the curriculum.

Further research in radiation education is seen in the systematic substantiation of the content of academic disciplines.

Key words: radiation education, radiation literacy, radiation safety, higher education institution, principles of education, forms, methods and means of radiation education.

Аналіз проблеми. В сучасному високо-технологічному просторі використання енергії атомного ядра в мирних цілях генерації електроенергії, наукових досліджень, медичного діагностування й лікування перманентно зростає з кожним днем. Водночас військова агресія проти нашої держави підвищує рівень ядерної загрози для суспільства й вимагає від нього значно вищого рівня обізнаності щодо радіаційних небезпек, способів їх превенції й профілактики. З огляду на це, необхідними для обґрунтування є підходи загальної підготовки населення з основ радіаційної безпеки (РБ), що дозволить не лише збільшити рівень радіаційної грамотності (РГ), але й підвищити готовність до реагування на можливі радіаційні загрози.

«Радіаційна освіта» (РО) становить собою новий концепт у вітчизняній науково-педагогічній сфері, який акцентує увагу на формуванні системи знань, умінь і навичок, необхідних для адекватного сприйняття, оцінки та реагування на радіаційні ризики. Міжнародні дослідження свідчать про те, що цей концепт (*англ. radiation education*) широко досліджувався і має ряд науково-змістових обґрунтувань: «РО широкою громадськості має на меті забезпечити людей базовими знаннями про природу радіації, її джерела, вплив на організм людини та способи захисту від неї» (Sadigh, Khan, Kassin, Applegate, 2014); «загальна РО є комплексом формування теоретичних знань й практичних навичок для підготовки широкого кола фахівців, для забезпечення РБ» (Liang, Zhang, Gao, Hou, 2024); РО охоплює розвиток критичного оцінювання інформації

про радіацію на основі знань з фізики, хімії та інших дисциплін, з метою формування адекватного сприйняття радіаційних ризиків (Eijkkelhof, 1999). Закордонні дослідження підкреслюють, що РО має не лише інформувати населення про небезпеки радіації, але й розвивати критичне мислення та здатність до самостійного аналізу інформації про потенційні загрози.

Загальна РО населення потребує комплексного вирішення на усіх рівнях освітньої системи. Водночас одним із слушних періодів забезпечення належної підготовки з РБ є навчання у закладах вищої освіти (ЗВО). В сучасних умовах така освіта є загальнобов'язковою для усіх фахівців без виключення, не обмежуючись вузькоспеціалізованими фахівцями, котрі потенційно можуть стикатися у майбутній професійній діяльності з джерелами іонізуючого випромінювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість публікацій свідчить про значний інтерес дослідників до проблем РО, однак більшість з них зосереджена на розробці ефективних методик навчання, створенні навчальних програм та оцінці рівня знань населення щодо радіаційних ризиків. У статті М. Tsubokura, Y. Kitamura висвітлюються підходи поставарійної РО (АЕС Фукусіма), які ґрунтуються на глибокому вивченні природи радіації, дозиметрії та безпечному харчуванні в умовах радіоактивних забруднень (Tsubokura, Kitamura, 2018). Також групою болгарських дослідників виконане дослідження щодо інтеграції системи РО в програми загальноосвітніх шкіл, які проживають в 30-кілометровій зоні АЕС «Козлодуй».

Дослідження передбачало апробацію у трьох варіантах: факультативне навчання, проведення семінарів і дискусійних уроків, корекція навчального плану з фізики (кожен зі способів засвідчив відносно однакову ефективність) (Kostadinova, Boyanova, Tsakovski, & Pavlova, 2004). Як бачимо, такі дослідження акцентовані на групах населення, котрі стали жертвами радіаційних аварій або можуть потенційно бути у їх ролі. Необхідно відзначити, що для забезпечення ефективної РО необхідний комплексний підхід, який охоплює як розробку навчальних програм, так і створення інформаційних та цифрових засобів.

