

УДК 001.891:808.1:630; ГРНТИ 14.35.07; 06.75.00

<https://doi.org/10.47526/2025-4/2664-0686.299>К.Б. АЛИПИНА¹, ЧОЙМАА ДУЛАМСУРЕН², Г.Б. ТОКТАГАНОВА³¹старший преподаватель, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова

(Казахстан, г. Усть-Каменогорск), e-mail: alipina_87@mail.ru

²доктор биологических наук, профессор, Альберт Людвиг университет

(Германия, г. Фрайбург), e-mail: choimaa.dulamsuren@gmail.com

³старший преподаватель, Кызылординский университет им. Коркыт Ата

(Казахстан, г. Кызылорда), e-mail: Tokhtaganova@korkyt.kz

НАУЧНОЕ ПИСЬМО И КОММУНИКАЦИЯ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ ЛЕСНОГО ПРОФИЛЯ

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию и экспериментальному обоснованию модели формирования навыков научного письма и коммуникации у студентов, обучающихся по направлению «Лесное хозяйство». В рамках работы был проведён наукометрический анализ публикаций с использованием программного обеспечения CiteSpace, что позволило выделить ключевые направления исследований, такие как аргументация, исследовательский подход к письму, научная коммуникация и метакогнитивные аспекты.

Параллельно с аналитической частью был реализован педагогический эксперимент, включавший диагностику, внедрение модели и оценку её эффективности. В исследовании приняли участие студенты экспериментальных и контрольных групп. Навыки оценивались по восьми аспектам: формулировка научной проблемы, структура текста, цитирование, логика изложения, научная лексика, интерпретация данных, визуализация и обоснование выводов.

Результаты показали, что в экспериментальной группе наблюдается значительное улучшение всех компонентов (в среднем на 35%), тогда как в контрольной группе изменения были минимальны. Это подтверждает эффективность практико-ориентированной модели, интегрированной в образовательный процесс на основе исследовательских заданий. Полученные результаты могут быть использованы при разработке образовательных программ и методик для подготовки специалистов в области лесного хозяйства.

Ключевые слова: научное письмо, научная коммуникация, исследовательские компетенции, CiteSpace, лесное хозяйство, педагогический эксперимент.

* Цитируйте нас правильно:

Алипина К.Б., Дуламсурен Ч., Токтаганова Г.Б. Научное письмо и коммуникация как средство формирования исследовательских навыков студентов лесного профиля // *Ясауи университетінің хабаршысы*. – 2025. – №4 (138). – С. 384–405. <https://doi.org/10.47526/2025-4/2664-0686.299>

*Cite us correctly:

Alipina K.B., Dulamsuren Ch., Tokhtaganova G.B. Nauchnoe pismo i kommunikacia kak sredstvo formirovania issledovatel'skih navykov studentov lesnogo profilja [Development of scientific writing and communication skills in the context of forestry research] // *Iasaui universitetinin habarshysy*. – 2025. – №4 (138). – S. 384–405. <https://doi.org/10.47526/2025-4/2664-0686.299>

Дата поступления статьи в редакцию 10.04.2025 / Дата публикации 30.12.2025

K.B. Alipina¹, Choimaa Dulamsuren², G.B. Toktaganova³¹*Senior Lecturer, S. Amanzholov East Kazakhstan University**(Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk), e-mail: alipina_87@mail.ru*²*Doctor of Biological Sciences, Professor, Albert Ludwig University**(Germany, Freiburg), e-mail: choimaa.dulamsuren@gmail.com*³*Senior Lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University**(Kazakhstan, Kyzylorda), e-mail: Tokhtaganova@korkyt.kz*

Development of Scientific Writing and Communication Skills in The Context of Forestry Research

Abstract. This article is devoted to the study and experimental validation of a model for developing scientific writing and communication skills among students majoring in Forestry. The study included a scientometric analysis of scientific publications using CiteSpace software, which revealed key areas of research such as argumentation, inquiry-based writing, scientific communication, and metacognitive components.

In parallel with the analytical work, a pedagogical experiment was carried out, involving students from both experimental and control groups. The skills were assessed across eight aspects: formulation of the scientific problem, text structuring, source citation, clarity and logical coherence, use of scientific vocabulary, data interpretation, visualization of results, and justification of conclusions.

The results demonstrated a significant improvement (on average, by 35%) in all components among students in the experimental group, while the control group showed minimal changes. This confirms the effectiveness of the practice-oriented model, integrated into the educational process through research-based tasks. The findings can be applied to the development of educational programs and methods for training forestry specialists.

