



Исследование представлений учителей о реализации интегративного подхода в школьном естественнонаучном образовании

Н. В. МОРГАЧЕВА, Е. Б. СОТНИКОВА, С. В. ЩЕРБАТЫХ

АННОТАЦИЯ

Введение. Новое качество школьного естественнонаучного образования, объединяющим высокий уровень естественнонаучной грамотности школьников и высокие предметные результаты, обусловлено интеграцией естественнонаучных дисциплин между собой и с дисциплинами других предметных циклов. Существующие модели интегративного естественнонаучного образования не всегда жизнеспособны в условиях школьных реалий. *Цель данной статьи* – анализ реализации интегративного подхода в школьном естественнонаучном образовании.

Материалы и методы. Изучение передовых образовательных практик произведено посредством метода интервьюирования учителей химии, физики, биологии. Предварительно перед интервьюированием проведено анкетирование участников. Выборку составляют 25 учителей средних общеобразовательных школ 23 субъектов РФ (городов: Горно-Алтайск, Назрань, Набережные Челны, Новороссийск, Пермь, Старый Оскол, Губкин, Волжский, Воронеж, Обнинск, Шадринск, Санкт-Петербург, Елец, Липецк, Москва, Дзержинск, Новосибирск, Орёл, Волгодонск, Сызрань, Новокуйбышевск, Ржев, Томск, Новомосковск, Дмитровград). Результаты анкетирования обрабатывались с помощью метода статистической обработки данных t-теста для независимых выборок.

Результаты. Внутрипредметная интеграция является обязательным условием интегративного естественнонаучного образования, однако только 32% учителей используют внутрипредметную интеграцию для достижения целостности понимания учащимися естественнонаучного знания. Межпредметная интеграция наиболее часто реализуется с предметами естественнонаучного цикла (100%), математики (80%), информатики (56%), гуманитарными дисциплинами (44%). Большинство учителей физики и химии практиковали неравноправную интеграцию. Для учителей биологии напротив было характерно реализовать равноправную интеграцию на уроке. Это подтверждено статистически: различия между физиками и химиками статистически не значимы ($t_{эмп}=1,016$), статистически значимы между физиками и биологами ($t_{эмп}=4,103$, $p < 0,001$), между химиками и биологами ($t_{эмп}=3,321$; $p < 0,01$). С методической точки зрения интеграция естественнонаучного знания обеспечивается за счет проблемно-поискового метода обучения (100%), проектно-исследовательской деятельности (68%), технологии STE(A)M-образования (36%). Были обнаружены существенные отличия между учителями исследуемых предметов в интерпретации проблемно-поискового подхода. Различия между физиками и химиками в вопросе использования практикоориентированных методов как источника проблемно-поисковой деятельности статистически не значимы ($t_{эмп}=1,109$), статистически значимы различия между химиками и биологами на уровне 0,001 ($t_{эмп}=5,101$, $p < 0,001$), между физиками и биологами на уровне 0,01 ($t_{эмп}=2,844$, $p < 0,01$).

Заключение. Исследование показало, что интегративный подход в школьном естественнонаучном образовании обладает достаточно мощным образовательным потенциалом, однако его тиражирование до сих пор ограничивается на уровне системной организации образовательного процесса в современной школе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

интегративный подход, естественнонаучное образование, естественнонаучная грамотность, внутрипредметная интеграция, межпредметная интеграция, проблемно-поисковый метод, проектно-исследовательская деятельность

Для цитирования: Моргачева Н. В., Сотникова Е. Б., Щербатых С. В. Исследование представлений учителей о реализации интегративного подхода в школьном естественнонаучном образовании // Перспективы науки и образования. 2025. № 1. С. 242–257. <https://doi.org/10.32744/pse.2025.1.16>

Поступила: 13.08.2024 | Одобрена: 13.11.2024 | Опубликовано: 28.02.2025



Лицензия «С указанием авторства — С сохранением условий». Позволяет перерабатывать, исправлять и развивать произведения при условии указания авторства и лицензирования производных работ на аналогичных условиях.



A study of teachers' perceptions of the implementation of an integrated approach in school science education

N. V. MORGACHEVA, E. B. SOTNIKOVA, S. V. SHCHERBATYKH

ABSTRACT

Introduction. The new quality of school natural science education, combining a high level of natural science literacy of schoolchildren and high subject results, is due to the integration of natural science disciplines among themselves and with disciplines of other subject cycles. Existing models of integrative natural science education are not always viable in the conditions of school realities. *The article aims* to analyze the implementation of the integrative approach in school natural science education.

Materials and methods. The study of advanced educational practices was carried out by means of interviewing teachers of chemistry, physics, and biology. Before the interviewing, a questionnaire was conducted among the participants. The sample consists of 25 teachers from secondary schools in 23 subjects of the Russian Federation (cities: Gorno-Altaysk, Nazran, Naberezhnye Chelny, Novorossiysk, Perm, Stary Oskol, Gubkin, Volzhsky, Voronezh, Obninsk, Shadrinsk, St. Petersburg, Yelets, Lipetsk, Moscow, Dzerzhinsk, Novosibirsk, Orel, Volgograd, Syzran, Novokuibyshevsk, Rzhnev, Tomsk, Novomoskovsk, Dimitrovgrad). The survey results were processed using the statistical data processing method t-test for independent samples.

Results. Intra-subject integration is a mandatory condition of integrative natural science education, however, only 32% of teachers use intra-subject integration to achieve the integrity of students' understanding of natural science knowledge. Inter-subject integration is most often implemented with subjects of the natural science cycle (100%), mathematics (80%), computer science (56%), and humanities (44%). Most physics and chemistry teachers practiced unequal integration. On the contrary, it was typical for biology teachers to implement equal integration in the lesson. This is confirmed statistically: the differences between physicists and chemists are statistically insignificant ($t_{\text{emp}}=1.016$), statistically significant between physicists and biologists ($t_{\text{emp}}=4.103$; $p<0.001$), and between chemists and biologists ($t_{\text{emp}}=3.321$; $p<0.01$). From the methodological point of view, the integration of natural science knowledge is ensured by the problem-based approach to teaching (100%), project-based research activities (68%), and STE(A)M education technology (36%). Significant differences were found between teachers of the subjects under study in their interpretation of the problem-based approach. The differences between physicists and chemists in the use of practice-oriented methods as a source of problem-based approach are statistically insignificant ($t_{\text{emp}}=1.109$), the differences between chemists and biologists are statistically significant at the 0.001 level ($t_{\text{emp}}=5.101$; $p<0.001$), and between physicists and biologists at the 0.01 level ($t_{\text{emp}}=2.844$; $p<0.01$).

Conclusion. The study showed that the integrative approach in school natural science education has a fairly powerful educational potential, but its replication is still limited at the level of the systemic organization of the educational process in a modern school.

KEYWORDS

integrative approach, natural science education, natural science literacy, intra-subject integration, inter-subject integration, problem-search method, project-research activity

For Citation: Morgacheva, N. V., Sotnikova, E. B., & Shcherbatykh, S. V. (2025). A study of teachers' perceptions of the implementation of an integrated approach in school science education. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*, (1), 242–257. <https://doi.org/10.32744/pse.2025.1.16>

Received: 13 August 2024 | Approved: 13 November 2024 | Published: 28 February 2025



This is an open access article distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike International License (CC-BY-SA 4.0) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal

ВВЕДЕНИЕ

Естественнонаучное образование сегодня – это один из ключевых приоритетов развития высокотехнологического общества. Об особом внимании к естественнонаучному образованию свидетельствует тот факт, что естественнонаучная грамотность – это один из ключевых показателей качества образования согласно международным сопоставительным исследованиям TIMSS и PISA, которые проводятся Организацией Экономического Сотрудничества и Развития OECD и Международной ассоциацией по оценке учебных достижений IEA.