Особливої уваги заслуговують дослідження, присвячені розробці інноваційних методів навчання РГ. Зокрема О. Нола пропонує нові форми навчання РГ, а саме: онлайн-курси та платформи дистанційного навчання, мультимедіа, віртуальні лабораторії, гейміфікація та співпраця через міжнародні освітні мережі (Нoла, 2012). У іншій публікації представлена низка методів для підвищення рівня РО, орієнтованих на глибинному розумінні ризиків низьких доз радіації. Зокрема автори доводять необхідність вивчення радіаційних ризиків через соціально-наукові питання, завдяки чому здобувачі вивчають не тільки наукові концепції, але й соціальні та етичні аспекти, пов'язані з радіацією (Wojcik, 2015). О. Handan та В. Тауфун доводять ефективність інтерактивного навчання радіаційних ризиків та використання реальних прецедентів та навчальних кейсів (Handan, Тауфун, 2018).

Більш комплексно проблему радіаційної освіти представляють у своєму дослідженні J. Hudzietzová та J. Sabol, головним акцентом якого є те, що освіта може допомогти уникнути важких страхів, пов'язаних з радіацією, шляхом надання чіткої, науково обґрунтованої інформації усім верствам населення. Також вони наголошують на необхідності забезпечення безперервної РО шляхом формальних чи неформальних способів (Hudzietzova, Sabol, 2014).

Практично не розробленою залишається проблема обґрунтування чітких теоретичних підходів до РО в умовах ЗВО, досить фрагментарними є наукові розвідки у сфері методичної оптимізації вивчення радіаційних ризиків.

Окремі спроби дослідження РО в умовах університету проводили А. Slechta та J. Reagan,

визначили кореляцію змісту навчання між професійною підготовкою (професією) та необхідним рівнем радіаційної підготовки. Однак у більшості випадків питання РО представлені у дослідженнях, що стосуються медичних фахівців чи персоналу ядерноенергетичного комплексу (Slechta, Reagan, 2008).

Відтак недостатня розробленість теоретико-методологічних основ загальної РО в ЗВО України, особливо в контексті зростання ядерної загрози та необхідності формування РГ населення, є актуальною проблемою, що потребує комплексного наукового обґрунтування.

Мета статті полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних основ радіаційної освіти в закладах вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Історія теоретичних основ РО бере свій початок з робіт R. Herold, опублікованих у 1969 році. На його погляд, навчання про радіацію необхідно організовувати у максимально доступній формі, опановуючи фізичні властивості радіації, зокрема про іонізаційне випромінювання (альфа, бета, гамма), його джерела та застосування в науці та повсякденному житті (Herold, 1969). Тобто РО насамперед має забезпечуватися з урахуванням принципів доступності, науковості та природовідповідності. М. Alyassin обґрунтовує теорію поведінкового підходу до РО, який сприяє розвитку практичних навичок (Alyassin, 2022). V. Dedgaonkar і D. Bhagwat наголошують на важливості проблемного підходу до освіти про радіацію (Dedgaonkar, Bhagwat, 2022).

На перший погляд, РО ґрунтується на загальнодидактичних підходах навчання, що притаманні природничим дисциплінам. Однак, враховуючи інтерпретації представлені в проаналізованих джерелах, РО має охоплювати соціальні, етичні й деякій мірі історичні (ретроспективні) аспекти. На нашу думку, РО передусім, має відповідати таким дидактичним принципам:

– *принцип науковості* полягає в тому, що навчальний процес має базуватися на сучасних об'єктивних наукових знаннях у сфері радіації. Таким чином освіта ґрунтуватиметься на перевірених фактах, що сприятиме глибокому розумінню досліджуваного змісту та мінімізації маніпулятивним впливам;

– *принцип доступності* передбачає, що зміст, навчальні матеріали та методичні підходи мають

бути доступними для усіх здобувачів, незалежно від рівня їхньої попередньої підготовки, соціального статусу чи фізичних особливостей;

– *принцип системності й наступності* забезпечує планованість й безперервність РО, шляхом послідовного й систематичного засвоєння знань;

– *принцип проблемності* полягає в орієнтації РО на вивчення чи розв'язанні реальних проблем та завдань, через аналіз кейсів та пошук стратегій поведінки в умовах радіаційних ризиків;

– *принцип свідомості й активності* націлений на активну участь здобувачів освіти в навчальному процесі, розвитку цінностей та свідомості з питань радіаційного захисту, а також формування критичного мислення.

