



УДК 371.1+372.857+372.891+378.2

Научная статья / **Research Full Article**DOI: [10.15293/2658-6762.2305.01](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2305.01)Язык статьи: русский / **Article language: Russian**

Оценка сформированности STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов

Н. С. Сологуб¹, Н. В. Науменко¹, Р. И. Айзман²¹ Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
г. Минск, Республика Беларусь² Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

Проблема и цель. Статья посвящена проблеме формирования STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов на первой ступени высшего образования. Цель статьи – оценка сформированности STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов.

Методология. Методология исследования основана на принципах интегративности, комплексности, контекстности и базовых идеях STEAM-образования в формировании STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов.

Авторы обобщили существующие подходы к выделению ключевых компетенций и на их основании разработали структуру STEAM-компетентности, которая положена в основу авторской программы учебной дисциплины «STEAM-подход в естественно-научном образовании», включенной в учебный план по специальности «Биология и география» и прошедшей апробацию в образовательном процессе. При проведении итоговых контрольных мероприятий у обучающихся был продиагностирован уровень сформированности компонентов STEAM-компетентности, включавший сравнительный анализ анкет учителей и обучающихся и сравнительную оценку уровня сформированности некоторых компонентов STEAM-компетентности контрольной и экспериментальной групп.

Опытно-экспериментальная работа проводилась на базе учреждений общего среднего образования Республики Беларусь и на факультете естествознания Белорусского государственного педагогического университета им. Максима Танка. В исследовании приняли участие 33 учителя естественно-научных учебных предмета и 70 обучающихся факультета естествознания Белорусского государственного педагогического университета им. Максима Танка. Были использованы методы теоретического анализа, сравнения, анкетирования, тестирования, статистической обработки данных.

Результаты. В процессе исследования обосновывается необходимость введения в содержание подготовки будущих учителей учебной дисциплины «STEAM-подход в естественно-научном образовании». В результате показана необходимость формирования STEAM-компетентности

Библиографическая ссылка: Сологуб Н. С., Науменко Н. В., Айзман Р. И. Оценка сформированности STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов // Science for Education Today. – 2023. – Т. 13, № 5. – С. 7–30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2305.01>

✉ Автор для корреспонденции: Наталья Станиславовна Сологуб, sologub.n.s@gmail.com

© Н. С. Сологуб, Н. В. Науменко, Р. И. Айзман, 2023

у будущих учителей естественно-научных учебных предметов, разработана и обоснована система их подготовки к реализации STEAM-образования в ходе их профессиональной практической деятельности. Результаты опытно-экспериментальной работы подтверждают, что эффективность подготовки будущих учителей-естественников к работе в логике STEAM напрямую определена наличием в учебных планах дисциплин, которые в процессе обучения по естественно-научным специальностям активно вовлекают обучающихся в STEAM-образование.

Заключение. Полученные результаты доказывают эффективность формирования STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов при реализации системы целенаправленной методической подготовки при обучении на первой ступени высшего образования. Реализация учебной дисциплины «STEAM-подход в естественно-научном образовании» как одного из элементов методической подготовки будущих учителей естественно-научных учебных предметов к реализации STEAM-образования способствует повышению их STEAM-компетентности.

Ключевые слова: образование; естественно-научное образование; учителя естественно-научных учебных предметов; STEAM-образование; STEAM-компетентность; STEAM-подход.

Постановка проблемы

Позиция современных специалистов-педагогов в отношении STEAM-образования неоднозначна: ведется дискуссия как о необходимости его внедрения в учреждениях общего среднего образования, так и о целесообразности подготовки учителей для его реализации. Подобная неоднозначность объективно обусловлена рядом сопряженных с реализацией STEAM-образования проблем. Это в первую очередь несформированность у части учителей представления о сути STEAM-образования и, как следствие, неопределенность их позиции относительно необходимости внедрения в учреждениях общего среднего образования как STEAM-образования в целом как системы, так и его элементов. Эта позиция аргументируется, с одной стороны, субъективным опасением, что STEAM-образование снизит роль отдельных учебных предметов, с другой – традиционным взглядом на образовательный процесс, сформировавшимся в доцифровую эпоху. Часть же практикующих учителей-предметников считают STEAM модной тенденцией, которая с появлением новых педагогических трендов и технологий потеряет свою

актуальность. Сводя эти позиции, следует отметить главное: недостаточный уровень готовности и подготовки педагогов к реализации STEAM-образования и недостаточное методическое обеспечение для того, чтобы снять обе эти взаимосвязанные проблемы [23].

Для того чтобы сформировать объективную точку зрения на необходимость включения элементов STEAM в образовательный процесс учреждений образования (в том числе общего среднего), реализации образования в логике STEAM и оценить эффективность STEAM-образования в подготовке учителей естественно-научных предметов, следует выяснить исторические предпосылки появления STEAM в образовании и проанализировать его обусловленность как современной образовательной технологии эпохи цифровизации.

STEAM (Science – естественные науки, Technology – технологии, Engineering – инженерия, Art – искусство, Math – математика) – образовательная технология, формирующая у обучающихся ключевые компетенции XXI в. – 4К: критическое мышление (Critical Thinking), креативность (Creativity), коммуникация (Communication), координация (Coordinating With Others). Такая роль обусловлена тем, что

в ближайшем будущем для решения глобальных и региональных проблем (при разработке проектов и конструировании материалов и пр.) специалисты должны быть способными решать задачи междисциплинарные – разноплановые и разномасштабные. Фундамент в подготовке таких специалистов должен закладываться в том числе и в процессе получения общего среднего образования. Эту задачу способно выполнить STEAM-образование, суть которого и заключается в интегрированном, комплексном, междисциплинарном подходе к изучению процессов и явлений [22; 24].

Вопрос формирования STEAM-компетентности учителя – открытый и малоизученный: остается не выработанным алгоритм подготовки учителя к реализации STEAM-образования, а работа, которая ведется разрозненными энтузиастами по его созданию, – не системна и не систематизирована; отсутствует апробированный и широко тиражированный опыт. Однако для того, чтобы осуществить полноценную реализацию STEAM-образования, требуются педагоги, владеющие методикой организации обучения в логике STEAM. Именно поэтому STEAM-образование особенно актуально в подготовке будущих учителей на компетентностной основе, поскольку именно STEAM-образование позволяет сформировать у них STEAM-компетентность – способность мыслить комплексно и в широком диапазоне междисциплинарности.

Интенсивное развитие STEAM-образования, которое наметилось как мировая тенденция, свидетельствует о том, что современная система образования на практике откликнулась на потребности общества в условиях Индустрии 4.0 [13]. Академик А. М. Кондаков [7] отмечает, что четвертая промышленная революция инициировала в сфере образования эпоху радикальных перемен по пути цифровизации и технологизации. При этом основным

источником перемен служит не само образование, а совокупность вызовов, стоящих перед ним, в том числе новые технологические, политические, социальные, культурные и экономические контексты, факторы сложности и неопределенности.

Интенсивное развитие STEAM-образования обусловлено и некоторыми кризисными явлениями в естественно-научном образовании [15; 19; 21].

Следует отметить, что цели и содержание программ обучения по учебным предметам естественно-научного цикла характеризуются высокой степенью суверенизации в плане формирования мышления обучающихся: математика формирует математическое мышление, физика – физическое и т. д. При этом эти предметы отличает большое количество терминов и их многозначность, что сильно затрудняет восприятие учебного материала. Одна и та же тема по разным учебным предметам изучается в разное время. В результате знания и умения, полученные в рамках одного учебного предмета, не коррелируют друг с другом, не расширяют и не дополняют восприятие исследуемого явления, а проецируются в узкопредметные картины мира, которые создаются в человеческом сознании и затем реализуются в человеческой деятельности [14].