Keywords: scientific writing, scientific communication, research competencies, CiteSpace, forestry, pedagogical experiment.

К.Б. Алипина¹, Чоймаа Дуламсурен², Г.Б. Тоқтағанова³¹*аға оқытушы, С. Аманжолов ат. Шығыс Қазақстан университеті**(Қазақстан, Өскемен қ.), e-mail: alipina_87@mail.ru*²*биология ғылымдарының докторы, профессор**Альберт Людвиг университеті (Германия, Фрайбург қ.), e-mail: choimaa.dulamsuren@gmail.com*³*аға оқытушы, Қорқыт Ата ат. Қызылорда университеті**(Қазақстан, Қызылорда қ.), e-mail: Tokhtaganova@korkyt.kz*

Орман шаруашылығы зерттеулері контекстінде ғылыми жазу және коммуникациялық дағдыларды дамыту

Аңдатпа. Бұл мақала «Орман шаруашылығы» бағыты бойынша білім алушылардың ғылыми жазба және коммуникациялық дағдыларын қалыптастыру моделін зерттеуге және эксперименттік тұрғыда негіздеуге арналған. Зерттеу аясында CiteSpace бағдарламалық жасақтамасын пайдалана отырып, ғылыми жарияланымдарға библиометриялық талдау жүргізілді. Нәтижесінде аргументация, зерттеуге негізделген жазу тәсілдері, ғылыми коммуникация және метатанымдық аспектілер сияқты негізгі бағыттар айқындалды.

Аналитикалық бөліммен қатар, педагогикалық эксперимент жүргізілді. Эксперименттік және бақылау топтарының студенттері қатысқан бұл зерттеуде дағдылар келесі сегіз аспект бойынша бағаланды: ғылыми мәселені тұжырымдау, мәтінді құрылымдау, дереккөздерді

сілтеме жасау, баяндаудың қисындылығы мен анықтығы, ғылыми лексиканы қолдану, деректерді интерпретациялау, нәтижелерді визуализациялау және қорытындыларды дәлелдеу.

Эксперименттік топта дағдылардың барлық компоненттері айтарлықтай (орта есеппен 35%) жақсарғаны байқалды, ал бақылау тобында өзгерістер шамалы болды. Бұл нәтижелер зерттеуге негізделген тапсырмалар арқылы білім беру процесіне енгізілген практикалық бағыттағы модельдің тиімділігін дәлелдейді. Алынған нәтижелер орман шаруашылығы саласындағы мамандарды даярлауға арналған білім беру бағдарламаларын әзірлеуде қолдануға болады.

Кілт сөздер: ғылыми жазу, ғылыми коммуникация, зерттеу құзыреттілігі, CiteSpace, орман шаруашылығы, педагогикалық эксперимент.

Введение

Термин «научное письмо и коммуникация» в последние годы всё чаще используется в научной и образовательной среде для обозначения совокупности навыков, необходимых для эффективного представления и распространения результатов исследований. Развитие этих навыков приобретает особую значимость в условиях усиления требований к академической публикационной активности и стремительного развития цифровой среды научного взаимодействия.

В условиях модернизации образования и акцента на практико-ориентированное обучение формирование исследовательских компетенций студентов становится неотъемлемой частью подготовки кадров. Особенно важно развивать у обучающихся способность ясно и логично представлять результаты научной деятельности, использовать принятые стандарты научного оформления, взаимодействовать с профессиональным сообществом, а также формировать аналитические и аргументированные тексты. Всё это способствует не только повышению качества подготовки специалистов, но и их интеграции в международное научное пространство.

Настоящая работа направлена на изучение подходов к развитию навыков научного письма и коммуникации у студентов, вовлечённых в исследования, а также на выявление актуальных направлений и научных кластеров в данной области. В рамках исследования рассматриваются как педагогические стратегии (PBL, DBL, STEM, inquiry-based learning), так и цифровые инструменты, способствующие формированию письменной и устной научной речи.

Несмотря на растущий интерес к развитию научного письма и коммуникации в целом, наблюдается явный дефицит исследований, посвящённых данной тематике в контексте лесного хозяйства и подготовки специалистов лесного профиля. Этот вывод подтверждается результатами наукометрического анализа публикаций, индексируемых в базе Web of Science, проведённого с использованием программного обеспечения CiteSpace (Chen, 2006). Анализ показал, что ключевые термины «scientific writing», «science communication», «academic writing» в большинстве случаев встречаются в публикациях, связанных с медициной, инженерией, общей педагогикой и биологией. В то же время публикации, относящиеся к направлениям forestry education или forest science students, представлены фрагментарно и не формируют устойчивых научных кластеров.

