

О. С. Воронкін

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕГРАТИВНИХ ПІДХОДІВ У РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ STEM-ПРОГРАМ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Анотація. У статті досліджуються інтегративні підходи щодо реалізації освітніх STEM-програм у закладах загальної середньої освіти. Продемонстровано, що поняття «STEM-освіта» нині не є усталеним. Погляди експертів на його зміст розкриваються через такі узагальнені складники, як педагогічна технологія (педагогічний процес), орієнтованість на практичні завдання й проблемне навчання. При цьому інтегративні підходи застосовуються як до окремих дисциплін, послідовності курсів, так і окремого курсу. Узагальнення визначень поняття «STEM-освіта», пропонувані різними експертами, дало змогу в рамках цього дослідження розуміти його як спільну діяльність, взаємодію та співпрацю викладачів, учнів і стейкхолдерів, спрямовані на подолання фрагментарності знань шляхом усунення меж між ними, інтеграції змістовних компонентів, що передбачає формування ключових компетентностей, необхідних для подальшого працевлаштування й життєдіяльності в умовах становлення та розвитку нових галузей знань, які зароджуються на стику дисциплінарних сфер. У статті характеризуються загальні ознаки організації навчання відповідно до дисциплінарного, мультидисциплінарного, міждисциплінарного й трансдисциплінарного підходів. У контексті трансдисциплінарності розглядаються перспективи розвитку освітніх програм у закладах загальної середньої освіти України. Це дало змогу визначити низку проблем, що супроводжують процес розроблення та впровадження STEM-курсів, серед яких: проблема систематизації структурно-логічних зв'язків між дисциплінами, котрі підлягають злиттю; проблема професійної готовності педагогів, які спеціалізуються на викладанні однієї-двох дисциплін, взяти відповідальність за наставництво й підтримку учнівських трансдисциплінарних проєктів; фінансова проблема модернізації освітніх лабораторій і створення сучасних STEM-центрів при кожному закладі загальної середньої освіти.

Ключові слова: заклади загальної середньої освіти України, STEM-освіта, трансдисциплінарний підхід.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується інноваціями в усіх сферах людської діяльності, конкуренцією між компаніями за людські таланти, конвергенцією технологій. На початку 2000-х рр. Національний науковий фонд США запропонував поєднати фахівців чотирьох високотехнологічних сфер економіки — Science (природничі науки),

Technology (технології), Engineering (інженерія), Mathematics (математика) — в один великий напрям STEM, який так чи інакше знайшов відображення в освітніх політиках багатьох країн.

Так, у Китаї для старшокласників обов'язковими дисциплінами (предметами) є «Технологія і дизайн», «Інформаційні технології», серед факультативних — «Розробка простих роботів». У Фінляндії з 2016 р. запроваджено Національну освітню програму, в основі якої — «навчання

на основі явищ» (англ. *phenomenon-based learning*) та проєктне навчання. Посилення позицій STEM-освіти відбувається у країнах ЄС, Австралії, Великій Британії, Кореї, Сінгапурі та інших державах.

З метою впровадження в Україні STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти було напрацьовано нормативно-правову базу, а саме: розроблено та затверджено план відповідних заходів (рішення МОН від 05.05.2016), ухвалено типовий перелік засобів навчання й обладнання для STEM-лабораторій (наказ МОН № 574 від 29.04.2020), розроблено методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти на 2017/2018, 2018/2019 та 2019/2020 навчальні роки (листи ІМЗО № 21.1/10–1470 від 13.07.2017, № 22.1/10–2573 від 19.07.2018, № 22.1/10–2876 від 22.08.2019), підготовлено проєкт Концепції розвитку природничо-математичної освіти — STEM-освіти (липень 2020 р.).