Можно обозначить еще одну проблему естественно-научного образования – потерю у молодежи в процессе обучения интереса к естественным дисциплинам. Так, при том, что наибольший интерес к ним у обучающихся проявляется на первой ступени общего среднего образования, их изучение в Беларуси, например, начинается на второй ступени его получения. В итоге обучающиеся только приступают к изучению естественно-научных учебных предметов в то время, когда боль-

шинству из них эти предметы уже не интересны. Зарубежные исследователи образно назвали это явление «протекающим трубопроводом»: из каждых 100 обучающихся первой ступени получения общего среднего образования только четверо продолжают заниматься естественными науками на третьей ступени, строя в естественно-научной сфере свое образование или карьеру [14; 18]. Исследователи изучили причины этой тенденции и пришли к выводу, что для поддержания интереса к естественно-научному образованию необходимы новые и более интересные подходы к преподаванию естественно-научных учебных предметов и их изучение следует начинать с первой ступени общего среднего образования. Эти трудности определяют главную проблему в естественно-научном образовании; для ее решения необходимы рациональный и оптимальный отбор содержания, принципов, форм и методов построения интегративного обучения по всем учебным предметам естественно-научного цикла, что и соответствует логике STEAM-образования и необходимости формирования естественно-научной грамотности обучающихся [17; 18].

Реализация STEAM-образования требует от педагогов активного внедрения в образовательный процесс новейших педагогических подходов к преподаванию и оценку применения инновационных межпредметных методик обучения, в частности, получение знаний на основе интегративного подхода, развитие методов и средств формирования исследовательских и инженерно-технических компетенций [6].

В настоящее время существуют противоречия между многолетним привычным подходом к преподаванию естественно-научных учебных предметов и новыми тенденциями развития образования, стремительно развивающейся цифровой средой и инфраструктурой

учреждений образования; обучающимися, которые приспособились к цифровой среде, и педагогами, которые должны уметь адаптироваться к этим изменениям. Исходя из логики эволюции, при организации процесса обучения педагог должен приспосабливаться к потребностям нового поколения. Однако нередко педагоги, придерживаясь традиционных, консервативных форм и методов работы, не принимают новые тенденции в сфере образования и отрицают значимость инноваций, в том числе и STEAM-образования.

Часто сказывается отсутствие у педагогов четкого понимания того, что представляет собой STEAM-подход в образовании; наиболее распространенные стереотипы: они видят его как механическое соединение информации из разных предметных областей (на одном занятии или в последовательности занятий), или как одну из форм информатизации какой-то предметной области, или как исключительно робототехнику. Кроме того, учителя – и это более глубокая проблема – не обладают необходимыми для предметной интеграции STEAM знаниями в области инженерии, химии, географии, физики, биологии и др. [1].

Еще одно предубеждение части педагогов: STEAM-образование может уменьшить важность отдельных областей образовательного контента (учебных предметов), и это всего лишь модная тенденция, которая вскоре растворится в потоке новых педагогических технологий [16].

Формальным препятствием является то, что в штатном расписании учреждений общего среднего образования нет такой должности, как STEAM-педагог. Из-за этого с учащимися в логике STEAM работают учителя математики, физики, химии, информатики [2], что накладывает свой узкопредметный отпечаток и усугубляет вышеуказанную проблему.

Еще одной проблемой является недостаточная материально-техническая база для организации STEAM-образования в полной мере (отсутствие моделей, инженерных модулей, конструкторов, цифровых лабораторий и т. п.) [5; 20].

Педагоги XXI в. – специалисты самого широкого профиля, для которых не существует границ между гуманитарным и естественно-научным знанием, между смежными и, наоборот, совершенно несмежными дисциплинами. Это те, кто легко понимает разные профессиональные языки, кто может включаться в полипрофессиональное взаимодействие при решении очень сложных комплексных проблем. Именно к этому призывают новые требования к педагогу XXI в.

Подведем итоги теоретического анализа проблемы:

1) фактором, который одновременно обосновывает необходимость реализации STEAM-образования и является проблемой, затрудняющей его реализацию, является наличие противоречий между:

– задачей формирования у обучающихся единой картины мира средствами учебных предметов естественно-научного цикла и их изолированным преподаванием в учреждениях общего среднего образования;

– существующей практикой предметной организации учебного процесса, при которой обучающийся и педагог вынуждены оставаться в рамках и логике одного учебного предмета, как результат – «разрозненные знания» по разным учебным предметам;

– разрывом между гуманитарными, естественными и техническими науками, который ведет к потере единства целостной системы мышления и знания;

2) существует ряд проблем в работе педагогов по реализации STEAM-образования:

– недостаточный уровень подготовки педагогов к реализации STEAM-образования;

– недостаточное методическое обеспечение для реализации STEAM-образования;

– неоднозначность мнений педагогов о необходимости внедрения в учреждениях общего среднего образования как STEAM-образования, так и его элементов [8; 9].

Очевидным является, что ключевым субъектом в реализации STEAM-образования является учитель. Ему необходима соответствующая подготовка, суть которой – обладание определенным уровнем STEAM-компетентности. Эта цель достигается в ходе системной подготовки будущих учителей к реализации STEAM-образования. Этот тезис определил направление нашего исследования – разработка алгоритма и системы подготовки будущих учителей естественно-научных учебных предметов к реализации STEAM-образования, ее содержания и оценка эффективности созданного продукта.

Цель статьи – оценка сформированности STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов на основе определения эффективности разработанной системы подготовки будущих учителей естественно-научных учебных предметов к реализации STEAM-образования.

Методология исследования

В исследовании использованы методы теоретического анализа, сравнения, анкетирования, тестирования, статистической обработки данных. Исследование состояло из трех этапов.

Первый этап исследования. С целью аргументации и оценки необходимости реализации STEAM-образования на первом этапе исследования была разработана анкета-опросник, которая содержала следующие вопросы:

1. Как бы вы оценили собственные знания о STEAM-образовании по 5-балльной шкале, где 1 – «понимаю очень хорошо», 2 – «понимаю отчетливо», 3 – «понимаю в общих чертах», 4 – «знаю, но не понимаю», 5 – «ничего не знаю».

2. Как вы считаете, целесообразна ли реализация STEAM-образования в учреждениях общего среднего образования? (1 – «да», 2 – «скорее да»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее нет»; 5 – «нет»).

3. Заинтересованы ли вы во внедрении STEAM-образования? (1 – «да», 2 – «скорее да»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее нет»; 5 – «нет»).

4. Как вы считаете, способствует ли STEAM-образование подготовке человека к жизни в новых условиях? (1 – «да», 2 – «скорее да»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее нет»; 5 – «нет»).

5. Испытываете ли вы трудности при внедрении STEAM-образования? (1 – «да», 2 – «скорее да»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее нет»; 5 – «нет»).

6. Необходима ли вам методическая помощь специалистов для внедрения STEAM-образования? (1 – «да», 2 – «скорее да»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее нет»; 5 – «нет»).

7. Необходимы ли вам учебно-методические рекомендации для внедрения STEAM-образования? (1 – «да», 2 – «скорее да»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее нет»; 5 – «нет»).

На вопросы анкеты ответили 33 учителя, преподающих естественно-научные учебные предметы, представляющие разные учреждения общего среднего образования Республики Беларусь. Их ответы были систематизированы и проанализированы.

Второй этап исследования. На основании теоретических источников была разработана модель STEAM-компетентности как интегративного качества современного педагога и диагностический инструментарий для определения уровня ее сформированности. Были выделены 4 компонента STEAM-компетентности: знания, умения, способ деятельности, опыт деятельности [11]. На основании этой модели STEAM-компетентности была разработана учебная программа «STEAM-подход в естественно-научном образовании» [10], учебно-методический комплекс для ее реализации и диагностический инструментарий для определения уровня сформированности STEAM-компетентности (тестовые задания, анкеты-опросники, ситуационные задачи).