В связи с этим возникает необходимость комплексного анализа существующих педагогических подходов, а также разработки и внедрения моделей, способствующих эффективному формированию у студентов навыков научной коммуникации в рамках реальных исследовательских проектов. Данное исследование стремится восполнить

обозначенный научно-практический пробел, опираясь как на наукометрический анализ с использованием CiteSpace, так и на экспериментальную апробацию практико-ориентированной модели формирования научной письменной речи у студентов лесного хозяйства.

Несмотря на существование образовательных программ в сфере лесного хозяйства Казахстана, качество подготовки специалистов сталкивается с определёнными вызовами. Ежегодно в Казахстане выпускается более 100 специалистов в области лесного хозяйства. Согласно данным Министерства науки и высшего образования РК, около 60% выпускников вузов работают не по специальности, что свидетельствует об отсутствии привязки подготовки кадров к экономическим потребностям региона. Те, кто устраивается в сфере лесного хозяйства, зачастую не вовлечены в научно-исследовательскую деятельность, поскольку это не предусмотрено их должностными обязанностями. Значительная часть работников лесного хозяйства не обладает профильным образованием, что обусловлено низким уровнем заработной платы и отсутствием социальной поддержки, снижающими привлекательность работы в данной отрасли.

Согласно данным Национальной палаты предпринимателей РК «Атамекен», образовательные программы по направлению B079 «Лесное хозяйство» реализуются в 8 университетах, расположенных в 7 городах страны. Однако такие программы преимущественно ориентированы на теоретические дисциплины, а практическая подготовка ограничивается непродолжительными периодами учебной и производственной практики.

В развитых странах образовательные программы в сфере лесного хозяйства строятся на тесной интеграции научных исследований, практики и инноваций. Студенты вовлекаются в проектную деятельность, мониторинг экосистем, работу в лабораториях и моделирование природных процессов. Особое внимание уделяется критическому мышлению, междисциплинарному подходу и академическому письму как части образовательной парадигмы. Такой подход позволяет будущим специалистам быть готовыми к вызовам устойчивого управления природными ресурсами.

Развитие навыков научного письма и коммуникации является необходимым условием профессионального роста будущих учёных и специалистов. Эффективная научная коммуникация способствует интеграции в академическое сообщество, участию в международных проектах и продвижению научных результатов в обществе [1; 2].

Структурированные образовательные программы играют важную роль в формировании этих компетенций. Примером является программа «Научная коммуникация», основанная на принципах обучения высокому уровню мышления (HOLS), обеспечивающая развитие навыков чёткого изложения и аргументации [3; 4; 5]. В вузах всё чаще внедряются учебные курсы по научному письму, где студенты учатся формулировать гипотезы, оформлять статьи и готовить научные отчёты. Кроме того, ресурсы, такие как книга *The Craft of Scientific Communication*, служат практическим инструментом повышения уровня академического письма [6; 7].

Включение таких курсов в бакалавриат и магистратуру способствует повышению уровня подготовки, особенно в условиях глобализации научного знания. Курсы, предлагаемые в Университете Дьюка и Стэнфорде, демонстрируют, как можно сочетать теоретическую базу с практическими заданиями и подготовкой к публикационной деятельности [8; 9].

Интеграция студентов в реальные научные исследования представляет собой преобразующий образовательный подход, способствующий более глубокому обучению и вовлечённости в науку [10]. Программы, такие как *Students as Researchers (STARs)*, позволяют учащимся реализовывать инициативные исследования в школах и вузах, формируя у них ответственность и интерес к научной работе [11].

Аутентичные формы исследований, исследовательские стажировки, партнёрства между учащимися, учителями и учёными (Student-Teacher-Scientist Partnerships), полевые практики и участие в гражданской науке (citizen science) открывают студентам путь к пониманию научной методологии, критическому мышлению и навыкам анализа данных [12-17].

STEM-подходы, интеграция проектной деятельности и обучение через практику усиливают вовлечённость обучающихся и готовят их к профессиональной научной деятельности [18; 19].

Для выявления направлений и тенденций в исследовательской области было использовано программное обеспечение CiteSpace - инструмент анализа цитирования и визуализации научной информации. Данный инструмент позволяет отслеживать ключевые публикации, формирующие научные кластеры, выявлять авторов с высоким индексом цитирования и строить сети соавторства [20–23].