Також було започатковано науково-практичні конференції («Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін», «STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку», «STEM — світ інноваційних можливостей», «STEM-освіта та шляхи її впровадження в освітній процес» та ін.), наукові пікніки, освітні проєкти («Web-STEM-школа»), конкурси й фестивалі (Всеукраїнський STEM-тиждень, «Краща STEM-публікація», «Кращий STEM-урок», «Interpipe TechFest» тощо). На стадії реалізації перебуває дослідно-експериментальна робота «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру». Мета цих заходів — популяризація ідей STEM-освіти, збільшення частки студентів зі STEM-спеціальностей, адже середнє зниження прийому абітурієнтів із 2007 р. по 2015 р. за напрямом STEM становило 24,5% [1, с. 130].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На сьогодні існують чотири основні моделі STEM-навчання [2]: 1) збільшення кількості годин за однією або двома STEM-дисциплінами; 2) викладання окремо всіх STEM-дисциплін із частковою інтеграцією тем; 3) об'єднання в одній дисципліні кількох інших (наприклад, елементи техніки, інженерії й математики можуть використовуватися в природничих

науках); 4) інтеграція STEM-дисциплін у єдиний курс.

Особливістю першої та другої моделі є інтегроване навчання за темами, а не за дисциплінами [3], що більш традиційно для нашої школи. Саме тому найбільшу кількість вітчизняних досліджень присвячено модернізації методики навчання природничо-математичних дисциплін з використанням інформаційно-комунікаційних технологій (М. Жалдак, Ю. Жук, О. Забара, О. Колгатін, С. Литвинова, С. Мальченко, О. Мерзликін, П. Нечипуренко, І. Слободянюк) та розробленню методики впровадження STEM-освіти в навчання біології (Ж. Білик), математики (Д. Васильєва, О. Воронкін, Л. Головченко, В. Мельниченко, І. Мирна, І. Міхеєва, О. Остапенко, Т. Павлік, С. Петренчук, Ю. Рудніцька, Н. Хильчук, М. Чемерис, О. Якимчук), робототехніки (М. Гладун, С. Дзюба, Н. Морзе, О. Струтинська, М. Умрик), інформатики (О. Костецька, Н. Любач, І. Непоп, М. Саєнко), астрономії (В. Бузько, О. Воронкін, Ю. Єчкало), хімії (О. Артем'єва, Л. Каряка), фізики (О. Воронкін, Л. Данілова, Н. Деркач, В. Заболотний, О. Кузьменко, С. Меньяйлов, С. Неділько, В. Сіпій, І. Сліпухіна, І. Чернецький, В. Шульгін), географії (О. Корнус, А. Пугач), трудового навчання (А. Головач, Г. Джевага).

Дослідники М. Роко й У. Бейнбрідж у своїй праці [4] роблять висновок про взаємопов'язаність розвитку нано-, біо-, інформаційних та когнітивних технологій з послідовним злиттям у єдину науково-технологічну галузь знань. Цей розвиток, своєю чергою, не може існувати окремо від освітньої сфери. Водночас у вітчизняних наукових і методичних виданнях належної уваги не приділено питанням організації STEM-освіти при вивченні дисциплін у їх взаємозв'язку. Основним тут є не заучування матеріалу, а розвиток в учнів логічного, проєктного, творчого мислення, вмінь пропонувати новаторські рішення [5]. Саме тому вважаємо четверту модель найперспективнішою.

У 2018 р. Україна вперше брала участь у міжнародній програмі з оцінювання освітніх досягнень учнів (англ. PISA), що проводиться кожні три роки, починаючи з 2000 р., і координується організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). У дослідженні 2018 р. взяли участь 600 тис. 15-річних учнів із 79 країн/економік [6]. Рейтинг їх успішності

оцінювався у трьох компетентностях (читацька, математична, природнича) за рівнями — низький, базовий, високий, найвищий.

Середній бал українських учнів з математичної компетентності становив 453, що відповідає 43 місцю в рейтингу і є нижче середнього бала країн ОЕСР (489). Майже третина наших школярів не досягнули базового рівня у знаннях з математики. Найвищий рівень у 5% учнів. Середній бал з компетентності у природничих науках досяг 469 (38 місце), що також нижче, ніж середній бал країн ОЕСР (489). 74% українських школярів досягнули базового та високого рівнів, однак найвищого рівня дісталися лише 3% українських учнів. З табл. 1 бачимо, що перші місця за математичною, природничо-науковою, читацькою компетентностями посіли азійські освітні системи, а до десятки лідерів увійшли Японія, Польща, Естонія, Південна Корея.

Отже, маємо певну суперечливість між нормативно-правовим підсиленням позицій STEM-освіти, що відбувається з 2015 р., і реальним рейтингом освітніх досягнень українських учнів. Це протиріччя свідчить про наявну проблему природничо-наукової та математичної підготовки українських школярів, які здобувають повну загальну середню освіту.