Исследование по эффективности системы формирования STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов проводилось на базе Белорусского государственного педагогического университета им. Максима Танка в 2020–2022 гг., в нем приняли участие 70 обучающихся: 35 человек вошли в контрольную группу и 35 – в экспериментальную. В экспериментальной группе проводилось целенаправленное обучение в логике STEAM-образования в ходе реализации учебной дисциплины «STEAM-подход в естественно-научном образовании».

Третий этап исследования. Более детально был рассмотрен уровень сформированности компонента STEAM-компетентности «Опыт деятельности» у будущих учителей естественно-научных учебных предметов. После проведения диагностики сформированности STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов была проведена корреляция между ответами

учителей на вопросы анкеты-опросника и ответами студентов на вопросы анкеты «Опыт деятельности»:

1. Как бы вы оценили важность реализации STEAM-образования в Республике Беларусь? (1 – «абсолютно неважно»; 2 – «неважно»; 3 – «в какой-то мере необходимо»; 4 – «важно»; 5 – «очень важно»).

2. Насколько бы вы оценили ваши компетенции по организации образовательного процесса в логике STEAM? (1 – «отсутствуют»; 2 – «минимальные»; 3 – «есть; но нужно очень долго готовиться»; 4 – «компетентен(а) в этом вопросе»; 5 – «компетентен(а) в этом вопросе; могу давать рекомендации другим»).

3. Готовы ли к самостоятельному освоению новых технологий и подходов для реализации STEAM-образования? (1 – «абсолютно

нет»; 2 – «если будет острая необходимость»; 3 – «да; но по мере необходимости»; 4 – «могу и буду»; 5 – «да; я и буду делать это целенаправленно»).

Результаты исследования, обсуждение

На первом этапе исследования в ходе анкетирования учителей естественно-научных учебных предметов нами были получены следующие результаты.

При ответе на вопрос «Как бы вы оценили собственные знания о STEAM-образовании?» (рис. 1) 60,7 % респондентов ответили, что не имеют четкого представления о том, что это (либо не знают или не понимают), а из них чуть больше половины, зная о нем, только в общих чертах понимают, что такое STEAM-образование. 39,4 % отметили, что понимают это отчетливо.



Рис. 1. Распределение ответов респондентов на вопрос «Как бы вы оценили собственные знания о STEAM-образовании?»

Fig. 1. Distribution of respondents' answers to the question "How would you rate your own knowledge about STEAM education?"

Если посмотреть на ответы с другой стороны, то 75,8 % учителей имеют представление и осведомлены о STEAM-образовании. Но могут ли они оценить объективно необходимость его внедрения? Оставляя этот вопрос

как риторический, приведем результаты ответа всей выборки на вопрос «Как вы считаете, целесообразна ли реализация STEAM-образования в учреждениях общего среднего образования?» (рис. 2).

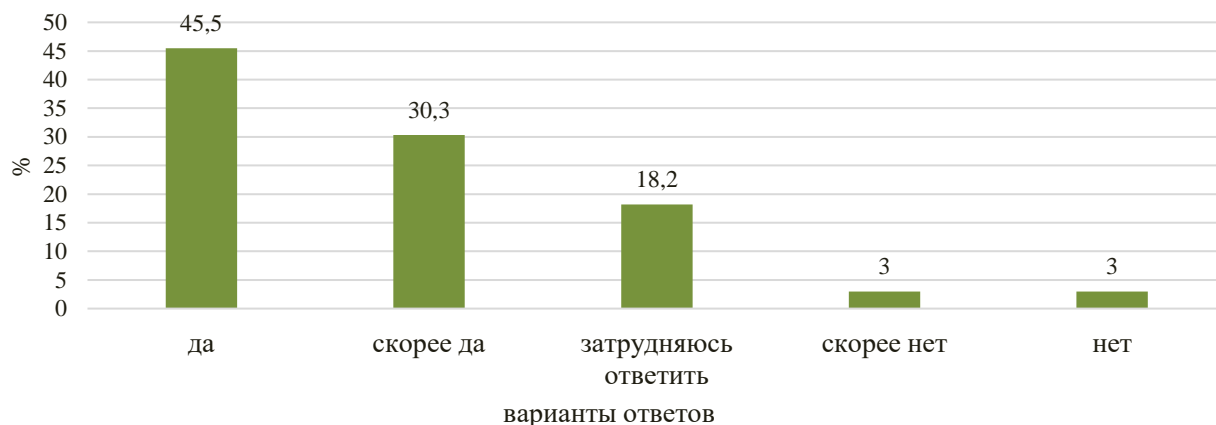


Рис. 2. Распределение ответов респондентов на вопрос «Как вы считаете, целесообразна ли реализация STEAM-образования в учреждениях общего среднего образования?»

Fig. 2. Distribution of respondents' answers to the question "Do you think STEAM education is appropriate for general secondary education?"

В итоге 75,8 % учителей сочли целесообразным в той или иной степени реализацию STEAM-образования в учреждениях общего среднего образования, и это свидетельствует об интересе и желании учителей пробовать новые методические подходы. Абсолютное большинство учителей учреждений общего

среднего образования видят проблему и понимают, что для ее решения необходимо освоение новых технологий обучения (в том числе и STEAM). Этот показатель коррелирует с ответом респондентов на вопрос о заинтересованности во внедрении STEAM-образования (рис. 3).

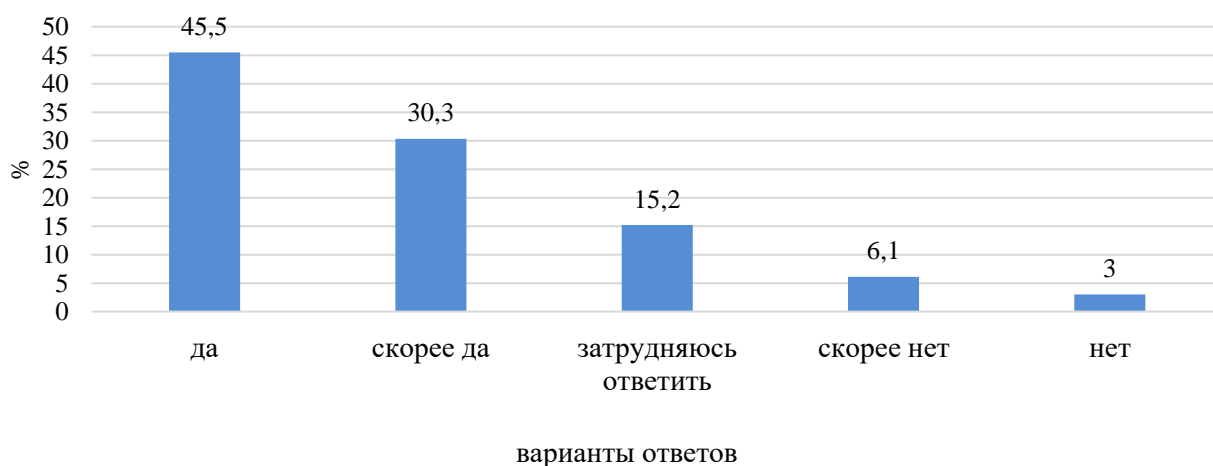


Рис. 3. Распределение ответов респондентов на вопрос «Заинтересованы ли вы во внедрении STEAM-образования?»

Fig. 3. Distribution of respondents' answers to the question "Are you interested in STEAM education?"

На вопрос «Заинтересованы ли вы во внедрении STEAM-образования?» 78,5 % педагогов, принявших участие в анкетировании, ответили положительно. Аналогично коррелируют данные и с количеством респондентов,

положительно ответивших на вопрос «Как вы считаете, способствует ли STEAM-образование подготовке человека к жизни в новых условиях?» (рис. 4).



Рис. 4. Распределение ответов респондентов на вопрос «Как вы считаете, способствует ли STEAM-образование подготовке человека к жизни в новых условиях?»