«Проведённый наукометрический анализ публикаций, индексируемых в базе Web of Science Core Collection с использованием программного обеспечения CiteSpace, показал, что наиболее активные исследования по теме научной коммуникации сосредоточены в областях медицины, педагогики и инженерии. При этом публикации, связанные с подготовкой студентов лесного хозяйства, представлены фрагментарно и не формируют устойчивых научных кластеров, что свидетельствует о необходимости дальнейшего развития данного направления как в исследовательском, так и в прикладном аспекте.

Методы исследования и материалы

Для проведения наукометрического анализа были использованы данные из базы Web of Science Core Collection (WOSCC) - авторитетного международного источника научной информации, включающего публикации, прошедшие экспертное рецензирование. В выборку были включены публикации из индексов Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) и Emerging Sources Citation Index (ESCI), поскольку они охватывают широкий спектр дисциплин, включая образование, экологию, лесное хозяйство и междисциплинарные исследования.

Поиск публикаций проводился в марте 2025 года через расширенный интерфейс Web of Science. Для повышения точности выборки были использованы логические операторы AND, OR, а также фразовый поиск в кавычках «...». Запросы применялись к следующим полям публикаций: название (Title), аннотация (Abstract) и ключевые слова авторов (Author Keywords). Это позволило выявить работы, затрагивающие тематику научного письма и коммуникации в контексте образования в сфере лесного хозяйства.

Примеры поисковых запросов:

1. «scientific writing» OR «science communication» AND «forestry education»;
2. («academic writing» OR «research skills») AND («forestry education» OR «environmental education»).

В качестве ключевых слов были использованы следующие термины: scientific writing, science communication, academic writing, research skills, student engagement, forestry education, environmental education, scientific literacy, publication ethics, STEM communication.

Период анализа охватывает 2021–2024 годы. Данные за 2025 год были исключены из анализа, поскольку на момент его проведения в базе Web of Science они ещё не были доступны в полном объёме.

Критерии включения публикаций:

– язык публикации - английский;

–тип публикаций - оригинальные статьи, обзоры, редакционные материалы, тезисы конференций, письма;

–полнотекстовая доступность и релевантность теме исследования.

В результате применения указанных критериев в анализ было включено 77 публикаций, соответствующих тематике пересечения научного письма и образовательных практик в области лесного хозяйства. Все отобранные публикации были экспортированы в формат, совместимый с программным обеспечением CiteSpace, для дальнейшего анализа научных кластеров, терминов, авторских сетей и временных трендов.

Для анализа научной литературы применялось программное обеспечение CiteSpace, предназначенное для визуализации и анализа структурных связей между научными публикациями [24]. CiteSpace позволяет выявлять ключевые кластеры, авторов, темы и тенденции на основе анализа цитирования.

В рамках исследования использовались следующие функции:

- кластеризация научных публикаций;
- анализ всплесков цитирования;
- оценка центральности узлов в сети (по степени и по промежуточности);
- расчёт Sigma - показателя значимости, объединяющего цитируемость и центральность;
- построение тематических и авторских сетей.

Параметры анализа:

- тип анализа: совместное цитирование (co-citation);
- уровень анализа: документ – автор – ключевые слова;
- интервалы: по 1 году;
- метод маркировки кластеров: LLR, LSI, MI;
- минимальный порог цитируемости: 3;
- визуализация сохранена в формате PNG.

Применение наукометрического подхода с помощью CiteSpace позволило:

- систематизировать существующие публикации;
- выявить ключевые кластеры и недостающие направления;
- оценить актуальность и научную насыщенность тематики;
- обосновать необходимость дальнейших исследований в контексте формирования научно-исследовательских компетенций у студентов лесного хозяйства.

Таблица 1 - Поисковые запросы

Источник	Web of Science Core Collection
Базы цитирования	SCI-EXPANDED, ESCI
Временной охват	2021 – 2025 гг.
Язык	Английский
Типы документов	Статьи (Article)
Этапы поиска	Поисковый запрос
#1	TS = («scientific writing» OR «academic writing» OR «science communication» OR «research writing» OR «scientific literacy» OR «publication literacy» OR «research communication» OR «writing skills» OR «presentation skills» OR «academic discourse» OR «research competence»)
#2	TS = («forestry education» OR «forest science» OR «forest research» OR «forestry students» OR «environmental education» OR «natural resources education» OR «forest ecology» OR «sustainable forestry»)
#3	#1 AND #2

Примечание:

#1 - этап поиска литературы по научному письму и коммуникации;

#2 - этап поиска литературы, связанной с лесным хозяйством и исследованиями;

#3 - объединённый запрос для выявления релевантных публикаций на пересечении двух направлений.