Мета статті — виявлення суперечливості поняття «STEM-освіта» в науковому дискурсі, його

уточнення, розкриття сутності інтегративних підходів, покладених в основу освітніх STEM-курсів.

Для досягнення поставленої мети нами було використано комплекс теоретичних методів дослідження: аналіз української та іноземної наукової літератури, освітніх програм інтегрованих курсів — для характеристики стану розробленості проблеми дослідження; концептуально-порівняльний аналіз — для зіставлення інтегративних підходів; конкретизація — для розкриття сутності поняття «STEM-освіта»; синтез і узагальнення — для визначення закономірностей та інтерпретації результатів дослідження.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні викладачі й науковці не мають спільної точки зору щодо визначення поняття «STEM-освіта». У табл. 2 ми навели найбільш відомі його дефініції [7–13].

Структурні складники визначень поняття «STEM-освіта» (див. табл. 3) відображають погляди експертів на зміст, що розкриваються в широкому діапазоні розуміння — від інтегративного принципу до педагогічної технології, від посилення змісту окремих STEM-дисциплін — до технологій їх поєднання, від орієнтованості на проблемне навчання — до практико-орієнтованого навчання.

Своєю чергою, різноманітні термінологічні інтерпретації приводять до різних варіантів

Таблиця 1

Топ-10 країн за рейтингом ОЕСР (PISA 2018)

Місце	Математична компетентність		Природничо-наукова компетентність		Читацька компетентність	
	Країна/регіон	Бали	Країна/регіон	Бали	Країна/регіон	Бали
1	КНР (чотири провінції)*	591	КНР (чотири провінції)*	590	КНР (чотири провінції)*	555
2	Сінгапур	569	Сінгапур	551	Сінгапур	549
3	Макао	558	Макао	544	Макао	525
4	Гонконг	551	Естонія	530	Гонконг	524
5	Республіка Китай**	531	Японія	529	Естонія	523
6	Японія	527	Фінляндія	522	Канада	520
7	Південна Корея	526	Південна Корея	519	Фінляндія	520
8	Естонія	523	Канада	518	Ірландія	518
9	Нідерланди	519	Гонконг	517	Південна Корея	514
10	Польща	516	Республіка Китай**	516	Польща	512

* Пекін, Шанхай, Цзянсу, Чжецзян.

** Республіка Китай (Тайвань) — держава з обмеженим міжнародним визнанням у Східній Азії.

Зміст поняття «STEM-освіта»

Експерт (експертна група)	Смислове значення поняття
О. Мартинюк	Низка навчальних програм, які формують навички та вміння, що будуть важливими у процесі працевлаштування, і передбачають орієнтацію на виконання практичних завдань у процесі навчання з використанням сучасних інформаційних технологій [7]
О. Патрикеева, І. Василашко, О. Лозова	Категорія, що визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування й розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких відображає конкурентну спроможність на сучасному ринку праці: здатність та готовність до розв'язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності [8]
С. Куцепал	Інтегрований підхід до навчання, у рамках якого академічні науково-технічні концепції вивчаються в контексті реального життя [9]
Каліфорнійська математична рада	Окремі дисципліни, окремий курс, послідовність курсів, заходів, що охоплюють будь-яку із чотирьох сфер, або інтегрований навчальний курс [10]
Т. Торлаксон	Практичне навчання на основі проблем, яке інтегрує дисципліни через згуртовані й активні підходи до викладання та навчання [11]
Т. Мур, К. Сміт	Поєднання STEM-дисциплін в одному курсі, тематичному блоці або занятті з урахуванням зв'язків між цими дисциплінами та проблемами реального світу [12]
Джо А. Васкес, К. Снейдер, М. Комер	Підхід до навчання, який усуває традиційні бар'єри, що розділяють дисципліни STEM, та інтегрує їх у реальний і актуальний навчальний досвід [13]

інтеграції природничо-математичних дисциплін у різних країнах. У доповіді державного інспектора народної освіти Каліфорнії Т. Торлаксона (2014) стверджується, що ці дисципліни «не варто викладати окремо, оскільки вони не існують у реальному світі відокремлено» [11, с. 7)]. Водночас у доповіді «Передові дослідження в галузі науки і техніки», опублікованій під егідою Американської академії мистецтв і наук у 2013 р., йдеться про необхідність здійснити в освітніх програмах перехід до трансдисциплінарності [14]. Саме тому дослідники Джо А. Васкес, К. Снейдер, М. Комер виокремлюють чотири підходи в інтеграції освітніх програм: дисциплінарний, мультидисциплінарний, міждисциплінарний і трансдисциплінарний [13] (див. табл. 4).