Fig. 4. Distribution of respondents' answers to the question "Do you think STEAM education is helping to prepare people for the new environment?"

81,9 % учителей считают, что STEAM-образование способствует подготовке человека к жизни в новых условиях.

Подавляющее большинство респондентов указало, что испытывают трудности при внедрении STEAM-образования в учебный процесс (рис. 5).

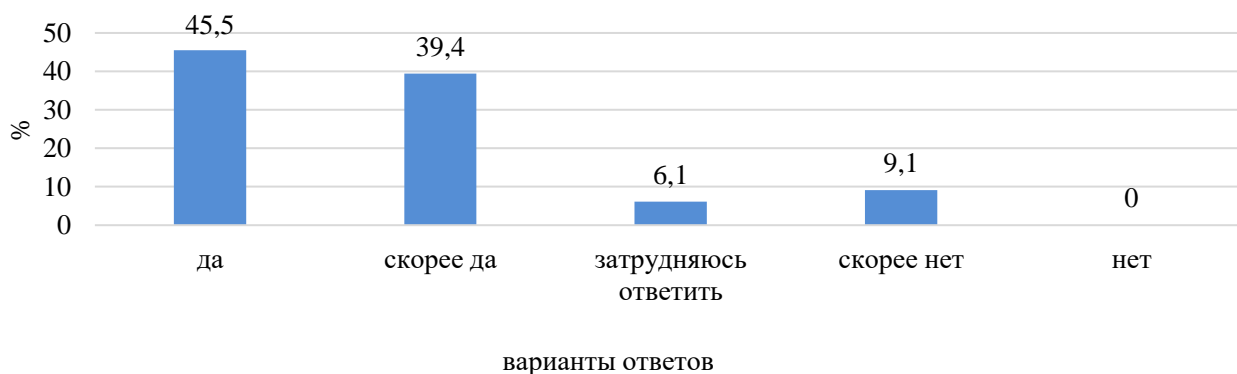


Рис. 5. Распределение ответов респондентов на вопрос «Испытываете ли вы трудности при внедрении STEAM-образования?»

Fig. 5. Distribution of respondents' answers to the question "Do you have any problems with STEAM education?"

В той или иной мере испытывают трудности при внедрении STEAM-образования 84,9 % опрошенных учителей. Такой высокий процентный показатель может говорить о том,

что учителями ведется работа по освоению STEAM-образования, однако при этом большинство из них указывает на необходимость методической поддержки (рис. 6).

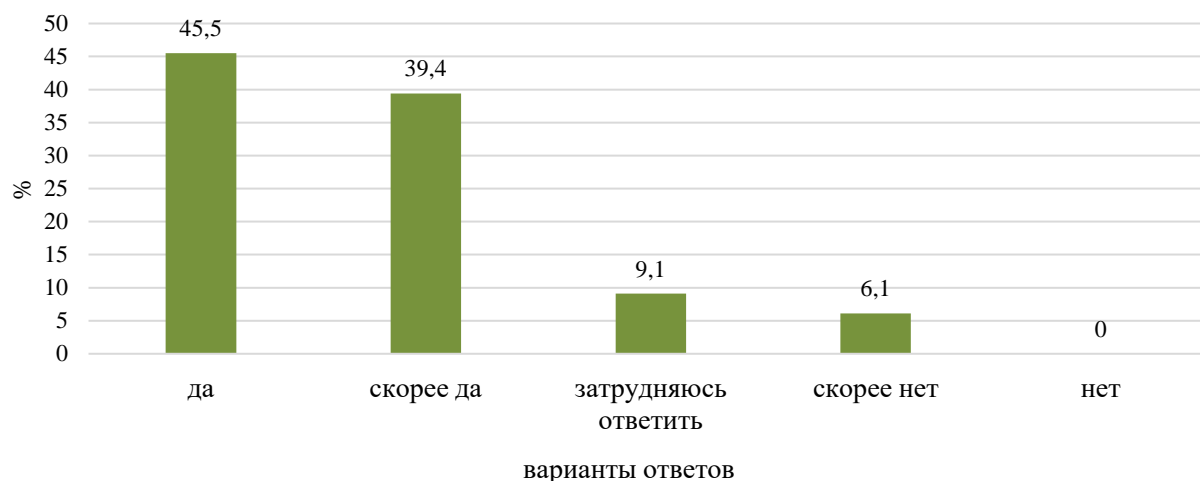


Рис. 6. Распределение ответов респондентов на вопрос «Необходима ли вам методическая помощь специалистов для внедрения STEAM-образования?»

Fig. 6. Distribution of respondents' answers to the question "Do you need expert guidance to implement STEAM education?"

Действительно, 84,9 % респондентов отметили, что им необходима методическая помощь специалистов для внедрения STEAM-образования, что демонстрирует заинтересованность и готовность к его реализации и дает основание предполагать, что при грамотной

методической поддержке доля заинтересованных и готовых к этой работе педагогов повысится.

Несколько иначе в процентном отношении выглядит распределение ответов респондентов на вопрос «Необходимы ли вам учебно-методические рекомендации для внедрения STEAM-образования?» (рис. 7).

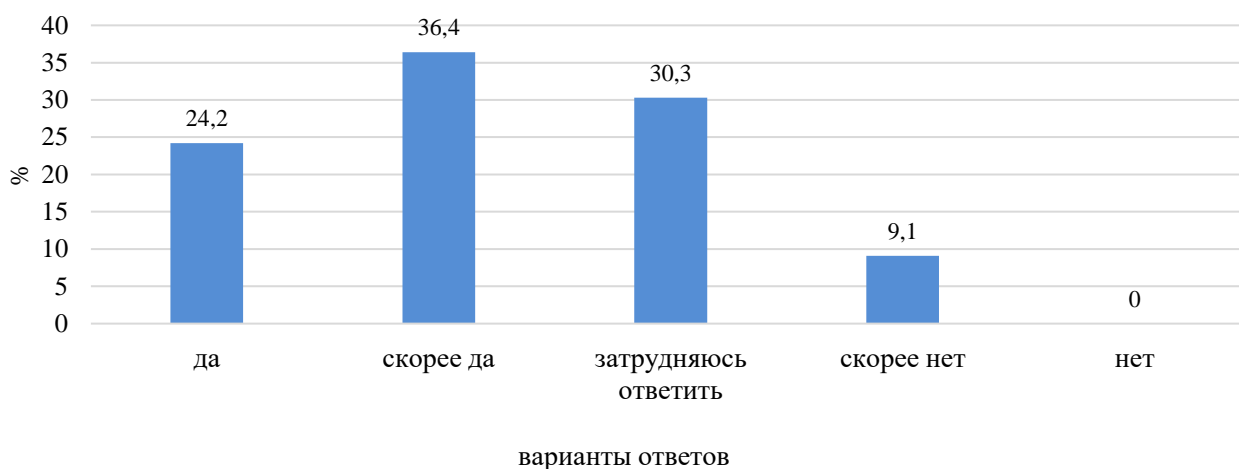


Рис. 7. Распределение ответов респондентов на вопрос «Необходимы ли вам учебно-методические рекомендации для внедрения STEAM-образования?»

Fig. 7. Distribution of respondents' answers to the question "Do you need educational guidelines for STEAM education?"

60,6 % респондентов ответили, что им необходимы учебно-методические рекомендации для внедрения STEAM-образования. Но при этом 30,3 % – значительная часть респондентов – в ответе на этот совершенно конкретный предметный вопрос высказала затруднение. Возможно, это именно та группа респондентов, которая плохо представляет себе суть подхода и механизмы его работы (ответы на вопрос 1); а это ставит задачу необходимости более глубокой работы с учителями, потенциально заинтересованными в инновациях, но не обладающими информацией об их сути. Это могут быть различные формы работы с учителями по освоению принципов и методик STEAM-образования, а вторым уровнем – консультации со специалистом в области STEAM-образования, предваряющие внедрение STEAM в образовательный процесс, так как сами по себе учебно-методические рекомендации не обеспечат полноценной помощи при овладении основами STEAM-образования, а также формами, способами и приемами его реализации.