Данные таблицы 1 были получены из базы Web of Science (WOS) в форматах «Full Record» и «Cited References» в марте 2025 года. Итоговая выборка составила 77 публикаций, которые были тщательно проверены на наличие дубликатов, предварительно обработаны и импортированы в программное обеспечение CiteSpace - интеллектуальную платформу для майнинга документальных данных и визуализации, разработанную командой Чаомея Чена [21].

Программа CiteSpace сочетает методы анализа социальных сетей и кластерного анализа, что обеспечивает построение структурных и тематических карт научных публикаций. В рамках анализа исследовались фундаментальные знания, ограничения в исследованиях, ключевые темы, эволюция направлений, а также сети научного сотрудничества, сети соавторства и цитирования.

Для обеспечения воспроизводимости и надёжности анализа были зафиксированы используемые параметры сокращения и фильтрации сети (в частности, метод Pathfinder). В работе использовалась версия CiteSpace 5.8 R1, что позволило провести последовательную и достоверную обработку собранных данных.

Методология исследования

На основе анализа научной литературы и современных педагогических подходов была разработана и апробирована практико-ориентированная модель формирования научно-исследовательских компетенций студентов по направлению подготовки «Лесное хозяйство». Модель объединяет теоретический и практический компоненты и направлена на развитие навыков научного письма, коммуникации и самостоятельной исследовательской деятельности.

Модель включает следующие этапы: организационный, теоретический, практический, итоговый и этап оценки эффективности. В процессе реализации использовались методы полевого исследования, проектной работы, научного письма, а также методики саморефлексии и экспертной оценки.

Цель исследования – проверить эффективность практико-ориентированной модели формирования исследовательских компетенций у студентов направления «Лесное хозяйство» с акцентом на развитие навыков научного письма и коммуникации на основе сочетания наукометрического анализа и педагогического эксперимента.

Задачи исследования:

- провести наукометрический анализ публикаций по теме научного письма и коммуникации с использованием CiteSpace;
- разработать и внедрить практико-ориентированную модель формирования исследовательских компетенций с акцентом на научное письмо и коммуникацию;
- апробировать модель в учебном процессе через педагогический эксперимент;
- оценить динамику развития навыков научного письма и коммуникации у студентов экспериментальной и контрольной групп.

Описание модели показаны в Таблице 2.

Таблица 2 - Описание модели

№	Этап	Содержание
1	Организационный	Формирование контрольных и экспериментальных групп
2	Теоретический	Семинары по научному письму, анализу данных и подготовке научных текстов
3	Практический	Полевые выезды (сбор кернов, анализ годичных колец, визуальное обследование деревьев), последующая обработка данных и их использование для написания научных статей, рефератов и подготовки устных презентаций
4	Итоговый	Проведение научного семинара с презентацией результатов, обсуждение
5	Оценка эффективности	Использованы шкалы оценки мотивации, когнитивных, процессуальных, практических и рефлексивных компонентов (см. ниже)

Для усиления учебной части в рабочий учебный план была внедрена дисциплина «Организация и планирование научно-исследовательской работы», а практическая подготовка студентов усиливалась за счёт дисциплины «Дендрохронология». Эти курсы стали базой для формирования исследовательских компетенций, развития навыков научного письма, публикационной активности и освоения основ академической этики.

Методы диагностики и оценки

Для оценки сформированности научно-исследовательских компетенций студентов применялся комплекс диагностических методик, охватывающих мотивационные, когнитивные, процессуальные, практические и рефлексивные компоненты.

1. Мотивационный компонент

Для измерения уровня учебной и исследовательской мотивации использовалась модифицированная методика А. Мехрабиана, адаптированная под образовательный контекст. Она позволила определить внутреннюю установку студентов на достижение академических и научных целей.

2. Когнитивный компонент

Оценка уровня интеллектуального развития и способности к научному мышлению проводилась с применением теста психического развития (интеллектуальная диагностика), направленного на выявление логического, аналитического и абстрактного мышления.

3. Процессуальный и практический компоненты

Для диагностики умений планировать и выполнять исследовательские действия были использованы:

- экспертная оценка исследовательских и проектных работ (рефератов, отчётов, постеров);
- результаты участия студентов в конкурсах и научных конференциях;
- наблюдение за выполнением практических заданий;
- анализ результатов лабораторных и полевых работ;
- специальные профессионально ориентированные тесты, направленные на проверку прикладных исследовательских навыков.