Мультидисциплінарний підхід не дає змоги позбутися фрагментації знань, оскільки шляхом простого зіставлення тем (розділів) навчальний матеріал не досягає «тієї якості “інтеграції”, яка необхідна для фундаментальної єдності, що лежить в основі всіх форм знання» [15].

Р. Лоуренс порівнює міждисциплінарний підхід з механічним змішуванням дисциплін,

а трансдисциплінарний — із синтезуванням дисциплінарних знань та позадисциплінарних сфер [16; 17]. Ця інтерпретація означає відмову від «вузькопрофільних» знань, формування компетентностей за допомогою співпраці та здатності враховувати ноу-хау [18, с. 129].

Термін «трансдисциплінарність» був запропонований відомим швейцарським психологом і філософом Ж. Піаже на початку 1970-х рр. Під час міжнародної конференції «Міждисциплінарність — навчання та дослідницькі програми в університетах» він ініціював обговорення «трансдисциплінарності в науці». На думку вченого, розвиток не обмежуватиметься міждисциплінарними зв'язками, а супроводжуватиметься формуванням цих зв'язків усередині глобальної системи, без жорстких меж між дисциплінами [19, с. 170]. Сам префікс «транс» (від латинського *trans* — крізь) і означає вихід за межі.

Згідно з Б. Ніколеску, трансдисциплінарність ґрунтується на трьох методологічних положеннях [20]: 1) кожна дисципліна вивчає конкретний фрагмент реальності, тоді як трансдисциплінарність дає змогу показати динаміку будь-якого

Таблиця 3

Узагальнені складники поняття «STEM-освіта»

Узагальнені складники	Експерт (експертна група)						
	О. Мартинюк	О. Патрикеева, І. Василяшко, О. Лозова	С. Куцупал	Каліфорнійська математична рада	Т. Торлаксон	Т. Мур, К. Сміт	Джо А. Васкес, К. Снайдер, М. Комер
Принцип інтеграції			+	+	+	+	+
Педагогічна технологія		+					
Орієнтованість на практичні завдання	+		+		+	+	+
Орієнтованість на проблемне навчання		+			+	+	
Окремі дисципліни, послідовність курсів, окремий курс				+	+	+	

процесу (явища) на декількох рівнях реальності одночасно; 2) трансдисциплінарність здатна об'єднати дисциплінарні протилежності в цілісну картину досліджуваного процесу (явища); 3) трансдисциплінарність характеризується синергією між дисциплінами.

У закладах загальної середньої освіти України зміст і послідовність вивчення навчального матеріалу регламентуються Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти та освітніми програмами. У межах експерименту в окремих школах України для учнів 10–11 класів було запроваджено інтегрований курс «Природничі науки», який поєднав фізику, астрономію, біологію, екологію, географію,

хімію й викладається на вибір за однією із чотирьох програм, розроблених авторськими колективами: 1) І. Дьоміна, В. Задояний, С. Костик; 2) Д. Шабанов, О. Козленко; 3) під керівництвом Т. Засекіної; 4) під керівництвом В. Ільченко. Їх перевагою є спрямованість на проектну діяльність. З огляду на умови та наявну матеріальну базу кабінетів викладач (вчитель) може замінювати пропонувані дослідницькі й інформаційні проекти рівноцінними, пропонувати іншу тематику робіт. Недоліком є те, що програми розроблені винятково для закладів загальної середньої освіти із суспільно-гуманітарним, спортивним, художньо-естетичним спрямуванням. Ця специфіка передбачає скорочення годин у понад двічі (280 годин)