Зазначені принципи є теоретичним базисом організації РО в умовах навчального середовища ЗВО. Передусім вони акцентовані на організацію РО здобувачів широкого загалу на базовому рівні. Зазначені принципи не повною мірою відображають особливості навчання майбутніх фахівців, що використовують у своїй діяльності джерела іонізуючого випромінювання, їх (принципи) доцільно застосовувати для формування базової РГ.

Теоретичні основи РО ґрунтуються на актуальності наукових знань, критичному мисленні (аналізі), етичних аспектах, інклюзивності, трансдисциплінарності, рефлексії, цінностях та застосуванні отриманих навичок на практиці. Лейтмотив полягає у збалансованому поєднанні складних у сприйнятті змістових парадигм РО з новітніми й традиційними методичними, цифровими та організаційними підходами, задля створення сприятливих умов для формування РГ здобувачів вищої освіти.

РО вимагає чіткого методологічного обґрунтування для ефективного й гармонійного поєднання змісту, форм та методів навчання, з урахуванням належної організаційної структури процесу навчання. Зазначимо, що «методологія – це вчення про структуру, логіку організації, принципи побудови, форми, засоби й способи наукового пізнання» (Курлянд, 2007).

РО в умовах ЗВО складний, багатоаспектний процес, який вимагає чіткої структури й послідовності, із застосуванням різних методів та засобів навчання. Роль РО у вищій школі (крім спеціальностей тісно пов'язаних з ядерними та радіаційними технологіями) полягає

у формуванні базового рівня РГ. Вивчення змісту з РБ в умовах відсутності спеціалізованих курсів стикається з певними, на перший погляд, складностями, через індивідуальність освітніх програм з підготовки фахівців у кожному університеті. Одним із способів інтеграції РО в освітній процес вищої школи за відсутності спеціалізованих навчальних дисциплін є міждисциплінарний підхід. Залежно від структури підготовки фахівців, доцільно впроваджувати радіаційні аспекти в зміст суміжних курсів, як-от безпека життєдіяльності, охорона праці, цивільна безпека, екологія, фізика, хімія, звертаючи увагу при цьому на практичному застосуванні навичок щодо радіаційних ризиків. *Міждисциплінарний підхід* передбачає інтеграцію змісту з різних наук (дисциплін) для забезпечення комплексного розуміння природи іонізуючого випромінювання та пов'язаних з ним явищ. Всупереч досить значному дидактичному потенціалу міждисциплінарності існують певні ризики застосування такого підходу в РО, а саме поверхневе вивчення дисциплін, яке ґрунтується виключно на суміжних змістових компонентах, а також складнощі у координації роботи викладацького складу.

За такої ситуації, вбачаємо більш ефективним трансдисциплінарний підхід до РО. Трансдисциплінарність в освіті розглядається як підхід, що виходить за межі традиційних дисциплінарних рамок, створюючи нові взаємозв'язки між різними галузями знань (Padurean, Cheveresan, 2010). Тобто вивчення аспектів РО розглядається як ключовий компонент, а дисципліни в межах яких він забезпечується є другим. Наприклад, проблема підвищення РГ молоді може бути вирішена шляхом залучення науковців, активістів, політиків і громадян, створюючи нові підходи до вирішення сучасних викликів. Послугуючись цим підходом зміст РО можна розглядати в рамках будь якої навчальної дисципліни. Трансдисциплінарний підхід у РО заснований на інтеграції змісту не лише з різних наукових дисциплін, але й з гуманітарних, соціальних та навіть мистецьких сфер, що сприяє виходу за межі традиційного наукового дискурсу та створити більш цілісне уявлення про радіацію, її вплив на суспільство та способи управління радіаційними ризиками.

Разом з тим можна не лише інтегрувати зміст РО в навчальні дисципліни, але

Методичні аспекти радіаційної освіти в закладі вищої освіти

№ з/п	Тема	Методи/форми навчання	Реалізація
1	Основи ядерної/радіаційної фізики	Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, комп'ютерне моделювання	Інтегровані курси, гуртки, онлайн-курси, стажування, проекти, стимуляційні ігри
2	Радіаційна безпека	Тренінги, симуляції аварійних ситуацій, відвідування радіаційних об'єктів, кейс-метод	
3	Вплив радіації на здоров'я людини	Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, аналіз наукової літератури	
4	Радіоекологія	Аналіз екологічних даних	
5	Управління радіаційними ризиками	Семінари, дискусії, розробка планів реагування на аварії	