Генезис естествознания и соответствующей области педагогической теории и практики осуществляется в единстве процессов интеграции и дифференциации. На уровне измеримого результата этот феномен определяется, по мысли Л.В. Королевой, М.Ю. Королева, Е.Б. Петровой, как сформированность естественнонаучной картины мира, или сплав естественнонаучного мировоззрения и естественнонаучной грамотности [5]. Неслучайно ценность естественнонаучной грамотности признается на уровне мирового сообщества, в пользу чего свидетельствует постоянство диагностики ее состояния у школьников Международной программой по оценке образовательных достижений учащихся, которая инициирована Организацией экономического сотрудничества и развития (С. Съеберг, Э. Дженкинс [24]).

А.Ю. Пентин, Г.С. Ковалева, Е.И. Давыдова, Е.С. Смирнова в обстоятельном анализе результатов TIMSS и PISA по естественнонаучной грамотности российских школьников пришли к достаточно противоречивым выводам. Авторы отмечают, что по результатам всех исследований TIMSS российские четвероклассники занимают лидирующие позиции в отличие от восьмиклассников. По результатам исследований PISA пятнадцатилетних школьников выявлены очевидные дефициты их естественнонаучной грамотности при незначительной положительной динамике [12]. А.Ю. Пентин, Г.С. Ковалева, Е.И. Давыдова, Е.С. Смирнова делают вывод, что парадоксальность ситуации заключается в том, что не выявлены объективные детерминанты высоких результатов оценки естественнонаучной грамотности российских четвероклассников: количество часов, отводимых на изучение дисциплины «Окружающий мир», ниже, чем у стран-лидеров, содержание этого предмета не охватывает все разделы естественнонаучной грамотности. К факторам, способным влиять положительно на уровень естественнонаучной грамотности, относится наличие постоянной домашней работы и высокая степень вовлеченности родителей в ее подготовку [12].

Тем не менее, авторы утверждают, что в основе систем оценки естественнонаучной грамотности TIMSS и PISA лежит интегрированный характер естественнонаучной картины мира. И если для четвероклассников интегрированный характер естественнонаучной грамотности привносится из внешкольных источников (дополнительное образование, мультимедийный контент), то для старших детей основной дефицит – это применение интегрированного естественнонаучного знания в практике [12]. А в данном контексте может наступить угроза несформированности естественнонаучной грамотности при высоком уровне естественнонаучных знаний, поскольку интеграция знаний – есть, по мысли Н.М. Мамедова, С.Е. Мансуровой, основа естественнонаучной грамотности [8].

Говоря об интегративном подходе как о фундаментальном методологическом подходе естественных наук, необходимо учитывать его нацеленность на обеспечение целостности компонентов естествознания, представленных в виде дифференциальных дисциплин, таких как физика, химия, биология и пр., а также естественнонаучного образования (М.С. Пак [11]).

Ю.А. Лукин отмечает, что при апелляции к интегративному подходу как методологическому инструменту необходимо учитывать, что интеграция представляет собой, с одной стороны, процесс, с другой, – результат данного процесса [6]. В данном контексте с содержательной точки зрения интегративный подход в естественнонаучном образовании есть процессы и результаты такой связи компонентов естествознания, которые существенно усиливают их взаимосвязанность. С процессуальной точки зрения речь идет об образовательных практиках, позволяющих обеспечить овладение учащимися интегрированным конструктом естественнонаучного знания, интегрировать компоненты естественнонаучного знания. С результативной точки зрения – это естественнонаучное мировоззрение и естественнонаучная грамотность обучающихся.

Ю.А. Лукин при исследовании феномена педагогической интеграции обращается к физической концепции резонанса, экстраполируя закономерности, обеспечивающие резонансные

колебания, на социальные системы. Суть данной экстраполяции заключается в том, что «при наступлении благоприятных условий осциллятор (колебательная система) отбирает от внешнего источника максимальную энергию в единицу времени» [6, с. 78]. Теория резонанса в данном контексте позволяет продуктивно оценить очевидную проблему современного российского естественнонаучного образования.

С одной стороны, на уровне результата наблюдается разрыв между результатами подготовки одаренных детей в естественнонаучной области и среднестатистическим уровнем естественнонаучной грамотности школьников. Например, место Российской команды школьников в рейтинге международной олимпиады по физике – 2-е (43 золотые медали за последние 10 лет), международной олимпиады по химии – 6-е (21 золотая медаль за последние 10 лет), международной олимпиады по биологии – 5-е (21 золотая медаль за последние 10 лет), международной естественнонаучной олимпиады – 3-е (65 золотых медалей). Вместе с тем, место России в международном рейтинге по результатам оценки PISA естественнонаучной грамотности школьников колеблется от 37 до 32, что является неплохим, но далеко не лучшим результатом.

С другой стороны, на уровне процесса также наблюдается существенный разрыв между авторскими и массовыми образовательными практиками. В частности, в части российских школ развивается система STE(A)M-образования, ориентированная на междисциплинарный результат (А.С. Обухов, С.А. Ловягин [10]), большую роль в развитии естественнонаучного образования как интегральной системы играют региональные образовательные проекты (В.И. Луцик, А.Е. Соболев, Д.С. Исаев [7]). Однако по количеству учебных часов, отводимых основными образовательными программами согласно ФГОС общего образования на дисциплины естественнонаучного цикла, Россия далеко не в лидерах стран.

Следовательно, опыт подготовки одаренных учащихся в естественнонаучной сфере не вызвал резонанс в массовой образовательной практике. С целью анализа реализации интегративного подхода в школьном естественнонаучном образовании было проведено исследование, ход и результаты которого представлены в статье. Мы считаем, что изучение опыта учителей, практикующих в той или иной мере интегративный подход в школьном естественнонаучном образовании, способствует усилению резонирования успешных образовательных практик. Для достижения данного эффекта мы ориентируемся на решение следующих задач:

- изучить опыт учителей по преподаванию естественнонаучных дисциплин на основе интегративного подхода;
- определить сдерживающие факторы по распространению опыта преподавания естественнонаучных дисциплин на основе интегративного подхода;
- выявить потенциал интегративных практик для общеобразовательной школы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью анализа реализации интегративного подхода в школьном естественнонаучном образовании было проведено изучение передовых образовательных практик посредством метода интервьюирования учителей химии, физики, биологии. Предварительно перед интервьюированием было проведено анкетирование участников. Интервью более глубоко и детально раскрывало базовые вопросы анкеты.

Структура исследования базируется на модели интегрального естественнонаучного школьного образования, разработанной в русле научной школы М.С. Пак (М.С. Пак [22], М. Дж. Сэнгер с соавт. [23]). В рамках данной модели интеграция естественнонаучного образования включает три компонента. Содержательный компонент представляет собой конкретные темы интегрального характера в рамках предмета. Содержательная интеграция осуществляется на основе аккумуляции внутрипредметных и межпредметных связей. Внутрипредметная интеграция: физическая / химическая картина мира: теории, законы, понятия, методы, факты, язык. Межпредметная интеграция: технологизация – гуманитаризация – фундаментализация. Технологический компонент ориентирует на совместную деятельность учителя и учащихся по генерации идей, направ-

ленных на решение проблемы. Исследование интегральной темы осуществляется в русле проблемно-поискового метода. Организационный компонент – это тезаурус форм интегративной деятельности, включающий в себя взаимодействие с учителями предметов естественнонаучного, математического и гуманитарных циклов, смещение образовательной среды в пространство, находящееся за рамками учебного заведения (профессиональные пробы, специализированные музеи, базовые кафедры предприятий-партнеров и т. п.).

Помимо исследования репрезентативности компонентов модели интегративного естественнонаучного образования в образовательной практике учителей направлениями исследования явилось выявление сдерживающих факторов и интегративных практик, обладающих высоким потенциалом для общеобразовательной школы.

Отбор учителей для интервьюирования осуществлялся с учетом следующих принципов: география охвата; существенные результаты педагогической деятельности (победители и призеры Всероссийской олимпиады школьников не ниже регионального уровня, высокобалльники среди сдающих ЕГЭ, результативное участие в конкурсах профессионального мастерства, методическая активность). Процесс рекрутирования осуществлялся по личным контактам и далее по принципу снежного кома. Были использованы как очные, так и дистанционные формы интервью, но с обязательным контактом в режиме реального времени. Длительность каждого интервью не превышала 1,5 часов. В таблице 1 содержится характеристика выборки учителей естественнонаучных дисциплин.