В целом большинство респондентов подчеркнули необходимость и важность реализации STEAM-образования и свою заинтересованность в этом, что подтверждает наше предположение о необходимости включения в образовательный процесс в педагогическом вузе целенаправленной подготовки будущих учителей естественнонаучных учебных предметов к реализации STEAM-образования.

С целью определения направлений в подготовке будущих учителей естественнонаучных учебных предметов к реализации STEAM-образования была разработана модель STEAM-компетентности. STEAM-компетентность – интегративное качество педагога, которое развивается на основе академической грамотности в рамках образовательного стандарта высшего образования с акцентом на изучении педагогических технологий, на частных методиках преподавания естественно-научных предметов, методике проектного обучения, информационных технологиях в образовании и на стремлении к самообразованию.

Для конкретизации понятия и составляющих STEAM-компетентности учителей естественно-научных учебных предметов нами были проанализированы теоретические источники по трем категориям: «компетенции учащихся XXI в.», «компетенции специалиста XXI в.» и «компетенции педагога XXI в.». За основу, отражающую компетенции:

– учащихся, взяты концепция «4К», которая была принята на Всемирном экономическом форуме в Давосе в 2016 г. [12], номенклатура универсальных учебных действий (УУД) [4];

– специалистов, были взяты подходы по методологии TUNING [3], мягких, эмоциональных и лидерских навыков (SELS) [2];

– педагогов, взят образовательный стандарт высшего образования.

Суммируя все обозначенные источники, нами была разработана структура STEAM-компетентности учителя естественно-научных учебных предметов (рис. 8), которая состоит из четырех компонентов, содержащих набор конкретных компетенций [11].

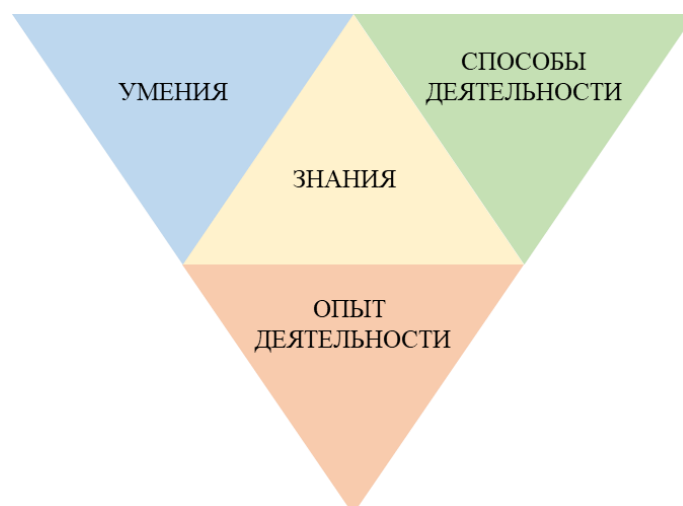


Рис. 8. Схематичное представление STEAM-компетентности по компонентам [11]

Fig. 8. Schematic representation of STEAM competence by components [11]

С целью формирования STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов была разработана учебная дисциплина «STEAM-подход в естественно-научном образовании». На втором этапе исследования по окончании изучения студентами учебной дисциплины «STEAM-подход в естественно-научном образовании» проведена с помощью тестирования диагностика сформированности каждого компонента STEAM-компетентности в контрольной (КГ) и в экспериментальной группах (ЭГ)

и определен коэффициент их сформированности.

С целью оценки сформированности STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов мы провели анализ уровня сформированности одного из ее компонентов – «Опыт деятельности». Компонент STEAM-компетентности «Опыт деятельности» носит рефлексивный характер. Он является эмоциональной оценкой освоенного учебного материала и отражает

степень готовности обучающегося к реализации STEAM-образования в профессиональной педагогической деятельности; он может выполнить функцию индикатора верности выдвинутых в нашем исследовании предположений.

Для выявления уровня сформированности личностного компонента STEAM-компетентности «Опыт деятельности» был использован метод анкетирования. По каждому элементу компонента была разработана серия кратких утверждений, для каждого из которых респонденты из ЭГ и КГ должны были выбрать тот или иной вариант ответа. Для оценки сформированности компонентов STEAM-компетентности будущих педагогов естественно-научных учебных предметов мы использовали пятиуровневую шкалу:

– данная составляющая проявляется слабо – 0,0–0,2;

– уровень сформированности ниже среднего – 0,21–0,4;

– средний уровень – 0,41–0,6;

– выше среднего – 0,61–0,8;

– проявляется сильно, высокий уровень – 0,81–1,0.

Анкетирование отражает диагностику на основе самооценки, в нем использовался банк из 29 вопросов. По итогу был рассчитан коэффициент сформированности компонента «Опыт деятельности».

Лепестковая диаграмма (рис. 9) наглядно показывает, что уровень сформированности компонента «Опыт деятельности» в ЭГ и КГ отличается, наблюдается значительный разрыв. Коэффициент сформированности компонента «Опыт деятельности» в ЭГ находится преимущественно на «орбитах» от 0,7 до 0,9, а в КГ – от 0,5 до 0,7.

Рис. 9. Коэффициенты сформированности компонента «Опыт деятельности»

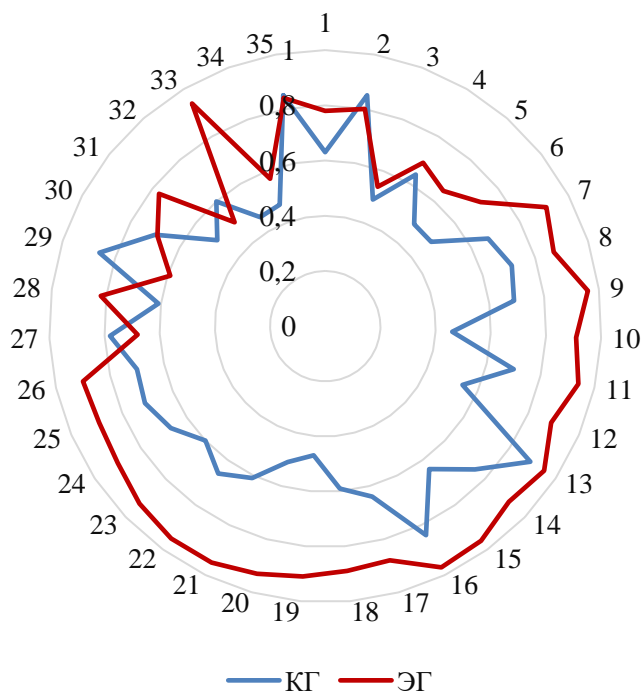


Fig. 9. Coefficients of formation of the component “Experience of activity”

Анализируя результаты ответов на каждый вопрос анкеты по оценке уровня сформированности компонента «Опыт деятельности», отметим, что при ответе на вопрос «Как бы вы оценили важность реализации STEAM-образования в Республике Беларусь» 89,2 % обучающихся из ЭГ указали уровень «важно» (отметка «4») и «очень важно» (отметка «5»), в КГ обучающиеся выбрали преимущественно ответ «важно» и в совокупности 81,2 % отметили необходимость реализации STEAM-образования в Республике Беларусь, что коррелирует с данными опроса педагогов (рис. 2).

При ответе на вопрос «Насколько бы вы оценили ваши компетенции по организации образовательного процесса в логике STEAM»

лишь 7,1 % респондентов из ЭГ отметили, что компетентны в вопросе организации образовательного процесса в логике STEAM и могут давать рекомендации другим, в то время как в КГ ни один из обучающихся не выбрал этот вариант ответа. В то же время 94,2 % респондентов КГ считают, что компетентны в вопросах организации STEAM-образования, однако не на высшем уровне. Анализ таких комбинаций распределения ответов по группам (рис. 10) позволяет предположить, что высокая оценка обучающихся КГ своей компетентности по организации образовательного процесса в логике STEAM порождена недостаточной их осведомленностью о STEAM-образовании.