Таблиця 4

Характеристика інтегративних підходів

Підхід	Стисла характеристика
Дисциплінарний	Закони, правила і поняття вивчаються окремо за кожною дисципліною з акцентом на приклади «з реального життя»
Мультидисциплінарний	Закони, правила та поняття вивчаються окремо за кожною дисципліною, але в рамках загальної теми, що дає змогу розкрити об'єкт (явище) одночасно з різних сторін
Міждисциплінарний	Закони, правила й поняття вивчаються у взаємозв'язку, в одній із дисциплін знаходять відображення інші
Трансдисциплінарний	Закони, правила і поняття, характерні для кожної зі STEM-дисциплін, інтегруються в єдиний курс

порівняно з програмами окремих дисциплін рівня стандарту (фізика — 210 годин, астрономія — 35 годин, біологія й екологія — 140 годин, географія — 87 годин, хімія — 122 години). Згідно з класифікацією Джо А. Васкес, К. Снейдера і М. Комерас, програми відображають переважно мультидисциплінарний підхід. Зазначимо, що для закладів загальної середньої освіти з природничо-математичним профілем відсутні програми STEM-курсів, рекомендовані Міністерством освіти і науки України.

Тож реалізувати повноцінні трансдисциплінарні курси в закладах загальної середньої освіти України можна факультативно або в гуртках, проте такий підхід має обмеження в кількості годин курсу, що, найімовірніше, також не дасть учням необхідного досвіду навчання, який належно впливав би на мотивацію до STEM-кар'єри.

Висновки. Аналіз наукової літератури засвідчив, що поняття STEM в освіті нині не можна вважати усталеним, а його різні термінологічні інтерпретації охоплюють чотири інтегративні підходи: дисциплінарний, мультидисциплінарний, міждисциплінарний, трансдисциплінарний.

Узагальнення визначень, запропонованих різними експертами, дає змогу в межах нашого дослідження розуміти STEM-освіту як спільну діяльність, взаємодію і співпрацю викладачів, учнів та стейкхолдерів, спрямовану на подолання фрагментарності знань шляхом усунення меж між ними, інтеграції змістовних компонентів, що передбачає формування ключових компетентностей, необхідних для подальшого працевлаштування та життєдіяльності в умовах становлення й розвитку нових галузей знань на стику дисциплінарних сфер.

Для того щоб виявити, який з інтегративних підходів є найбільш оптимальним з точки зору результатів навчання, необхідне проведення додаткових досліджень. З огляду на світові тенденції конвергентного розвитку науки й технологій маємо всі підстави вважати перспективним саме трансдисциплінарний підхід. STEM-курс, побудований на його основі, — це не адитивне зіставлення декількох дисциплін, а їх синтез — взаємопроникнення з результатом нової якості. Слід зазначити, що STEM не є завершеною освітньою концепцією, адже здійснюються спроби модифікувати синтез природничих наук, технологій, інженерії, математики

шляхом додавання мистецтва (STEAM, від англ. Art), музики (STEMM, від англ. Music), робототехніки (STREM, від англ. Robotics), навичок мислення, втілених у читанні та письмі (STREAM, від англ. Reading and wRiting), або їх комбінацій. Найбільше поширення отримав варіант STEAM, де під «мистецтвом» слід розуміти навчання дизайну, основ моделювання та художньо-технічного проектування.

Нині ми перебуваємо на початковій стадії розвитку трансдисциплінарних освітніх програм, тому маємо доволі поверхове розуміння про те, як організувати таке навчання масово в закладах загальної середньої освіти. Це потребує, по-перше, глибокої систематизації структурно-логічних зв'язків між різними дисциплінами (темами), визначення компонентів, що підлягають злиттю. По-друге, комплексу рішень і системної взаємодії суб'єктів освітнього процесу. По-третє, професійної готовності викладачів (учителів), які спеціалізуються на викладанні однієї-двох дисциплін, взяти відповідальність за STEM-навчання, наставництво й підтримку учнівських трансдисциплінарних проєктів. По-четверте, необхідно створити умови для реального доступу учнів до сучасного обладнання і STEM-лабораторій.