Таблица 1

Характеристика выборки учителей естественнонаучных дисциплин
– участников интервью (N=25)

Субъект РФ	Населенный пункт	Преподаваемый предмет	Педагогический стаж	Пол	Респондент
Республика Алтай	Горно-Алтайск	Физика	10	ж	№ 1
Республика Ингушетия	Назрань	Биология	22	м	№ 2
Республика Татарстан	Набережные Челны	Биология	14	ж	№ 3
Краснодарский край	Новороссийск	Химия	26	м	№ 4
Пермский край	Пермь	Физика	18	ж	№ 5
Белгородская область	Старый Оскол	Химия	26	м	№ 6
Белгородская область	Губкин	Физика	32	ж	№ 7
Волгоградская область	Волжский	Биология	21	ж	№ 8
Воронежская область	Воронеж	Химия	17	м	№ 9
Калужская область	Обнинск	Биология	9	ж	№ 10
Курганская область	Шадринск	Физика	22	ж	№ 11
Ленинградская область	Санкт-Петербург	Физика	18	м	№ 12
Липецкая область	Елец	Биология	24	ж	№ 13
Липецкая область	Липецк	Химия	27	ж	№ 14
Московская область	Москва	Физика	16	м	№ 15
Нижегородская область	Дзержинск	Химия	17	ж	№ 16
Новосибирская область	Новосибирск	Физика	26	ж	№ 17
Орловская область	Орёл	Химия	11	ж	№ 18
Ростовская область	Волгодонск	Биология	32	м	№ 19
Самарская область	Сызрань	Биология	29	ж	№ 20
Самарская область	Новокуйбышевск	Химия	30	ж	№ 21
Тверская область	Ржев	Физика	12	ж	№ 22
Томская область	Томск	Биология	17	м	№ 23
Тульская область	Новомосковск	Физика	14	м	№ 24
Ульяновская область	Димитровград	Химия	26	ж	№ 25

Выборку составляют 25 учителей. В выборке 36% участников проживают в областных городах; 36% преподают физику, 32% – химию, 32% – биологию; 40% респондентов мужчины, 60% – женщины; средний педагогический стаж – 20,64 года, наименьший педагогический стаж – 9 лет, наибольший – 32 года.

Результаты анкетирования обрабатывались с помощью метода статистической обработки данных t -теста для независимых выборок. Статистический анализ давал возможность выявить уровень значимости компонента модели интегративного естественнонаучного образования в реальной школьной системе, а также уровень значимости сдерживающих факторов. Качественный анализ базируется на основе данных, полученных в ходе интервьюирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования структурированы в соответствии с задачами исследования. Первая задача исследования предполагала **изучение опыта естественнонаучного образования в русле интегративного подхода**. Представление результатов по решению данной задачи осуществляется в соответствии с компонентами интегративного естественнонаучного образования.

Исследование показало, что **содержательный компонент интеграции естественнонаучного знания** используется в образовательном процессе 100% респондентами. Содержательный компонент интегративного образования наиболее рельефно представлен темой и содержанием урока (занятия), раздела (модуля).

В ходе интервью было установлено, что внутрипредметная интеграция также используется 100% респондентов. Вместе с тем, при детальном изучении данной темы удалось установить, что большинство учителей (68%) понимают внутрипредметную интеграцию как средство повторения учебного материала, изученного ранее. Приведем пример подобного стиля рассуждения на примере высказывания респондента № 13 учителя биологии: внутрипредметную интеграцию содержания учебного предмета «Биология» учитель видит в повторении изученного ранее материала в ходе урока, проведения в конце изучения раздела (модуля) уроков систематизации и обобщения изученного материала, а также в виде контроля знаний учащихся; в целом линейная структура программы учебного предмета «Биология» не способствует активному установлению внутрипредметных связей на уроках.

Лишь 32% видят функцию внутрипредметной интеграции в достижении целостного знания учащихся в предметной области. Следует обратить внимание на то, что в выборке присутствовали учителя, практикующие интегрированный подход в естественнонаучном образовании. Респондент №19, преподающий биологию, говорит, что актуализация внутрипредметных связей в ходе урока и за его пределами должна стать методическим стилем учителя, поскольку позволяет не только обеспечить прочность знаний, но прежде всего сформировать целостное представление о биологии как об отдельной области человеческого знания, более того, понимание внутрипредметных связей есть глубочайшая основа формирования естественнонаучной грамотности.

Несмотря на то, что мы акцентировали внимание на узком понимании учителями внутрипредметных связей на примере учебного предмета «Биология», существенных отличий у респондентов в зависимости от преподаваемого предмета ($t_{ЭМП}=0,023$), стажа ($t_{ЭМП}=0,003$) или пола ($t_{ЭМП}=0,08$) обнаружено не было.

Следующий уровень интеграции на уровне содержания образования – межпредметная интеграция. Межпредметная интеграция наиболее часто реализуется с предметами естественнонаучного цикла (100%), математики (80%), информатики (56%), гуманитарными дисциплинами (44%). При изучении межпредметного уровня интеграции было выявлено, что существуют существенные отличия в содержательной интеграции физики, химии и биологии.

Так, физика и химия наиболее тесно перекликаются друг с другом, в частности, физическая химия, строение атома, периодическая система, электронная структура вещества, взаимодействие электрических зарядов, электролиз и др. Однако биология достаточно редко рассматривается в качестве объектов интеграции у химиков и физиков (29%). Вместе с тем биологи практи-

чески 100% обращаются к физико-химическим явлениям (физические понятия «температура», «свет», «влажность» и др., навыки проведения лабораторных и практических работ и др.). География 100% востребована в физике и биологии, однако только 25% респондентов-химиков обращаются к географическим данным. Опять-таки, ощутима устойчивая потребность физиков и химиков в математике и информатике (100%), однако только 63% биологов активно реализуют межпредметные связи с данными дисциплинами. Как показало интервью, межпредметные связи с гуманитарными науками (история, литература, иностранные языки, музыка, изобразительное искусство) несмотря на то, что достаточно часто называются учителями, по сути очень поверхностны. Вместе с тем, обнаружилось, что 88% биологов на достаточно глубоком уровне обращаются к решению нравственных задач в ходе изучения учебного материала.

Участник интервью №23 говорит, что часто использует в своей работе противоречивое содержание, которое стимулирует учащихся к принятию решений в области этической оценки эколого-биологических процессов. Такой подход способствует не только более глубокому пониманию биологического знания, но и учит стратегиям аргументации, формирует правильную систему ценностей. В конечном итоге именно этот сплав жестких и гибких навыков и ценностей является основой естественнонаучной грамотности.

Респондент №8 отмечала, что в ее практике большего результата удавалось добиться в том числе в вопросах формирования естественнонаучной грамотности, когда, во-первых, пространство интеграции естественных наук и обществознания актуализировалось в индивидуальном формате, групповые форматы, такие как дебаты, приносили меньший результат, поскольку сковывали эмоциональность школьников. Во-вторых, развитие естественнонаучной грамотности часто требует осуществить выход за пределы стандартных межпредметных связей. Здесь имеются ввиду связи с философией, обществознанием, лингвистикой и литературой.

Респондент № 12, учитель физики, отмечает, что наибольшую эмоциональную вовлеченность учащихся удалось стимулировать посредством исследования материала, связанного с концепцией устойчивого развития.

Резюмируя то, как учителя реализуют межпредметную интеграцию, было установлено, что на уровне межпредметных связей не было обнаружено статистически значимых различий между предметами «Физика» и «Химия» ($t_{ЭМП}=1,273$), в то время как зафиксировано отличие на статистически значимом уровне между физикой и биологией ($t_{ЭМП}=3,509$, $p < 0,01$) и между химией и биологией ($t_{ЭМП}=3,072$, $p < 0,01$).