й застосовувати потенціал неформальної освіти. Особливого потенціалу неформальна освіта набуває в умовах цифрового освітнього середовища, шляхом використання онлайн-курсів, тренінгів, та інших форм цифрової самоосвіти (Глінчук, 2014). Передусім неформальний підхід дозволяє забезпечити студентоцентризм через такі механізми оптимізації як-от: індивідуалізація (адаптація змістового наповнення та темпів освоєння матеріалу), мотивація (залучення здобувачів освіти до різних опитувань, проектів, квестів), комунікація (можливість інтенсивного обміну досвідом та знаннями). Однак варто розуміти, що неформальна освіта є доповненням до традиційних форм навчання у вищій школі. Вона сприяє формуванню глибоких і стійких знань, розвитку практичних навичок та формуванню відповідального ставлення до проблем безпеки, однак як самодостатній інструмент мало ефективна в контексті РО.

В сучасних реаліях, РО – це комплексний процес, спрямований на формуванні системних когнітивних структур про фізичні основи радіаційних явищ, принципи РБ, розвиток компетентностей для оцінки радіаційних ризиків та забезпечення безпечного використання радіаційних технологій у повсякденному житті та професійній діяльності, ґрунтуючись на чітких та глибоких особистісно-аксіологічних орієнтирах. Такий процес вимагає злагодженої організаційно-методичної підтримки, як передбачає

відбір оптимальних форм, методів та засобів навчання. В таблиці 1 представлені рекомендовані методичні підходи вивчення різних тем РО в умовах ЗВО..

Варто підкреслити, що наведений перелік носить виключно рекомендаційний характер, вибір конкретних форм і методів навчання в галузі РБ є індивідуальним для кожного випадку і залежить від багатьох чинників, а саме: рівень підготовки здобувачів й викладачів, матеріально-технічна підтримка, специфіка навчальної дисципліни, мотивація та інтереси в академічних групах тощо.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Проведений аналіз наукової літератури та сучасного стану РБ в Україні свідчить про актуальність та необхідність загальнообов'язкової РО в ЗВО. Теоретико-методологічне обґрунтування засвідчило, що РО базується на таких принципах як науковість, доступність, системність, наступність, проблемність, свідомість та активність, а також передбачає використання різноманітних методів і форм навчання. Ефективність навчання можна підвищити за допомогою міждисциплінарного та трансдисциплінарного підходів., валідність використання яких залежить від дидактичної мети кожного конкретного змістового модуля чи заняття. Перспективним напрямком подальших досліджень вбачаємо в деталізованому обґрунтуванні змістового наповнення дисциплін з урахуванням представлених принципів та підходів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Глінчук Ю. О. Аспекти охорони праці при використанні інформаційних технологій у освітньому середовищі. *Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти*, 2014, № 8. С. 34–37.
2. Педагогіка вищої школи : навч. посіб. / З. Н. Курлянд, Р. І. Хмелюк, А. В. Семенова та ін. 3-є вид., перероб. і доп. Київ : Знання, 2007. 495 с.

3. Alyassin M. Applying Behavioral Learning Theory to Radiation Protection Education. *Radiologic Technology*. 2022. 93(4). С. 410–417.
4. Dedgaonkar V. G., Bhagwat D. A. Radiation education in India: current status. 2022.
5. Eijkelfhof H. M. C. Radiation risk and science education. *Radiation protection dosimetry*. 1999. 68(3-4). С. 273–278.
6. Handan O. E., Tayfun B. Ü. K. E. The effect of education on radiation risk perception of high school students. 2018.
7. Herold R. W. Radiation and Science Education. *Science Activities*. 1969. 2(4), С. 48–51.
8. Holá O. New Forms of Education in the Field of Radiation Protection. In *DIVAI 2012* (p. 127).
9. Hudzietzová J., Sabol J. Education of the public about radiation protection. *International Research Journal of Public and Environmental Health*. 2014.
10. Kostadinova B., Boyanova L., Tsakovski S., Pavlova P. Implementation of radioecological education in secondary school by a Radiation and man's elective course. 2004.
11. Liang T., Zhang C., Gao F., Hou G. Evaluation of Novel General Education Courses on Radiation Protection for Undergraduates. *Health Physics*. 2024. 127(4), С. 543–548.
12. Padurean A., Cheveresan C. T. Transdisciplinarity in education. *Journal Plus Education/Educația Plus*. 2010. 6(1).
13. Sadigh G., Khan R., Kassin M. T., Applegate K. E. Radiation safety knowledge and perceptions among residents: a potential improvement opportunity for graduate medical education in the United States. *Academic radiology*. 2014. 21(7), С. 869–878.
14. Slechta A. M., Reagan J. T. An examination of factors related to radiation protection practices. *Radiologic technology*. 2008. 79(4), С. 297–305.
15. Tsubokura M., Kitamura Y., Yoshida M. Post-Fukushima radiation education for Japanese high school students in affected areas and its positive effects on their radiation literacy. *Journal of radiation research*. 2018. 59(suppl_2), С. 65–74.
16. Wojcik A., Hamza K., Lundegård I., Enghag M., Haglund K., Arvanitis L., Schenk L. Educating about radiation risks in high schools: towards improved public understanding of the complexity of low-dose radiation health effects. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2015. 58, 13–20.