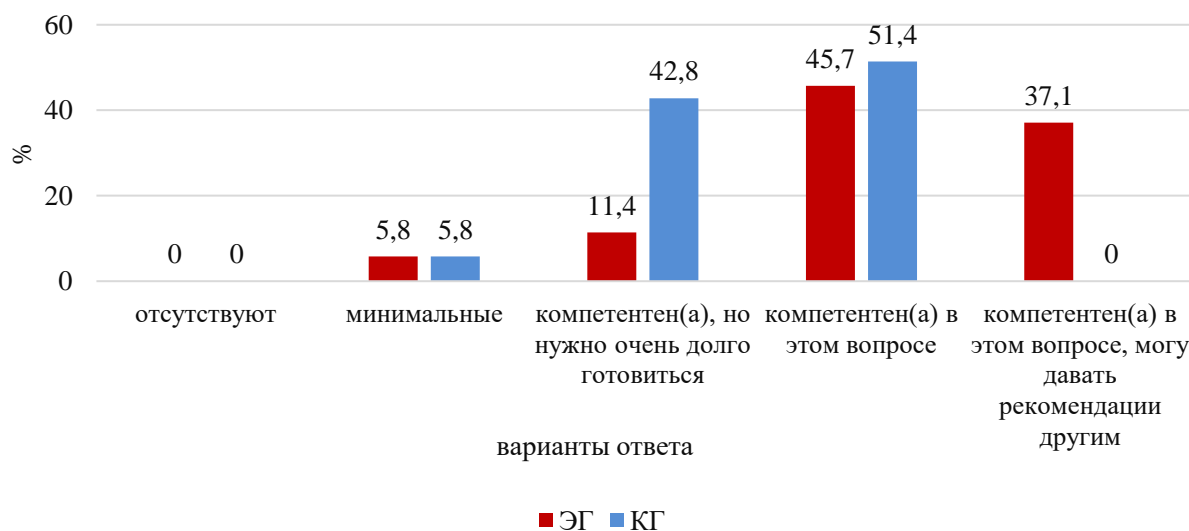


Рис. 10. Распределение ответов респондентов на вопрос «Насколько бы вы оценили ваши компетенции по организации образовательного процесса в логике STEAM»

Fig. 10. Distribution of respondents' answers to the question "How would you rate your competence in organizing the educational process in the STEAM logic"

При ответе на вопрос «Готовы ли к самостоятельному освоению новых технологий и подходов для реализации STEAM-образования?» 48,5 % обучающихся из ЭГ отметили,

что готовы к самостоятельному освоению новых технологий и подходов для реализации STEAM-образования и будут делать это целенаправленно, и этот показатель в ЭГ на 25,6 % выше, чем в КГ (рис. 11).

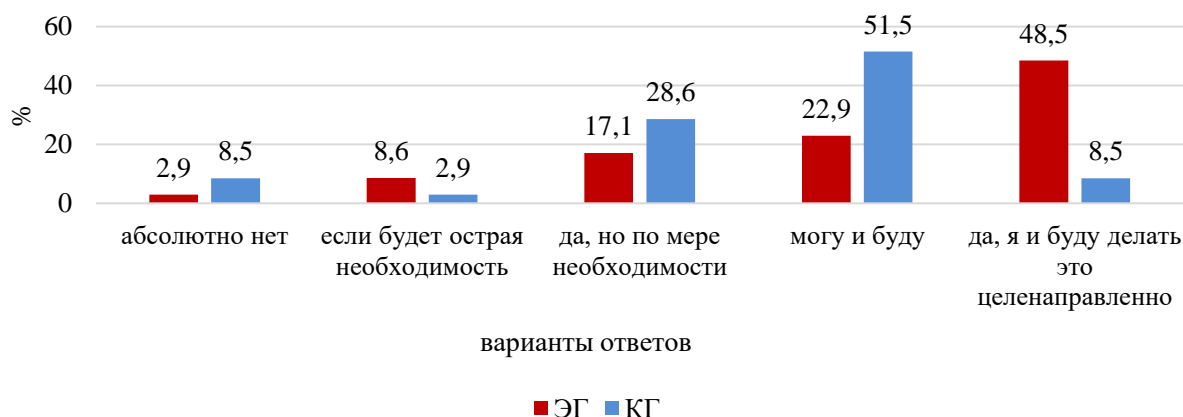


Рис. 11. Распределение ответов респондентов на вопрос «Готовы ли к самостоятельному освоению новых технологий и подходов для реализации STEAM-образования?»

Fig. 11. Distribution of respondents' answers to the question "Are you ready for the independent development of new technologies and approaches for the implementation of STEAM education?"

Заключение

Результаты проведенного исследования дают основания считать, что формирование STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов целесообразно осуществлять на основе системы методической подготовки, ключевым элементом которой является учебная дисциплина «STEAM-подход в естественно-научном образовании». Проведенное исследование подтвердило целесообразность формирования STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов.

С целью подготовки будущих учителей к реализации STEAM-образования была разработана структура STEAM-компетентности, состоящая из четырех компонентов: «Знания», «Умения», «Способ деятельности» и «Опыт деятельности». Для оценки уровня сформированности каждого компонента STEAM-компетентности была разработана система диагностики, состоящая из тестовых заданий и анкетирования.

Подготовка студентов, которые в будущем, работая учителями естественно-научных учебных предметов, смогут преподавать свой предмет в логике STEAM, требует введения в образовательные программы дополнительных учебных дисциплин. Такой опыт реализован на факультете естествознания Белорусского государственного педагогического университета им. Максима Танка: в 2020 г. в учебные планы была введена учебная дисциплина «STEAM-подход в естественно-научном образовании», цель которой – формирование STEAM-компетентности будущих учителей естественно-научных учебных предметов.

Уровень сформированности компонента STEAM-компетентности «Опыт деятельности» отражает наличие у будущих учителей личностной мотивации и готовности к деятельности в логике STEAM. Он формируется в ходе подготовки будущих учителей к профессиональной деятельности. Экспериментальный срез по компоненту «Опыт деятельности», проведенный методом анкетиро-

вания, показал, что коэффициент его сформированности в ЭГ, прошедшей обучение по дисциплине «STEAM-подход в естественно-научном образовании», находится преимущественно на уровне от 0,7 до 0,9; в КГ, не изучавшей дисциплину, этот показатель составил от 0,5 до 0,7.

Исследование показало, что преобладающая часть обучающихся высоко оценивает важность реализации STEAM-образования (89,2 % в ЭГ и 81,2 % в КГ). Высокая оценка обучающихся совпадает с аналогичной оценкой, полученной при опросе действующих учителей естественно-научных учебных предметов. Более 75 % учителей естественно-научных учебных предметов учреждений общего среднего образования отметили необходимость реализации STEAM-образования. Почти 80 % учителей, принявших участие в анкетировании, выразили заинтересованность во внедрении STEAM-образования в образовательный процесс вуза и учреждений общего

среднего образования. При этом подавляющее большинство указало, что испытывают трудности при внедрении STEAM-образования в учебный процесс даже при наличии учебно-методических руководств. Это обуславливает необходимость разработки системы мероприятий для целенаправленной подготовки учителей естественно-научных учебных предметов к реализации STEAM-образования, т. е. повышения их STEAM-компетентности.