Еще один аспект межпредметной интеграции выражается в ее качестве. Содержательная интеграция проявляется прежде всего на уроке (занятии). Как правило, в условиях современной общеобразовательной школы один урок ведет один учитель в рамках конкретного предмета в соответствии с конкретной темой. Это означает, что во многих попытках реализовать интегративное обучение в области естествознания на уроке будет доминировать один конкретный предмет, а именно, предмет, который ведет учитель данные из другой науки, как правило, используются с целью пояснений, уточнений и демонстрации разностороннего объяснения научных явлений. 76% респондентов в итоге согласились с этой позицией. Равноправная интеграция требовала привлечения на уроке специалиста из другой области либо учителя другого предмета. Большинство учителей физики и химии практиковали неравноправную интеграцию. Для учителей биологии напротив было характерно реализовать равноправную интеграцию на уроке. Это подтверждено статистически: различия между физиками и химиками статистически не значимы ($t_{ЭМП}=1,016$), статистически значимы между физиками и биологами ($t_{ЭМП}=4,103$, $p < 0,001$), между химиками и биологами ($t_{ЭМП}=3,321$; $p < 0,01$).

О стиле интеграции свидетельствовало описание учителями своего опыта интегративного обучения. Часто в речи учителей, практикующих неравноправную интеграцию, наблюдалась следующая конструкция: математика (информатика, география, информатика) помогут нам понять то или иное явление, закон или закономерность. В этой конструкции присутствует установка не на длительное взаимодействие с другой наукой, а эпизодическое сближение, возникшее в основном исключительно в утилитарных целях: решить конкретную проблему.

Учителя биологии чаще других учителей применяли равноправную интеграцию на уроках. В частности, при описании своего опыта интегративного обучения они использовали следующие

конструкции: другие науки рассматривают то же самое явление, но с другой стороны; сопоставление этих двух (и более) подходов способствует более глубокому пониманию проблемы.

Например, респондент №2 при изучении проблем энергетики в экологическом разрезе (энергоэффективность различных электростанций) взаимодействовал с учителем физики и математики. Так углубленный курс биологии был полноценно дополнен статистикой, кроме того, учащиеся освоили навыки размерного анализа.

Респондент №3 интегрировала статистику в темы, связанные с выращиванием агрокультур.

Вне зависимости от того, какой способ междисциплинарной интеграции используется учителями, практически все они говорят о некоторой неуверенности в связи с недостаточным уровнем владения знаниями из другой области естественных или математических наук. Например, респондент №7 (учитель физики) говорит, что чаще всего в своей работе она обращается к математике и химии, однако это те дисциплины, в которых она чувствует неуверенность, поскольку математику она хотя и изучала в вузе, но не практиковала уже много лет, а химия для нее так и не стала прикладной наукой.

Еще один вариант интеграции связан с технологизацией естественнонаучного знания. Учителя отмечают, что практикоориентированный аспект интеграции естественнонаучного знания в последнее время получил особую актуальность, во-первых, в связи с повышенным вниманием органов управления образованием к функциональной грамотности, во-вторых, в контексте повышения значимости профориентационных практик в современном образовании (один из модулей рабочей программы воспитания посвящен профориентации, широкое распространение получил Всероссийский проект «Билет в будущее» и пр.). Данный вариант интеграции используется всеми респондентами. Существенных отличий у респондентов в зависимости от преподаваемого предмета ($t_{ЭМП}=0,050$), стажа ($t_{ЭМП}=0,119$) или пола ($t_{ЭМП}=0,004$) обнаружено не было.

Технологический компонент интеграции естественнонаучного знания в образовании представлен среди участников интервью достаточно неоднородно.

100% респондентов, по сути, используют проблемно-поисковый метод обучения. Полученные данные здесь достаточно равномерно демонстрируют процесс обеспечения интеграции естественнонаучного знания в учебной деятельности в каждодневной деятельности.

Вместе с тем, были обнаружены существенные отличия между учителями исследуемых методов в интерпретации проблемно-поискового подхода. 7 из 8 учителей химии базируют проблемно-поисковый метод на химическом эксперименте, 6 из 9 учителей физики – на физическом эксперименте, 3 из 8 учителей биологии – на лабораторной работе. Различия между физиками и химиками в вопросе использования практикоориентированных методов как источника проблемно-поисковой деятельности статистически не значимы ($t_{ЭМП}=1,109$), статистически значимы различия между химиками и биологами на уровне 0,001 ($t_{ЭМП}=5,101$, $p < 0,001$), между физиками и биологами на уровне 0,01 ($t_{ЭМП}=2,844$, $p < 0,01$).

Также выделяется группа физиков из всех респондентов в вопросе видения итога интеграции: 7 из 9 учителей физики считают, что результатом интегративного обучения должна стать способность учащихся решать физические задачи, которые, по их мысли, есть квинтэссенция функциональной грамотности. Химики и биологи считают, что результатом интегративного естественнонаучного образования является прежде всего высокий уровень функциональной грамотности учащихся, который находится за пределами способности решать определенные предметные задачи. Различия между биологами и химиками в данном вопросе статистически не значимы ($t_{ЭМП}=0,954$), статистически значимы различия между физиками и биологами на уровне 0,01 ($t_{ЭМП}=2,974$, $p < 0,01$), между физиками и химиками также на уровне 0,01 ($t_{ЭМП}=2,893$, $p < 0,01$).

17 из 25 респондентов (68%) связывают возможность интегративного естественнонаучного образования с организацией проектно-исследовательской деятельностью. Существенных отличий у респондентов в данном вопросе в зависимости от преподаваемого предмета ($t_{ЭМП}=0,123$), стажа ($t_{ЭМП}=0,534$) или пола ($t_{ЭМП}=1,008$) не обнаружено.

Респондент №8 говорила о практике организации проектной деятельности в школе, где она работает последнее время: за учащимся закрепляется два учителя-наставника, например, учителя биологии и математики. Так обеспечивается междисциплинарное содержание проекта.

Респонденты №№ 5, 10, 17, 24 привели в пример практику организации проектной деятельности в школах на основе тесного взаимодействия с предприятиями. Это позволяет участвовать школьникам в выполнении проектно-исследовательских работ с привлечением некоторого бюджета, получать финансовое поощрение за проведение работ.

Респондент № 15 рассказал об участии в Курчатовском проекте, который позволяет развивать конвергентное мышление учащихся на основе интеграции биологии, географии, физики и химии в области физики элементарных частиц и высокотехнологичной медицины. Особенностью данного опыта является высокая степень индивидуализации обучения, обязательность стажировок и целевое обучение.

9 из 25 респондентов (36%) реализуют технологию STE(A)M-образования. По мнению практикующих данную технологию учителей, она дает очень хороший результат в естественнонаучном образовании в части сформированности естественнонаучной грамотности, с одной стороны, а также обеспечения высокого качества предметных знаний, которые в большей степени разворачиваются в олимпиадном формате, чем в формате ЕГЭ.

Вместе с тем, данная технология имеет существенные ограничения. Респондент №5 говорит, что данная технология практически неприменима в условиях урочной деятельности в связи с жесткими требованиями ФГОС общего образования. О ее реализации в рамках внеурочной деятельности или дополнительного образования говорят респонденты №№ 1, 9, 12.

На эффективность реализации STE(A)M-образования влияет степень вовлеченности школы в данную технологию. В частности, респондент № 12, который преподает физику в школе Санкт-Петербурга, говорит, что это учебное заведение является экспериментальной площадкой по STE(A)M-образованию, следовательно, результат значительно выше, чем в школах, где только конкретные педагоги исповедуют данную технологию (учитель основывает свой вывод на собственном опыте).

Респондент № 18 подтверждает данную мысль в качестве негативного примера: в школе разделяет идеологию STE(A)M-образования только один учитель, следовательно, результативность технологии существенно сокращается, поскольку отсутствует содействие административного персонала в обеспечении интегрированных занятий.

В данном разрезе особую значимость приобретает **организационный компонент реализации естественнонаучного образования в русле интегративного подхода**, поскольку он обеспечивает выход за жесткие рамки урочной деятельности. Далее описывается практика интеграции форм образовательной деятельности по принципу от наиболее востребованных к наименее востребованным.