Список використаних джерел

1. Форсайт та побудова стратегії соціально-економічного розвитку України на середньостроковому (до 2020 року) і довгостроковому (до 2030 року) часових горизонтах / наук. керівник проєкту акад. НАН України М. З. Згуровський; НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Київ : Політехніка, 2016. 184 с.
2. Dugger W. E. Evolution of STEM in the United States. *Technology Education Research : The 6th Biennial International Conference* (Gold Coast, Queensland, 2010, March). Australia, 2010. P. 1–8.
3. Peters-Burton E. E. Inclusive STEM high school design: 10 critical components. *Theory Into Practice*. 2014. № 53 (1). P. 64–71.
4. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science / M. C. Roco, W. S. Bainbridge (eds.). Dordrecht : Springer, 2003. 468 p.
5. Science, Technology, Engineering, and Math, including Computer Science. *U. S. Department of Education*. URL: www.ed.gov/stem.
6. PISA 2018 Results (Volume I). What Students Know and Can Do. Paris : PISA, OECD Publishing, 2019. 354 p.
DOI: <https://doi.org/10.1787/694c168b-id>

7. Мартинюк О. О. STEM-технології як засіб формування інформаційно-цифрової компетентності вчителів та учнів : зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. 2018. № 24. С. 18–22.
8. Патрикеева О., Василашко І., Лозова О., Горбенко С. Упровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах: методичний аспект. *Рідна школа*. 2017. № 9–10. С. 90–95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rsh_2017_9–10_1818.
9. Куцупал С. STEM/STEAM/STREAM-освіта — новий тренд в українському освітянському дискурсі. *Education Landscapes*. 2018. № 1. С. 11–14.
10. STEM Resources. *California Mathematics Council*. URL: <https://www.cmc-math.org/stem>.
11. Torlakson T. Innovate: a blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California Public Education. Sacramento : California Department of Education, 2014. 52 p. URL: <https://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/innovate.pdf>.
12. Moore T. J. Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education*. 2014. № 15 (1). P. 5–10.
13. Vasquez J., Comer M., Sneider C. STEM Lesson Essentials, Grades 3–8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. US : Heinemann, 2013. 192 p.
14. ARISE 2 (Advancing Research in Science and Engineering): Unleashing America's Research and Innovation Enterprise / V. Narayanamurti, K. R. Yamamoto and etc. Cambridge, Massachusetts : American Academy of Arts & Sciences, 2013. 72 p. URL: <https://www.amacad.org/sites/default/files/academy/multimedia/pdfs/publications/-researchpapersmonographs/arise2.pdf>.
15. Transdisciplinarity. Stimulating synergies, integrating knowledge. Royaumont Abbey, Val-d'Oise, France : Division of Philosophy and Ethics UNESCO, 1998. 80 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114694>.
16. Lawrence R. J. Housing and health: From interdisciplinary principles to transdisciplinary research and practice. *Futures*. 2004. No 36 (4). P. 487–502. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.001>
17. Lawrence R. Beyond disciplinary confinement to imaginative transdisciplinarity. *Tackling wicked problems through transdisciplinary imagination / edited by J. Harris, V. A. Brown, J. Russell*. London : Routledge, 2010. P. 16–30.
18. Lawrence R. Deciphering Interdisciplinary and Transdisciplinary Contributions. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*. 2010. № 1 (1). P. 125–130.
19. Piaget J. L'Épistémologie des Relations Interdisciplinaires. *Internationales Jahrbuch für interdisziplinäre Forschung*. 1974. Vol. 1. P. 154–171. URL: http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/VE/jp72_epist_rel_at_interdis.pdf.
20. Nicolescu B. The Relationship between Complex Thinking and Transdisciplinarity. *Symposium on Complex Systems Modeling and Complexity Thinking*. Paris : Centre Edgar Morin, 2009. URL: https://ciret-transdisciplinarity.org/ARTICLES/Nicolescu_fichiers/MSH15062009.pdf.