4. Рефлексивный компонент

Диагностика уровня осознания собственного исследовательского пути и самооценки умений осуществлялась с использованием методики самооценки С.А. Будасси, включающей шкалы рефлексии и профессиональной ориентации. Когнитивный компонент исследовательских компетенций определялся по методике Е.М. Борисовой, К.М. Гуревича,

Г.П. Логиновой и В.Т. Козлова, адаптированной к профессиональной подготовке студентов лесного профиля. При этом особое внимание уделялось показателям, характеризующим уровень развития навыков научного письма и коммуникации: умению структурировать текст, аргументировать и логически выстраивать рассуждения, корректно использовать источники и ссылки, а также формулировать выводы в соответствии с нормами академического дискурса. Комплексное определение мотивационного, когнитивного, процессуального, практического и рефлексивного компонентов позволило установить степень сформированности данных навыков у обучающихся.

Эксперимент

Педагогический эксперимент проводился в рамках научного проекта AP25794101 «Изучение влияния техногенных факторов и изменения климата на древесные породы, произрастающие в промышленных регионах Восточного Казахстана, методом дендроиндикации» (2025–2027 гг.), реализуемого по программе грантового финансирования «Жас ғалым» Министерства науки и высшего образования РК. Студенты, вовлечённые в проект, получили возможность участия в реальных научных исследованиях, что обеспечило практическое применение модели.

В рамках данного проекта обучающиеся принимали участие в практико-ориентированных исследованиях, что создало благоприятные условия для развития их научного письма и академической коммуникации в реальном исследовательском контексте.

Участники эксперимента

В эксперименте приняли участие 129 студентов. Экспериментальная группа (ЭГ) включала обучающихся, вовлечённых в исследовательскую и полевую деятельность, контрольная группа (КГ) осваивала материал по традиционной программе. Распределение студентов по экспериментальной и контрольной группам отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Количество студентов в экспериментальной и контрольной группах

ВУЗ	Курс	Экспериментальная		Контрольная	
		Учащиеся мужского пола	Учащиеся женского пола	Учащиеся мужского пола	Учащиеся женского пола
ВКУ им. С. Аманжолова	2	5	18	5	17
ВКУ им. С. Аманжолова	3	3	19	4	17
ВКТУ им. Д. Серикбаева	2	9	5	11	4
ВКТУ им. Д. Серикбаева	3	4	2	3	3
Всего		65		64	

Этапы педагогического эксперимента

1. Констатирующий этап: определение исходного уровня исследовательских компетенций студентов, включая навыки научного письма и коммуникации как их ключевые компоненты;

2. Формирующий этап: внедрение практико-ориентированной модели, организация участия студентов в полевых исследованиях, проведение семинаров по научному письму, выполнение проектных заданий;

3. Контрольный этап: финальная диагностика уровня сформированности исследовательских компетенций и навыков научного письма, защита проектов и анализ динамики их развития в экспериментальной и контрольной группах.

На практическом этапе эксперимента особое внимание уделялось сбору древесных кернов и их последующей обработке в соответствии с классической дендрохронологической методикой. Отбор образцов осуществлялся на пробных площадях размером 20×20 м с использованием пресслеровского бура на высоте 1,3 м от поверхности почвы, что иллюстрируется на рисунке 1. Студенты фиксировали координаты участков с помощью GPS, проводили таксационное описание деревьев, выполняли кодирование образцов.



Рисунок 1– Полевые работы (фото: Алипина К.Б., студенты)

а – отбор кернов с помощью пресслеровского бура; б – закрепление керна и нумерация образцов, и запись исходных данных; с – измерение диаметра и высоты дерева

В лабораторных условиях осуществлялись сушка, шлифовка и окрашивание кернов, что обеспечивало возможность более точного выявления годовичных колец и повышения качества измерений. Измерение ширины годовичных колец выполнялось на полуавтоматизированной установке LINTAB-6 с использованием стереомикроскопа и специализированного программного обеспечения TSAP-Win, что позволило обеспечить высокую точность и автоматизированную фиксацию данных, как показано на рисунке 2.

Данные процедуры не только формировали у обучающихся исследовательские умения, но и способствовали развитию навыков научного письма и коммуникации за счёт оформления полевых журналов, подготовки описательных отчётов и представления результатов в письменной и устной формах.

Критерии оценки эффективности:

- мотивационный – интерес к научной деятельности;
- когнитивный – знания и понимание научного процесса;
- процессуальный – умение выполнять этапы исследования;
- практический – способность применять методы исследования;
- рефлексивный – способность к самоанализу и оценке результатов.