Наиболее востребованная модель интеграции урочной деятельности и дополнительного образования (12 из 25 учителей (48%)). Респондент № 21 говорит, что благодаря практике химического кружка ей удается в полной мере раскрыть интегративное содержание естественнонаучного образования. Респондент № 22 (учитель физики) представила интересную коллаборацию с педагогом дополнительного образования (кружки «Виртуальные технологии», «3D-моделирование»), когда основной контингент учащихся является одним. Респондент № 19 продемонстрировал возможности реализации краткосрочных курсов дополнительного образования, тематических лагерных смен по естественным наукам. По мнению практикующих данную модель педагогов, она дает возможность создания творческой научной среды, когда преодолевается репродуктивность предметной деятельности.

Следующая модель – это интеграция урочной и внеурочной деятельности (10 из 25 учителей (40%)). Несмотря на то, что этот вариант организации интегрированного обучения самый очевидный, его ограничения связаны, по мнению части учителей (5 респондентов), с формальным статусом внеурочной деятельностью в школе (загруженность «внеурочных» часов так называемым обязательными курсами; отношение детей и родителей к внеурочной деятельности; часто ее фактическая необязательность). Тем не менее респондент № 14 рассматривает связку урок – внеурочка как длительную проектную задачу по решению интригующей проблемы из обычной жизни; респондент № 10 позиционирует внеурочную деятельность как платформу самостоятельного поиска, апробации своих знаний на практике; респондент № 7 реализует во внеурочной деятельности конструкторское бюро, в котором учащиеся создают новые приборы, доказывают

их инновационность и полезность. Основное достоинство данной модели – обеспечение постоянного напряжения в мотивации, поиске и соревновательности.

Модель «урочная деятельность – внеклассная работа» практикуется 7 из 25 учителей (28%). В основном это использование таких форматов, как «календарная дата», «предметная неделя», конференции, конкурсы, олимпиады. Необычными форматами поделились респонденты №№ 6, 7: ночь в профессии, ночная смена, метапредметные антикафе и пр. Это крупные профориентационные мероприятия, ориентированные на определенные кластеры профессий. В качестве результата помимо развитых метакомпетенций и естественнонаучной грамотности следует отметить коммуникативные и социальные навыки учащихся, познавательный интерес.

Модель «урочная деятельность – социальное партнерство» также практикуют 7 из 25 учителей (28%). Как правило, учителя используют такие форматы, как наставничество, профессиональные пробы, профориентационные экскурсии, обучение на базовых кафедрах предприятий, дуальное обучение и пр. Также интересный опыт социального партнерства зафиксирован в интервью респондентов №№ 6, 7. Данный опыт связан с деятельностью УК «Металлоинвест» в городах присутствия. В частности, речь идет о проекте «Вместе! С образованием!». В рамках данного проекта учителя на протяжении учебного года получают серьезную финансовую (грантовые конкурсы), методическую (наставничество) поддержку в направлении профориентации школьников, где нацеленность на профессии, связанные с естествознанием, является приоритетом.

В рамках решения второй исследовательской задачи были исследованы **сдерживающие факторы по распространению опыта преподавания естественнонаучных дисциплин на основе интегративного подхода**. Данные факторы представлены по принципу от наиболее очевидных к наименее очевидным.

Первый сдерживающий фактор (25 из 25 учителей (100%)) – это ФГОС общего образования, основная образовательная программа, рабочие программы учебных предметов. Фактически, перечень требований к результатам образовательной деятельности содержат получение интегрированного результата – функциональной грамотности, в частности, естественнонаучной грамотности, однако в условиях жесткой урочной системы, перегруза учебного плана и нагрузки учителя формирование интегрированного результата вынесено за скобки урочной деятельности. Респондент № 11 говорит, что фактически добиться интегрированного результата – естественнонаучной грамотности возможностями урочной деятельности практически нет. Респондент № 1 отмечает, что полноценная реализация какой-либо интегративной технологии без существенной переработки форм организации образовательного процесса практически невозможна.

Второй сдерживающий фактор – управленческий и педагогический коллектив школы (20 из 25 учителей (80%)). Вопрос неформального вовлечения не столько в результаты, сколько в процесс достижения междисциплинарных результатов, то есть в технологию данного процесса, является ключевым. Если администрация школы имеет приверженность определенной технологии, в педагогическом коллективе сформирован методический актив в рамках данной технологии, существует множество возможностей преодолеть первый сдерживающий фактор, инертность педагогического и ученического коллективов.

Третий сдерживающий фактор – статус оценки (17 из 25 учителей (68%)). Это означает, что первичным для школы в утилитарном смысле является результат, представленный в виде качества знаний по итогам внешних оценочных процедур (ВПР, ГИА-9, 11), количества победителей статусных предметных олимпиад, качественные результаты, выраженные в уровне естественнонаучной грамотности, нацеленности на профессию, сформированной естественнонаучной картины мира, конструкторские компетенции и пр. Респондент № 9 говорит, что противоречия между этими двумя кластерами результатов нет, однако эффект от интегрированного естественнонаучного образования наступает далеко не сразу.

Четвертый сдерживающий фактор – это компетенции учителей естественных наук (14 из 25 учителей (56%)). Многие участники исследования (11 из 25 (44%)) признавались в недостаточном уровне знаний в смежных с преподаваемым предметом областях, 9 из 25 учителей (36%) говорили, что чувствуют необходимость в освежении предметных знаний, однако большинство респондентов (22 из 25 учителей (88%)) отмечали, что за последние 10 лет в курсах повышения квалификации предметные блоки были либо слабо актуальны, либо не представляли должного

интереса для их профессионального развития. 8 из 25 учителей (32%) отмечают дефицит психолого-педагогических знаний, в том числе в области естественнонаучных методик обучения.

Пятый сдерживающий фактор – слабая заинтересованность в методическом сотрудничестве между учителями (9 из 25 учителей (36%)). Респонденты №№ 1, 14, 22 отмечали, что интегративное естественнонаучное образование требует сотрудничества с другими учителями, однако они на практике сталкивались с проблемами в установлении партнерских отношений на основе сотрудничества.

Решение третьей исследовательской задачи – **выявить потенциал интегративных практик для общеобразовательной школы** – тесно связано с анализом и переосмыслением сдерживающих факторов. В соответствии с принципом от большого к малому мы структурировали данные практики.

В качестве фундаментальной основы продвижения интегративных практик в общеобразовательную школу является неформальная заинтересованность и вовлеченность руководящих работников и методического актива школы в реализацию полноценного естественнонаучного образования (25 из 25 учителей (100%)). При выполнении этого условия все возможные проблемы становятся преодолимыми.

Вместе с тем в условиях жесткой урочной системы наиболее жизнеспособными являются следующие модели интегративных практик естественнонаучного образования: урочная деятельность и дополнительное образование (20 из 25 учителей (80%)); урочная деятельность и социальное партнерство (17 из 25 учителей (68%)); урочная деятельность и внеклассная работа (14 из 25 учителей (56%)). Создание пространств для интеграции является существенной предпосылкой для внедрения интегративных технологий: STE(A)M-образование, TheoPrax, 5E и др. [21; 22].

Реквалификация педагогов, создание методического актива школы и пр. также являются перспективными инструментами по продвижению интегративных практик естественнонаучного образования в общеобразовательную школу (15 из 25 учителей (60%)).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наиболее близким по тематике и идеологии данному исследованию является работа А.Э. Вайнберг, Л.Б.С. МакМикинг, посвященная изучению мнения учителей математики и естественных наук на возможность интеграции данных дисциплин в условиях общеобразовательной школы [27]. Прежде всего обратим внимание на одинаковый фокус проблемы, продемонстрированный в анализируемой статье и настоящем исследовании: различные международные и национальные инициативы провозглашают потребность в интегративном естественнонаучном образовании, однако на практике препятствуют данному процессу; различные теоретические модели интегративного естественнонаучного образования нежизнеспособны за исключением ICMI-модели (внутрипредметная, кросспредметная, мультипредметная, межпредметная интеграция), STE(A)M-технологии, Bio-Math Connection (BMC), а также реального учительского опыта [27, с. 204-205].