Совокупные результаты всех этапов проведенного исследования подтверждают предположение о том, что целенаправленная подготовка будущих учителей естественно-научных учебных предметов к реализации STEAM-образования актуальна, необходима, и напрямую определяет эффективность подготовки современных учителей естественно-научных учебных предметов, чьи компетенции соответствуют вызовам и требованиям, предъявляемым к педагогу XXI в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимбекова Г. Б., Бабаев Д., Айдарбекова А. А. Особенности организации STEM-образования // Известия вузов Кыргызстана. – 2018. – № 4. – С. 126–129. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36605268>
2. Анисимова Т. И., Сабирова Ф. М., Шатунова О. В. Формирование образовательной среды нового качества в рамках подготовки педагогов дополнительного образования для реализации STEAM // Экономические и гуманитарные исследования регионов. – 2021. – № 4. – С. 14–19. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46521765>
3. Баяндина О. В. Анализ подходов к пониманию категории «Универсальные компетенции» // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – № 71-1 – С. 38–41. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46491105>
4. Бюллер А. Г., Меркушева М. Е. Из опыта разработки системы оценивания и развития метапредметных УУД // Пермский педагогический журнал. – 2018. – № 9. – С. 11–15. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36869720>
5. Вычужанина С. В. Организация внеурочной деятельности с использованием STEAM-технологии // Научно-методический журнал Поиск. – 2019. – № 3. – С. 16–18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41271207>
6. Григорьев С. Г., Курносенко М. В. Внедрение элементов STEM-образования в подготовку педагогов по профилю «Информатика и технологии» // Известия института педагогики и



- психологии образования. – 2018. – № 2. – С. 5–13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35260903>
7. Кондаков А. М., Костылева А. А. Цифровое образование: от школы для всех к школе для каждого // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2019. – № 4. – С. 295–307. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2019-16-4-295-307> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42358361>
 8. Конюшенко С. М., Жукова М. С., Мошева Е. А. STEM vs STEAM-образование: изменение понимания того, как учить // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. – 2018. – № 2. – С. 99–103. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35248833>
 9. Печерская Е. А., Савеленок Е. А., Артамонов Д. В. Вовлечение студентов в научно-исследовательскую работу в университете: механизм и оценка эффективности // Инновации. – 2017. – № 8. – С. 96–104. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30771399>
 10. Сологуб Н. С., Аршанский Е. Я. Особенности построения учебной дисциплины «STEAM-подход в естественнонаучном образовании» в контексте подготовки будущих учителей естественнонаучных учебных предметов // Вышэйшая школа. – 2021. – № 3. – С. 47–52. URL: <https://elibrary.ru/qdkihn>
 11. Сологуб Н. С., Аршанский Е. Я. STEAM-компетентность как интегративное качество современного педагога // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя П.М. Машэрава. – 2022. – № 1. – С. 54–65. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48213768>
 12. Aguilera D., Ortiz-Revilla J. STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review // Education Sciences. – 2021. – Vol. 11 (7). – P. 331–345. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
 13. Belbase S., Mainali B. R., Kasemsukpipat W., Tairab H., Gochoo M., Jarrah A. At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. – 2022. – Vol. 53 (11). – P. 2919–2955. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
 14. Bertrand M. G., Namukasa I. K. STEAM education: student learning and transferable skills // Journal of Research in Innovative Teaching & Learning. – 2020. – Vol. 13 (1). – P. 43–56. DOI: <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>
 15. Cedere D., Birzina R., Pigozne T., Vasilevskaya E. Perceptions of Today's Young Generation about Meaningful Learning of STEM // Problems of Education in the 21st Century. – 2020. – Vol. 78 (6). – P. 920–932. DOI: <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.920>
 16. Conradt C., Bogner F. X. STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation // Smart Learning Environments. – 2020. – Vol. 7 (1). – P. 26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
 17. Dubek M., DeLuca C., Rickey N. Unlocking the potential of STEAM education: How exemplary teachers navigate assessment challenges // The Journal of Educational Research. – 2021. – Vol. 114 (6). – P. 513–525. DOI: <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1990002>
 18. Fadzil H. M., Saat R. M., Awang K., Adli D. S. H. Students' perception of learning STEM-related subjects through scientist-teacher-student partnership (STSP) // Journal of Baltic Science Education. – 2019. – Vol. 18 (4). – P. 537–548. DOI: <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.537>



19. Holbrook J., Rannikmäe M., Soobard R. STEAM Education – A Transdisciplinary Teaching and Learning Approach // *Science Education in Theory and Practice*. – 2020. – P. 465–477. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_31
20. Lee Y. Examining the Impact of STEAM Education Reform on Teachers’ Perceptions about STEAM in Uzbekistan // *Asia-Pacific Science Education*. – 2021. – Vol. 7 (1). – P. 34–63. DOI: <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10025>
21. Lytra N., Drigas A. STEAM education- metacognition – Specific Learning Disabilities // *Scientific Electronic Archives*. – 2021. – Vol. 14 (10). – P. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.36560/141020211442>
22. Ozkan G., Umdu Topsakal U. Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students’ creativity // *International Journal of Technology and Design Education*. – 2019. – Vol. 31. – P. 95–116. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
23. Perignat E., Katz-Buonincontro J. STEAM in practice and research: An integrative literature review // *Thinking Skills and Creativity*. – 2019. – Vol. 31 (1). – P. 31–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
24. Tran N.-H., Huang C.-F., Hung J.-F. Exploring the Effectiveness of STEAM-Based Courses on Junior High School Students’ Scientific Creativity // *Frontiers in Education*. – 2021. – Vol. 6. – P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3389/educ.2021.666792>

Поступила: 07 апреля 2023

Принята: 9 сентября 2023

Опубликована: 31 октября 2023

Заявленный вклад авторов:

Сологуб Наталья Станиславовна: концепция и дизайн исследования, организация исследования, сбор эмпирического материала, выполнение статистических процедур, интерпретация результатов.

Науменко Наталья Владимировна: литературный обзор, проведение сравнительного анализа, формулировка выводов, оформление текста статьи.

Айзман Роман Иделевич: литературный обзор, итоговая переработка статьи, критический пересмотр текста рукописи.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи



Информация об авторах

Сологуб Наталья Станиславовна

старший преподаватель, заместитель декана по научной работе,
кафедра географии и методики преподавания географии,
факультет естествознания,
Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
ул. Советская, 18, 220030, г. Минск, Республика Беларусь.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3423-7451>
E-mail: sologub.n.s@gmail.com

Науменко Наталья Владимировна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета естествознания,
кафедра географии и методики преподавания географии,
факультет естествознания,
Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
ул. Советская, 18, 220030, г. Минск, Республика Беларусь.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-0970-2416>
E-mail: nata-n15@mail.ru

Айзман Роман Иделевич

доктор биологических наук, профессор, директор,
НИИ Здоровья и безопасности,
кафедра анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности,
Новосибирский государственный педагогический университет,
ул. Виллюйская, 28, 630126, г. Новосибирск, Россия.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7776-4768>
E-mail: aizman.roman@yandex.ru



Evaluating STEAM-competence of prospective natural science teachers

Natallia S. Salahub ¹, Natallia V. Navumenka¹, Roman I. Aizman²

¹ Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, Minsk, Belarus

² Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

Introduction. The article studies the problem of developing STEAM competence in undergraduates pursuing their first degree in natural science education. The authors justify the necessity of introducing the discipline called 'STEAM-approach in natural science education' into the curriculum. The purpose of the article is to assess the readiness of future teachers of natural science subjects to implement STEAM education.

Materials and Methods. The research methodology follows integrative, complex and contextual principles and the essential ideas of STEAM education aimed at the formation of STEAM-competencies in future natural science teachers.

The authors summarized existing approaches to identifying key competencies, developed the structure of STEAM competence and designed the syllabus for 'STEAM approach in natural science education' discipline. The academic discipline 'STEAM approach in natural science education' was integrated in the curriculum of 'Biology and Geography' undergraduate programme and tested in the educational process.

Final evaluating procedures which assessed the level of developing the components of STEAM competence included the comparative analysis of data obtained by means of questionnaires of teachers and students and the comparative assessment of some components of the STEAM competence in the control and experimental groups.