Методы обработки результатов: t-критерий Стьюдента, корреляционный анализ (связь между уровнем активности и результатами диагностики).

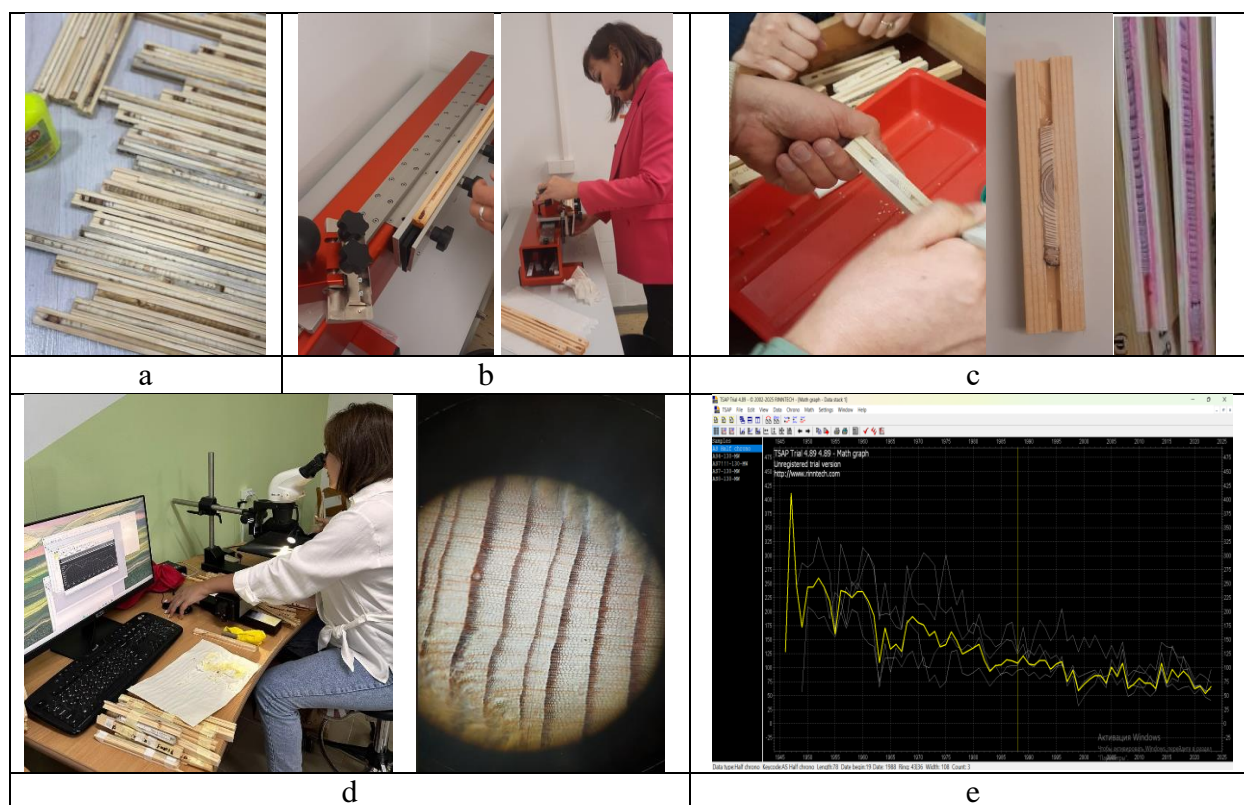


Рисунок 2 – Лабораторная работа (Фото: Алипина К.Б., студенты)

а – закрепление кернов на деревянной основе; б – шлифовка поверхности образца микроотомом; с – окрашивание сафранином и нанесение мела; д – измерение годовичных колец; е – автоматический ввод данных в компьютер

Результаты и обсуждение

А. Географическое распространение публикационной активности в области научного письма и коммуникации, проведённое на основе анализа публикаций, индексируемых в базе Web of Science Core Collection. В качестве критериев использовались:

- количество публикаций по странам;
- динамика роста публикаций за определённый период;
- распределение соавторских связей между странами;
- наличие наиболее продуктивных исследовательских центров и организаций.

В рамках настоящего исследования был проведён наукометрический анализ публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection (WOSCC), с использованием программного обеспечения CiteSpace (версия 6.1.R6). В выборку включены публикации за период с 2021 по март 2025 года, соответствующие тематике «scientific writing», «academic writing», «science communication», «research skills», «forestry education» и «environmental education».