Результаты, полученные в настоящем исследовании, совпадают с частью результатов, полученных в исследовании А.Э. Вайнберг, Л.Б.С. МакМикинг: учителя биологии склонны использовать равноправную интеграцию чаще, чем учителя физики, химии или математики; внутрипредметная интеграция понимается большинством учителей в сугубо утилитарном контексте; большинство учителей испытывают трудности с сотрудничеством, нехватку знаний, а также отсутствие поддержки от администрации в вопросе продвижения интегративного естественнонаучного образования [27].

Мы согласны с И.С. Бураковой, О.С. Смирновой, Г.А. Степаненко в том, что интегративные уроки не должны заменять уроки по предметам, а дополнять их. Также в данной статье показаны стратегии сотрудничества между учителями по вопросам равноправной интеграции [3].

В статье К. Куглемейера исследуется проблема эффективности объяснительно-иллюстративного метода обучения на уроках естественнонаучных дисциплин. Автор экспериментально

приходит к выводу, что без привлечения межпредметных связей эффективность естественнонаучного образования снижается [17]. Автор проверяет эффективность приемов когнитивной активации и конструктивной поддержки в процессе внутрипредметной и межпредметной интеграции содержания естественнонаучного образования. Проведенное исследование подтвердило данный научный результат.

В работе Е.В. Феськовой, С.М. Бутаковой рассматривается еще одно актуальное условие эффективности интегрального естественнонаучного обучения – это формирование осознанности процессов интеграции. Авторы доказывают, что в качестве организационного и технологического инструмента, позволяющему добиться осознанности интеграции в естественнонаучном образовании, является проектная деятельность [13]. В результате проведенного нами исследования проектная деятельность также показала высокую эффективность в обеспечении интегрированного характера естественнонаучного образования.

О.Л. Лунеева, В.Г. Закирова также обосновывают эффективность проектно-исследовательских практик в процессе интеграции математического и естественнонаучного знания [19]. Мы согласны с авторами, что реализация межпредметных проектов способствует формированию естественнонаучной и математической грамотности, а также формирует целостную естественнонаучную картину мира.

Н.Н. Асхадуллина, Д.Р. Вильданова, рассматривая проблему формирования естественнонаучной грамотности школьников, доказывают, что ключевым инструментом ее развития является именно интегративные образовательные практики [2]. Мы согласны с авторами, которые говорят о том, что интегративные практики должны пронизывать все современное образование: от постановки задач на уроке до развития новых интегративных курсов (элективных, внеурочной деятельности, дополнительного образования и пр.).

Как было установлено в настоящем исследовании, одним из сдерживающих факторов внедрения интегративных практик естественнонаучного образования является опасения руководства школ и учителей в том, что данные практики не окажут существенного влияния на рейтинговые оценочные процедуры (ГИА, ВПР, олимпиады). В исследовании Дж. Джуфрида, Ф.Р. Басуки, В. Курниаван, М.Д. Пангесту, О. Фиталока доказано, что деятельность по повышению естественнонаучной грамотности школьников решительным образом сказывается на повышении качества знаний по всем предметам [16].

Статья Т.В.Д. Лейдж, Л. Авраамиду, А. Уолса и М. Гоедхарта поднимает вопрос об эффективности интеграции вопросов нравственности и естественнонаучного образования. Авторы приходят к выводу, что данное пространство интеграции является достаточно плодотворным [18]. Это согласуется с выводами, полученными нами лично.

Созвучным в некоторых аспектах нашему исследованию является работа Р. Чэнь, в котором автор исследует взаимосвязь между влиянием социального партнерства школ, вузов и производства на интеграцию естественнонаучного образования [14].

Отдельный пласт работ посвящен оценке эффективности STE(A)M-образования. Х.Н. Нгуен и соавторы доказывают созвучную нашему исследованию мысль: в последние десятилетия смещается акцент «с обучения учителей-естественников исследовательскому подходу в преподавании и наращивания предметных знаний в определенной области к интеграции содержания STEM-дисциплин посредством организации исследований и технического проектирования, выполняемого учащимися в ходе освоения учебных предметов» [9, с. 206].

О необходимости расширения STE(A)M-образования обстоятельно говорится в работе С.Н. Ибадуллы и соавторов. Авторы обосновывают это тем, что данная технология способствует формированию единой научной картины мира [4]. Данная проблема в этом же ракурсе обсуждается и в зарубежной литературе. В частности, А.Э. Вайнберг, М. Балгопал, Л.Б.С. МакМикинг доказывают эффективность участия в профессиональных сообществах STE(A)M-педагогов для профессионального развития [26].

Вместе с тем, о сдерживающих факторах данного процесса говорят различные исследователи. В частности, Т.И. Анисимова, Ф.М. Сабирова говорят о том, что в российских школах не предусмотрена должность STE(A)M-педагога, что не позволяет полноценно реализоваться техно-

логии STE(A)M-образования. В качестве возможного выхода авторы предлагают рассматривать возможности магистерских программ для реквалификации педагогов [1], подготовки будущих кадров для естественнонаучной отрасли знаний [15; 25]. Эта идея нашла отражение в нашем исследовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт интеграции естественнонаучного образования наиболее рельефно представлен в преобразовании содержания образования. Внутрипредметная интеграция является обязательным условием интегративного естественнонаучного образования, однако только 32% учителей используют внутрипредметную интеграцию для достижения целостности понимания учащимися естественнонаучного знания. Межпредметная интеграция наиболее часто реализуется с предметами естественнонаучного цикла (100%), математики (80%), информатики (56%), гуманитарными дисциплинами (44%). Наиболее часто наблюдается межпредметная интеграция между физикой, химией, математикой, информатикой, однако биология достаточно редко рассматривается в качестве объектов интеграции у химиков и физиков (29%). В отличие от большинства учителей химии и физики, 88% учителей биологии на достаточно глубоком уровне обращаются к решению нравственных задач в ходе изучения учебного материала. Большинство учителей физики и химии практикуют неравноправную интеграцию, для учителей биологии напротив было характерно реализовать равноправную интеграцию на уроке. Вне зависимости от того, какой способ междисциплинарной интеграции используется учителями, практически все они говорят о некоторой неуверенности в связи с недостаточным уровнем владения знаниями из другой области естественных или математических наук.

Технологический компонент интеграции естественнонаучного знания в образовании предполагает использование проблемно-поискового метода обучения (100%), проектно-исследовательской деятельности (68%), технологии STE(A)M-образования (36%).

Организационный компонент реализации естественнонаучного образования в русле интегративного подхода обеспечивает выход за жесткие рамки урочной деятельности посредством интеграции последней с дополнительным образованием (48%), внеурочной деятельностью (40%), внеклассной работой (28%), социальными партнерами (28%).

Сдерживающими факторами реализации интегративного естественнонаучного образования являются доминирование урочной деятельности в условиях требований ФГОС общего образования (100%), слабая степень вовлечения руководящего и педагогического коллектива школы в идеологию интегративного естественнонаучного образования (80%), ориентация школы на результаты внешних оценочных процедур (68%), дефициты в части профессиональных компетенций учителей естественных наук (56%), слабая заинтересованность в методическом сотрудничестве между учителями (36%).

В качестве фундаментальной основы продвижения интегративных практик в общеобразовательную школу является неформальная заинтересованность и вовлеченность руководящих работников и методического актива школы в реализацию полноценного естественнонаучного образования (100%); развитие интегративных организационных моделей для внедрения интегративных технологий: STE(A)M-образование, TheoPrax, 5E и др. (68%); реквалификация педагогов, создание методического актива школы (60%).