Experimental work was conducted in secondary education settings in the Republic of Belarus and in the Faculty of Natural Sciences at Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank. The study involved 33 natural science teachers and 70 undergraduates doing their first degrees in the Faculty of Natural Sciences at BSPU named after Maxim Tank. The methods of theoretical analysis, comparison, questionnaire, testing, and statistical data processing were used in the study.

For citation

Salahub N. S., Navumenka N. V., Aizman R. I. Evaluating STEAM-competence of prospective natural science teachers. *Science for Education Today*, 2023, vol. 13 (5), pp. 7–30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2305.01>

  Corresponding Author: Natallia S. Salahub, sologub.n.s@gmail.com

© Natallia S. Salahub, Natallia V. Navumenka, Roman I. Aizman, 2023



Results. *In the course of the research, the need for the formation of STEAM competence in future teachers of natural science subjects is substantiated; a system of their preparation for the implementation of STEAM education is developed and justified.*

The results of experimental work confirm that the effectiveness of training future natural science teachers to implement STEAM approach is determined by academic disciplines, which involve students in STEAM education.

Conclusions. *The results obtained prove the effectiveness of developing STEAM competence in future natural science teachers by means of targeted method training provided at the first stage of higher education. Teaching ‘STEAM approach in natural science education’ discipline as one of the elements of future teachers’ method preparation for implementing STEAM education contributes to the improvement of their STEAM competence.*

Keywords

Education; Natural science education; Natural science teachers; STEAM education; Competence; STEAM competence; STEAM approach.

REFERENCES

1. Alimbekova G. B., Babaev D., Ajdarbekova A. A. Features of the organization of STEM-education. *News of Universities of Kyrgyzstan*, 2018, no. 4, pp. 126–129. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36605268>
2. Anisimova T. I., Sabirova F. M., Shatunova O. V. Formation of educational environment of new quality in the framework of training of teachers of additional education for the implementation of STEAM. *Economic and Humanitarian Studies of the Regions*, 2021, no. 4, pp. 14–19. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46521765>
3. Bayandina O. V. Analysis of approaches to understanding the “universal competencies” category. *Problems of Modern Pedagogical Education*, 2021, no. 71-1, pp. 38–41. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46491105>
4. Byuller A. G., Merkusheva M. E. From the experience of developing a system of assessment and development of meta-subject universal learning activities. *Perm Pedagogical Journal*, 2018, no. 9, pp. 11–15. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36869720>
5. Vy`chuzhanina S. V. Organization of extracurricular activities using STEAM technology. *Scientific and Methodological Journal Search*, 2019, no. 3 (67), pp. 16–18. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41271207>
6. Grigoriev S. G., Kurnosenko M. V. Introduction of elements of STEM education in the training of teachers in the profile “Informatics and technology”. *Izvestiya Institute of Pedagogy and Psychology of Education*, 2018, no. 2, pp. 5–13. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35260903>
7. Kondakov A. M., Kosty`leva A. A. Digital education: From school for all to school for each. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2019, vol. 16 (4), pp. 295–307. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2019-16-4-295-307> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42358361>
8. Konyushenko S. M., Zhukova M. S., Mosheva E. A. STEAM vs STEAM-education: Changing the understanding of how to teach. *Proceedings of the Baltic State Academy of Fishing Fleet: Psychological and Pedagogical Sciences*, 2018, no. 2, pp. 99–103. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35248833>



9. Pecherskaya E. A., Savelenok E. A., Artamonov D. V. Involving students in research work at the university: The mechanism and evaluation of efficiency. *Innovations*, 2017, no. 8, pp. 96–104. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30771399>
10. Sologub N. S., Arshanskij E. Ya. Features of the construction of the academic discipline “STEAM-approach in natural science education” in the context of training future teachers of natural science subjects. *High School*, 2021, no. 3, pp. 47–52. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/qdkihn>
11. Sologub N. S., Arshanskij E. Ya. STEAM-competence as an integrative quality of a modern teacher. *P. M. Masherov Bulletin of Vitebsk State University*, 2022, no. 1, pp. 54–65. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48213768>
12. Aguilera D., Ortiz-Revilla J. STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 2021, vol. 11 (7), pp. 331–345. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
13. Belbase S., Mainali B. R., Kasemsukpipat W., Tairab H., Gochoo M., Jarrah A. At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 2022, vol. 53 (11), pp. 2919–2955. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
14. Bertrand M. G., Namukasa I. K. STEAM education: student learning and transferable skills. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 2020, vol. 13 (1), pp. 43–56. DOI: <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>
15. Cedere D., Birzina R., Pigozne T., Vasilevskaya E. Perceptions of today’s young generation about meaningful learning of STEM. *Problems of Education in the 21st Century*, 2020, vol. 78 (6), pp. 920–932. DOI: <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.920>
16. Conradty C., Bogner F. X. STEAM teaching professional development works: Effects on students’ creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 2020, vol. 7 (1), pp. 26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
17. Dubek M., DeLuca C., Rickey N. Unlocking the potential of STEAM education: How exemplary teachers navigate assessment challenges. *The Journal of Educational Research*, 2021, vol. 114 (6), pp. 513–525. DOI: <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1990002>
18. Fadzil H. M., Saat R. M., Awang K., Adli D. S. H. Students’ perception of learning STEM-related subjects through scientist-teacher-student partnership (STSP). *Journal of Baltic Science Education*, 2019, vol. 18 (4), pp. 537–548. DOI: <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.537>
19. Holbrook J., Rannikmäe M., Soobard R. STEAM Education – a transdisciplinary teaching and learning approach. *Science Education in Theory and Practice*, 2020, pp. 465–477. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_31
20. Lee Y. Examining the impact of STEAM education reform on teachers’ perceptions about STEAM in Uzbekistan. *Asia-Pacific Science Education*, 2021, vol. 7 (1), pp. 34–63. DOI: <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10025>
21. Lytra N., Drigas A. STEAM education- metacognition – specific learning disabilities. *Scientific Electronic Archives*, 2021, vol. 14 (10), pp. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.36560/141020211442>
22. Ozkan G., Umdu Topsakal U. Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students’ creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 2019, vol. 31 (1), pp. 95–116. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
23. Perignat E., Katz-Buonincontro J. STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 2019, vol. 31, pp. 31–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>



24. Tran N.-H., Huang C.-F., Hung J.-F. Exploring the effectiveness of STEAM-Based courses on junior high school students' scientific creativity. *Frontiers in Education*, 2021, vol. 6, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.666792>

Submitted: 07 April 2023

Accepted: 9 September 2023

Published: 31 October 2023



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

The authors' stated contribution:

Natallia Stanislavovna Salahub

Contribution of the co-author: concept and design of the study, organization of the study, collection of empirical material, implementation of statistical procedures, interpretation of results.

Natallia Vladimirovna Navumenka

Contribution of the co-author: literary review, comparative analysis, formulation of conclusions, design of the text of the article.

Roman Idelevich Aizman

Contribution of the co-author: literary review, final revision of the article, critical revision of the manuscript text.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

Information about the Authors

Natallia Stanislavovna Salahub

Senior Teacher, Vice-dean of Academic Affairs,
Department of Geography and Methods of Teaching Geography,
Faculty of Natural Sciences,
Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,
18 Sovetskaya Street, 220050, Minsk, Belarus.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3423-7451>
E-mail: sologub.n.s@gmail.com





Natallia Vladimirovna Navumenka

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty,
Department of Geography and Methods of Teaching Geography,
Faculty of Natural Sciences,
Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,
18 Sovetskaya Street, 220050, Minsk, Belarus.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-0970-2416>
E-mail: nata-n15@mail.ru

Roman Idelevich Aizman

Doctor of Biological Sciences, Professor, Director,
Research Institute of Health and Safety,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety,
Novosibirsk State Pedagogical University,
st. Vilyuiskaya, 28, 630126, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7776-4768>
E-mail: aizman.roman@yandex.ru