References

1. *Foresight and development of the strategy of social and economic development of Ukraine in the middle-term (until 2020) and long-term (until 2030) time horizons* (2016). In M. Z. Zghurovskiy (Ed.). Kyiv : National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" [in Ukrainian].
2. Dugger, W. E. (2010, March). Evolution of STEM in the U. S. *6th Biennial International Conference on Technology Education Research*, 1–8. DOI: 10.1.1.476.5804 [in English].
3. Peters-Burton, E. E., Lynch, S. J., Behrend, T. S., & Means, B. B. (2014). Inclusive STEM High School Design: 10 Critical Components. *Theory Into Practice*, 53 (1), 64–71. DOI: 10.1080/0040 5841.2014.862125 [in English].
4. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2003). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Springer. DOI: 10.1007/978–94–017–0359–8 [in English].
5. *Science, Technology, Engineering, and Math, including Computer Science | U. S. Department of Education*. (n. d.). U. S. Department of Education. Retrieved from : <https://www.ed.gov/stem> [in English].
6. OECD. (2020). *PISA 2018 Results (Volume I) What Students Know and Can Do* (Vol. 1). OECD. DOI: 10.1787/5f07c754-en [in English].
7. Martyniuk, O. O. STEM-technologies as a form of formation of informational and digital competency of teachers and students : Zb. nauk. pr. Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka, 24, 18–22. DOI: 10.32626/2307–4507.2018–24.18–22 [in Ukrainian].
8. Patrykieva, O., Vasylashko, I., Lozova, O., Horbenko, S. STEM-education implementation in general and out-of-school educational institutions: a methodical aspect. *Ridna shkola*, 9–10, 90–95. Retrieved from : http://nbuv.gov.ua/UJRN/rsh_2017_9–10_1818 [in Ukrainian].

9. Kutsepal, S. (2018). STEM/STEAM/STREAM-education is a new trend in the Ukrainian educational discourse. *Education Landscapes*, 1, 11–14. DOI: 10.29202/el/2018/1/2. [in Ukrainian].
10. *STEM resources*. California Mathematics Council. Retrieved from : <https://www.cmc-math.org/stem> [in English].
11. Torlakson, T. (2014). *Innovate: a blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California Public Education*. California Department of Education. Retrieved from : <https://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/innovate.pdf> [in English].
12. Moore, T. J. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education*, 15 (1), 5–10. Retrieved from : <https://www.scribbr.com/apacitation-generator/new/article-journal> [in English].
13. Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3–8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (1st ed.). Heinemann [in English].
14. American Academy of Arts & Sciences. (2013). *ARISE 2 (Advancing Research in Science and Engineering): Unleashing America's Research and Innovation Enterprise*. Retrieved from : <https://www.amacad.org/sites/default/files/academy/multimedia/pdfs/publications/researchpapersmonographs/arise2.pdf> [in English].
15. UNESCO. (1998). *Transdisciplinarity. Stimulating synergies, integrating knowledge*. Division of Philosophy and Ethics UNESCO. Retrieved from : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114694> [in English].
16. Lawrence, R. J. (2004). Housing and health: from interdisciplinary principles to transdisciplinary research and practice. *Futures*, 36 (4), 487–502. DOI: 10.1016/j.futures.2003.10.001 [in English].
17. Lawrence, R. J. (2010). Beyond disciplinary confinement to imaginative transdisciplinarity. In J. Harris, V. A. Brown, & J. Russell (Eds.), *Tackling wicked problems through transdisciplinary imagination* (pp. 16–30). Routledge. DOI: 10.4324/9781849776530 [in English].
18. Lawrence, R. J. (2010). Deciphering Interdisciplinary and Transdisciplinary Contributions. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 1 (1), 125–130. DOI: 10.22545/2010/0003 [in English].
19. Piaget, J. (1974). L'Épistémologie des Relations Interdisciplinaires. *Internationales Jahrbuch Für Interdisziplinäre Forschung*, 1, 154–171. Retrieved from : http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/VE/jp72_epist_rel_at_interdis.pdf [in French].
20. Nicolescu, B. (2009). *The Relationship between Complex Thinking and Transdisciplinarity*. Symposium on Complex Systems Modeling and Complexity Thinking, Paris, France. Retrieved from : https://ciret-transdisciplinarity.org/ARTICLES/Nicolescu_fichiers/MSH15062009.pdf [in English].