БЛАГОДАРНОСТИ

Коллектив авторов настоящей публикации выражает искреннюю благодарность ректорату Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина за предоставленную возможность проведения данного исследования и финансовую поддержку

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова Т.И., Сабирова Ф.М. Актуализация магистерской программы «цифровое образование» посредством дополнения ее модулем «технологии STEAM-образования» // Общество: социология, психология, педагогика. 2022. № 8 (100). С. 186-191.
2. Асхадуллина Н.Н., Вильданова Д.Р. Формирование функциональной грамотности школьников как актуальная проблема российского образования // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 70-2. С. 27-31.
3. Буракова И.С., Смирнова О.С., Степаненко Г.А. Интегративные уроки как средство реализации межпредметных связей по физике и математике // Мир науки, культуры, образования. 2021. № 4 (89). С. 13-15.
4. Ибадулла С.Н., Жумагулова К.А., Майматаева А.Д., Суматохин С.В. STEAM-технологии в школьном биологическом образовании Казахстана // Биология в школе. 2024. № 3. С. 47-58.
5. Королева Л.В., Королев М.Ю., Петрова Е.Б. Об интеграционных процессах в образовании // Наука и школа. 2009. № 5. С. 3-6.
6. Лукин Ю.А. О сущности педагогической интеграции // Перспективы науки и образования. 2019. № 2 (38). С. 68-83.
7. Луцик В.И., Соболев А.Е., Исаев Д.С. Региональные образовательные проекты как средство повышения уровня подготовки абитуриентов по химии // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. 2018. Т. 61. № 6. С. 103-108.
8. Мамедов Н.М., Мансурова С.Е. Естественнонаучная грамотность как условие адаптации человека к эпохе перемен // Ценности и смыслы. 2020. № 5 (69). С. 45-59.
9. Нгуен Х.Н., Ле С.К., Нгуен В.Х., Нгуен В.Б., Нгуен Т.Т.Ч., Тай Х.М., Ле Х.Ми.Н. Как меняются субъективные представления педагогов о STEM-образовании // Вопросы образования. 2020. № 2. С. 204-229.
10. Обухов А.С., Ловягин С.А. Задания для практики STEM-образования: от суммы частных задач и учебных дисциплин к целостному деятельностному междисциплинарному подходу // Исследователь = Researcher. 2020. № 2 (30). С. 63-82.
11. Пак М.С. Актуальность интегративной методологии в химико-педагогическом образовании // Интеграция образования в области естественных и точных наук. Санкт-Петербург, 2019. С. 74-83.
12. Пентин А.Ю., Ковалева Г.С., Давыдова Е.И., Смирнова Е.С. Состояние естественнонаучного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA // Вопросы образования. 2018. № 1. С. 79-109.
13. Феськова Е.В., Бутакова С.М. Формирование у студентов осознанности интегративного образовательного результата в процессе освоения дисциплин естественнонаучного модуля // Инженерное образование. 2021. № 29. С. 53-63.
14. Chen R. Research on the Dynamic Synergy Mechanism of Industry-Education Integration and Science-Education Integration in the Construction of a Strong Educational Country // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2024. № 9(1). P. 1-19. doi: 10.2478/amns.2023.2.00338
15. Gerasimova Y.N., Morgacheva N.V., Shcherbatykh S.V. Training of future general science teachers for productive methodical activity // Opcion. 2019 Vol. 35 № Special Issue 21 P. 786-800
16. Jufrida J., Basuki F. R., Kurniawan W., Pangestu M. D., Fitaloka O. Scientific Literacy and Science Learning Achievement at Junior High School // International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE). 2019. № 8:4. P. 630-636. doi: 10.11591/ijere.v8i4.20312
17. Kulgemeyer C. Towards a Framework for Effective Instructional Explanations in Science Teaching // Studies in Science Education. 2019. № 54. P. 109-139. doi: 10.1080/03057267.2018.1598054
18. Leij T. V. D., Avraamidou L., Wals A. & Goedhart M. Supporting Secondary Students' Morality Development in Science Education // Studies in Science Education. 2021. № 58:2. P. 141-181. doi: 10.1080/03057267.2021.1944716
19. Luneeva O.L., Zakirova V.G. Integration of Mathematical and Natural-Science Knowledge in School Students' Project-Based Activity // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2017. Т. 13. № 7. P. 2821-2840.
20. Morgacheva N.V., Sotnikova E.B., Shcherbatykh S.V., Shcherbatykh L.N. Interactive Technologies of Teaching Disciplines of the Natural Science Cycle as a Means of Forming a Socially Adapted Student's Personality // AIP Conference Proceedings. 2022. № 2647. P. 020011. doi: 10.1063/5.0104364
21. Morgacheva N.V., Sotnikova E.B., Shcherbatykh S.V., Shcherbatykh L.N. Project technology as a means of developing students communication skills // ASEU – 2020. Journal of Physics: Conference Series. 2020 Vol. 1691. P. 012211. doi:10.1088/1742-6596/1691/1/012211
22. Pak M.S. Chemical Education in Russia: Features and Tendencies of Development // Journal of Science Education. 2012. Т. 13. № Suppl. P. 15-19.
23. Sanger M.J., Brincks E.L., Phelps A.J., Pak M.S., Lyovkin A.N. A Comparison of Secondary Chemistry Courses and Chemistry Teacher Preparation Programs in Iowa and Saint Petersburg, Russia // Journal of Chemical Education. 2001. Т. 78. № 9. P. 1275-1280.
24. Sjøberg S., Jenkins E. PISA: a Political Project and a Research Agenda // Studies in Science Education. 2020. № 58(1). doi: 10.1080/03057267.2020.1824473
25. Tarov D. A., Tarova I. N., Sotnikova E. B. and Morgacheva N. V. The formation of students' telecommunicative competence through the knowledge synthesis in the study of natural sciences // ASEU – 2020. Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1691. P. 012044. doi: 10.1088/1742-6596/1691/1/012044
26. Weinberg A.E., Balgopal M., McMeeking L.B.S. Professional Growth and Identity Development of STEM Teacher Educators in a Community of Practice // International Journal of Science and Mathematics Education. 2021. № 19. P. 99-120. doi: 10.1007/s10763-020-10148-9

27. Weinberg A.E., McMeeking L.B.S. Toward Meaningful Interdisciplinary Education: High School Teachers' Views of Mathematics and Science Integration // *School Science and Mathematics*. 2017. № 117(5). P. 204-213. doi: 10.1111/ssm.12224
28. Tomyuk O. N., Dyachkova M. A., & Shutaleva A. V. Issues of modeling smart personality – human image of the digital age // *Economic consultant*. 2020. Vol. 31 (3). P. 115–124. doi: 10.46224/ecoc.2020.3.8
29. González-Howard M., Andersen S., Méndez Pérez K. et al. Re-imagining science education research toward a language for science perspective // *Cultural Studies of Science Education*. 2024. Vol. 19. P. 287–293. <https://doi.org/10.1007/s11422-024-10213-7>
30. Twizeyimana E., Shyiramunda T., Dufitumukiza, B. et al. Teaching and learning science as inquiry: an outlook of teachers in science education // *SN Social Sciences*. 2024. Vol. 4, Article no. 40. <https://doi.org/10.1007/s43545-024-00846-4>