REFERENCES:

1. Hlinchuk, Yu. O. (2014). Aspekty okhorony pratsi pry vykorystanni informatsiinykh tekhnolohii u osvitnomu seredovyschi [Aspects of labour protection when using information technologies in the educational environment]. *Onovlennia zmistu, form ta metodiv navchannia i vykhovannia v zakladakh osvity*, (8), 34–37 [in Ukrainian].
2. Kurliand, Z. N., Khmeliuk, R. I., Semenova, A. V., & [inshi avtory]. (2007). *Pedahohika vyshchoi shkoly (3-tie vyd., pererob. i dop.)* [Pedagogy of Higher Education (3rd edition, revised and supplemented)]. Kyiv: Znannia.
3. Alyassin, M. (2022). Applying Behavioral Learning Theory to Radiation Protection Education. *Radiologic Technology*, 93(4), 410–417.
4. Dedgaonkar, V. G., & Bhagwat, D. A. (1999). Radiation education in India: current status.
5. Eijkelfhof, H. M. C. (1996). Radiation risk and science education. *Radiation protection dosimetry*, 68(3-4), 273–278.
6. Handan, O. E., & Tayfun, B. Ü. K. E. (2018). The effect of education on radiation risk perception of high school students.
7. Herold, R. W. (1969). Radiation and Science Education. *Science Activities*, 2(4), 48–51.
8. Holá, O. (2012, April). New Forms of Education in the Field of Radiation Protection. In *DIVAI 2012* (p. 127).
9. Hudzietzová, J., & Sabol, J. (2014). Education of the public about radiation protection. *International Research Journal of Public and Environmental Health*.
10. Kostadinova, B., Boyanova, L., Tsakovski, S., & Pavlova, P. (2004). Implementation of radioecological education in secondary school by a Radiation and man's elective course.
11. Liang, T., Zhang, C., Gao, F., & Hou, G. (2024). Evaluation of Novel General Education Courses on Radiation Protection for Undergraduates. *Health Physics*, 127(4), 543–548.
12. Padurean, A., & Cheveresan, C. T. (2010). Transdisciplinarity in education. *Journal Plus Education/Educația Plus*, 6(1).
13. Sadigh, G., Khan, R., Kassin, M. T., & Applegate, K. E. (2014). Radiation safety knowledge and perceptions among residents: a potential improvement opportunity for graduate medical education in the United States. *Academic radiology*, 21(7), 869–878.
14. Slechta, A. M., & Reagan, J. T. (2008). An examination of factors related to radiation protection practices. *Radiologic technology*, 79(4), 297–305.
15. Tsubokura, M., Kitamura, Y., & Yoshida, M. (2018). Post-Fukushima radiation education for Japanese high school students in affected areas and its positive effects on their radiation literacy. *Journal of radiation research*, 59, 65–74.
16. Wojcik, A., Hamza, K., Lundegård, I., Enghag, M., Haglund, K., Arvanitis, L., & Schenk, L. (2019). Educating about radiation risks in high schools: towards improved public understanding of the complexity of low-dose radiation health effects. *Radiation and Environmental Biophysics*, 58, 13–20.