O. S. Voronkin

THEORETICAL BASIS OF INTEGRATIVE APPROACHES STUDYING OF STEM EDUCATION PROGRAMS IMPLEMENTATION IN SECONDARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF UKRAINE

Abstract. *The article examines integrative approaches of educational STEM programs implementation in secondary educational institutions. The concept of "STEM education" is not stable. The views of experts on its content are revealed through such generalized components as pedagogical technology (pedagogical process), focus on practical tasks and problem-based learning. At the same time, integrative approaches find application in the disciplines, the sequence of courses, and in a separate course. Generalization of the definitions of the concept "STEM education", proposed by various experts, made it possible to understand it as a joint activity, interaction and cooperation of teachers, students and stakeholders, aimed at overcoming the fragmentation of knowledge by eliminating boundaries between them, integrating content components. It provides the formation of key competencies necessary for further employment and life activity in the conditions of the formation and development of new branches of knowledge. The article describes the general features of the learning organization in accordance with disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary approaches. In the context of transdisciplinarity, the prospects for the development of educational programs in secondary educational institutions of Ukraine is considered. It is possible to single out a number of problems accompanying the process of STEM courses developing and implementing. There are the problem of systematizing the structural and logical links between disciplines to be merged, the problem of professional readiness of teachers specializing in teaching one or two disciplines to take responsibility for mentoring and supporting student's transdisciplinary projects and modernization of educational laboratories and making of modern STEM centres at secondary educational institution.*

Keywords: *secondary educational institutions of Ukraine, STEM education, transdisciplinary approach.*

А. С. Воронкин

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕГРАТИВНЫХ ПОДХОДОВ В РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ STEM-ПРОГРАММ В СРЕДНИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ УКРАИНЫ

Аннотация. В статье исследуются интегративные подходы касательно реализации образовательных STEM-программ в средних учебных заведениях. Продемонстрировано, что понятие «STEM-образование» не является устоявшимся. Взгляды экспертов на его содержание раскрываются через такие обобщенные составляющие, как педагогическая технология (педагогический процесс), ориентированность на практические задания и проблемное обучение. При этом интегративные подходы находят применение как в отдельных дисциплинах, последовательности курсов, так и отдельно на курсе. Обобщение определенных понятий «STEM-образование», предлагаемых различными экспертами, позволило в рамках данного исследования понимать его как совместную деятельность, взаимодействие и сотрудничество преподавателей, учащихся и стейкхолдеров, направленные на преодоление фрагментарности знаний путем устранения границ между ними, интеграции содержательных компонентов, что предусматривает формирование ключевых компетентностей, необходимых для дальнейшего трудоустройства и жизнедеятельности в условиях становления и развития новых отраслей знаний, зарождающихся на стыке дисциплинарных сфер. В статье характеризуются общие черты организации обучения в соответствии с дисциплинарным, мультидисциплинарным, междисциплинарным и трансдисциплинарным подходами. В контексте трансдисциплинарности рассматриваются перспективы развития образовательных программ в средних учебных заведениях Украины. Это позволило выделить ряд проблем, сопровождающих процесс разработки и внедрения STEM-курсов, среди которых: проблема систематизации структурно-логических связей между дисциплинами, подлежащих слиянию; проблема профессиональной готовности педагогов, специализирующихся на преподавании одной-двух дисциплин, взять ответственность за наставничество и поддержку учебных трансдисциплинарных проектов; финансовая проблема модернизации образовательных лабораторий и создания современных STEM-центров при каждом среднем учебном заведении.

Ключевые слова: средние учебные заведения Украины, STEM-образование, трансдисциплинарный подход.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Воронкін Олексій Сергійович — канд. пед. наук, викладач-методист, викладач циклової комісії загальноосвітніх та соціально-гуманітарних дисциплін Обласного комунального закладу «Северодонецький коледж культури і мистецтв імені Сергія Прокоф'єва», член Американського фізичного товариства, м. Северодонецьк, Україна, alex.voronkin@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4088-7147>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Voronkin O. S. — PhD in Pedagogy, Guidance teacher, teacher of the cyclic commission for the general educational, social and human sciences of Regional communal institution “Serhii Prokofiev Sievierodonetsk College of culture and arts”, member of the American Physical Society, Sievierodonetsk, Ukraine, alex.voronkin@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4088-7147>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Воронкин А. С. — канд. пед. наук, преподаватель-методист, преподаватель цикловой комиссии общеобразовательных и социально-гуманитарных дисциплин Областного коммунального учреждения «Северодонецкий колледж культуры и искусств имени Сергея Прокофьева», член Американского физического общества, г. Северодонецк, Украина, alex.voronkin@gmail.com;

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4088-7147>

Стаття надійшла до редакції / Received 23.04.2020