REFERENCES

1. Anisimov T.I., Sabirova F.M. Updating the Master's Program «Digital Education» by Supplementing It with the Module «STEAM Education Technologies». *Society: Sociology, Psychology, Pedagogy*, 2022, no. 8 (100), pp. 186-191.
2. Askhadullina N.N., Vildanova D.R. Formation of Functional Literacy of Schoolchildren as a Current Problem of Russian Education. *Problems of Modern Pedagogical Education*, 2021, no. 70-2, pp. 27-31.
3. Burakova I.S., Smirnova O.S., Stepanenko G.A. Integrative Lessons as a Means of Implementing Interdisciplinary Connections in Physics and Mathematics. *World of Science, Culture, Education*, 2021, no. 4 (89), pp. 13-15.
4. Ibadulla S.N., Zhumagulova K.A., Maimataeva A.D., Sumatokhin S.V. STEAM technologies in school biology education in Kazakhstan. *Biology at school*, 2024, no. 3, pp. 47-58.
5. Koroleva L.V., Korolev M.Yu., Petrova E.B. On integration processes in education. *Science and School*, 2009, no. 5, pp. 3-6.
6. Lukin Yu.A. On the essence of pedagogical integration. *Perspectives of Science and Education*, 2019, no. 2 (38), pp. 68-83.
7. Lutsik V.I., Sobolev A.E., Isaev D.S. Regional educational projects as a means of improving the level of training of applicants in chemistry. *News of higher educational institutions. Series Chemistry and chemical technology*, 2018, vol. 61, no. 6, pp. 103-108.
8. Mamedov N.M., Mansurova S.E. Natural Science Literacy as a Condition for Human Adaptation to the Era of Change. *Values and Meanings*, 2020, no. 5 (69), pp. 45-59.
9. Nguyen H.N., Le S.K., Nguyen V.H., Nguyen V.B., Nguyen T.T.Ch., Thai H.M., Le H.Mi.N. How Teachers' Subjective Ideas about STEM Education Are Changing. *Education Issues*, 2020, no. 2, pp. 204-229.
10. Obukhov A.S., Lovyagin S.A. Tasks for the practice of STEM education: from the sum of specific tasks and academic disciplines to a holistic activity-based interdisciplinary approach. *Researcher*, 2020, no. 2 (30), pp. 63-82.
11. Pak M.S. Relevance of integrative methodology in chemical-pedagogical education. *Integration of education in the field of natural and exact sciences*. St. Petersburg, 2019, pp. 74-83.
12. Pentin A.Yu., Kovaleva G.S., Davydova E.I., Smirnova E.S. The state of natural science education in the Russian school according to the results of international studies TIMSS and PISA. *Education Issues*, 2018, no. 1, pp. 79-109.
13. Feskova E.V., Butakova S.M. Formation of students' awareness of the integrative educational result in the process of mastering the disciplines of the natural science module. *Engineering education*, 2021, no. 29, pp. 53-63.
14. Chen R. Research on the Dynamic Synergy Mechanism of Industry-Education Integration and Science-Education Integration in the Construction of a Strong Educational Country. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2024, no. 9(1), pp. 1-19. doi: 10.2478/amns.2023.2.00338
15. Gerasimova Y.N., Morgacheva N.V., Shcherbatykh S.V. Training of future general science teachers for productive methodical activity. *Opcion*, 2019, vol. 35 no. Special Issue 21, pp. 786-800.
16. Jufri J., Basuki F. R., Kurniawan W., Pangestu M. D., Fitaloka O. Scientific Literacy and Science Learning Achievement at Junior High School. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 2019, no. 8:4, pp. 630-636. doi: 10.11591/ijere.v8i4.20312
17. Kulgemeyer C. Towards a Framework for Effective Instructional Explanations in Science Teaching. *Studies in Science Education*, 2019, no. 54, pp. 109–139. doi: 10.1080/03057267.2018.1598054
18. Leij T. V. D., Avraamidou L., Wals A. & Goedhart M. Supporting Secondary Students' Morality Development in Science Education. *Studies in Science Education*, 2021, no. 58:2, pp. 141-181. doi: 10.1080/03057267.2021.1944716
19. Luneeva O.L., Zakirova V.G. Integration of Mathematical and Natural-Science Knowledge in School Students' Project-Based Activity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2017, vol. 13, no. 7, pp. 2821-2840.
20. Morgacheva N.V., Sotnikova E.B., Shcherbatykh S.V., Shcherbatykh L.N. Interactive Technologies of Teaching Disciplines of the Natural Science Cycle as a Means of Forming a Socially Adapted Student's Personality. *AIP Conference Proceedings*, 2022, no. 2647, pp. 020011. doi: 10.1063/5.0104364
21. Morgacheva N.V., Sotnikova E.B., Shcherbatykh S.V., Shcherbatykh L.N. Project technology as a means of developing students communication skills. *ASEDU – 2020. Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1691, pp. 012211. doi: 10.1088/1742-6596/1691/1/012211
22. Pak M.S. Chemical Education in Russia: Features and Tendencies of Development. *Journal of Science Education*, 2012, vol. 13, no. Suppl, pp. 15-19.
23. Sanger M.J., Brincks E.L., Phelps A.J., Pak M.S., Lyovkin A.N. A Comparison of Secondary Chemistry Courses

- and Chemistry Teacher Preparation Programs in Iowa and Saint Petersburg, Russia. *Journal of Chemical Education*, 2001, vol. 78, no. 9, pp. 1275-1280.
24. Sjöberg S., Jenkins E. PISA: a Political Project and a Research Agenda. *Studies in Science Education*, 2020, no. 58(1). doi: 10.1080/03057267.2020.1824473
 25. Tarov D.A., Tarova I.N., Sotnikova E.B., Morgacheva N.V. The formation of students' telecommunicative competence through the knowledge synthesis in the study of natural sciences. *ASEDU – 2020. Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1691, pp. 012044. doi: 10.1088/1742-6596/1691/1/012044
 26. Weinberg A.E., Balgopal M., McMeeking L.B.S. Professional Growth and Identity Development of STEM Teacher Educators in a Community of Practice. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2021, no. 19, pp. 99–120. doi: 10.1007/s10763-020-10148-9
 27. Weinberg A.E., McMeeking L.B.S. Toward Meaningful Interdisciplinary Education: High School Teachers' Views of Mathematics and Science Integration. *School Science and Mathematics*, 2017, no. 117(5), pp. 204-213. doi: 10.1111/ssm.12224
 28. Tomyuk O. N., Dyachkova M. A., & Shutaleva A. V. Issues of modeling smart personality – human image of the digital age. *Economic consultant*, 2020, vol. 31 (3), pp. 115–124. doi: 10.46224/ecoc.2020.3.8
 29. González-Howard, M., Andersen, S., Méndez Pérez, K. et al. Re-imagining science education research toward a language for science perspective. *Cultural Studies of Science Education*, 2024, vol. 19, pp. 287–293. <https://doi.org/10.1007/s11422-024-10213-7>
 30. Twizeyimana, E., Shyiramunda, T., Dufitumukiza, B. et al. Teaching and learning science as inquiry: an outlook of teachers in science education. *SN Social Sciences*, 2024, vol. 4, article no. 40. <https://doi.org/10.1007/s43545-024-00846-4>

Авторы

Моргачева Наталья Викторовна

(Российская Федерация, г. Елец)

Кандидат педагогических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени

И.А. Бунина»

E-mail: biokafe@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0002-8856-5801

Scopus Author ID: 57210640330

Сотникова Елена Борисовна

(Российская Федерация, г. Елец)

Кандидат педагогических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени

И.А. Бунина»

E-mail: sotnikovaeb@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0003-0867-9145

Scopus Author ID: 57219093884

Щербатых Сергей Викторович

(Российская Федерация, Елец)

Доктор педагогических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им.

И.А. Бунина»

E-mail: shcherserg@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-4870-8257

Scopus Author ID: 57196473659

Authors

Natalya V. Morgacheva

(Russian Federation, Yelets)

Cand. Sci. (Educ.), Associate Professor

Bunin Yelets State University

E-mail: biokafe@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0002-8856-5801

Scopus Author ID: 57210640330

Elena B. Sotnikova

(Russian Federation, Yelets)

Cand. Sci. (Educ.), Associate Professor

Bunin Yelets State University

E-mail: sotnikovaeb@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0003-0867-9145

Scopus Author ID: 57219093884

Sergey V. Shcherbatykh

(Russian Federation, Yelets)

Dr. Sci. (Educ.), Professor

Bunin Yelets State University

E-mail: shcherserg@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-4870-8257

Scopus Author ID: 57196473659

Вклад авторов

Моргачева Н. В.: концептуализация, методология, создание рукописи и ее редактирование, руководство исследованием

Сотникова Е. Б.: верификация данных, проведение исследования, создание черновика рукописи, визуализация

Щербатых С. В.: формальный анализ, визуализация

Author's contribution

Natalya V. Morgacheva: Conceptualization, Methodology, Writing - Review & Editing, Project administration

Elena B. Sotnikova: Validation, Investigation, Writing - Original Draft, Visualization

Sergey V. Shcherbatykh: Formal analysis, Visualization

© Моргачева Н. В., Сотникова Е. Б., Щербатых С. В., 2025

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

© Natalya V. Morgacheva, Elena B. Sotnikova, Sergey V. Shcherbatykh, 2025

The author's declared no conflicts of interest