Ключевые страны были определены на основе аффилиаций авторов публикаций, отобранных по расширенному поисковому запросу в полях Title, Abstract и Author Keywords. Каждая страна ранжировалась по количеству публикаций и числу цитирований. В аналитическую выборку вошли 77 публикаций, соответствующих критериям поиска. CiteSpace позволил выделить страны, чьи исследователи внесли наибольший вклад в развитие тематики, и автоматически распределил их по тематическим кластерам (Рисунок 3).

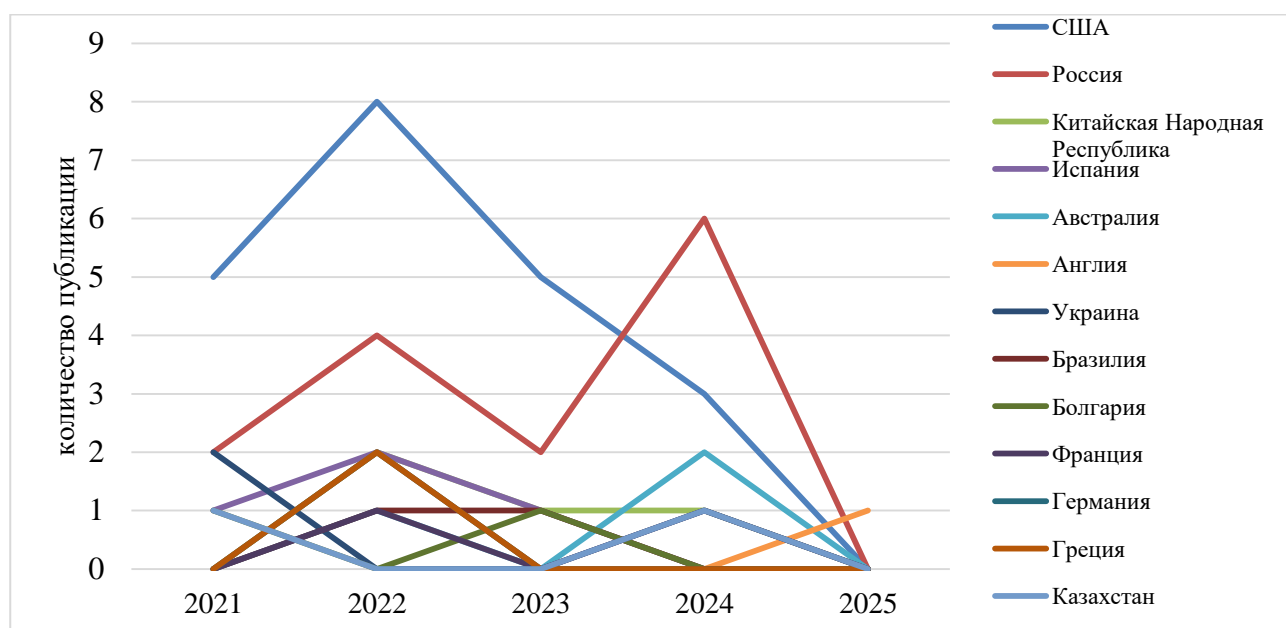


Рисунок 3 – Анализ кластер стран распределения [25]

В исследование были включены публикации, индексируемые в базах данных Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) и Social Sciences Citation Index (SSCI), входящих в коллекцию Web of Science Core Collection (WOSCC). В выборку вошли оригинальные научные статьи, обзорные статьи, редакционные материалы, материалы конференций и научные заметки. База данных Scopus в рамках анализа не использовалась. При расчёте библиометрических показателей учитывалась цитируемость отдельных публикаций, а не журналов в целом.

Испания продемонстрировала устойчивую активность (4 цитирования, кластер №6), особенно в направлении развития письменной научной коммуникации. Австралия (3 цитирования, кластер №2), Мексика и Германия (по 2 цитирования) также продемонстрировали вовлечённость в тему, связанную с участием студентов в научных публикациях и образовательных проектах. Интересным является участие Франции, Южно - Африканская Республика, Украины и Швейцарии, каждая из которых фигурирует в сети как важный участник отдельных кластеров.

По показателю центральности, наивысшее значение показала Швейцария (0.14, кластер №0), что указывает на её роль как связующего звена между различными тематиками и направлениями исследований. Далее, следуют Германия (0.06) и Мексика (0.05), также играющие важную роль в формировании и распространении научной информации.

Показатель сигма - отражающий сочетание всплесков цитирования и центральности - составил 1.00 у всех лидирующих стран, включая Швейцарию, Германию, США, Россию, Китай, Испанию, Австралию и других. Это подчёркивает равномерную значимость их вклада в исследуемую тематику.

Тем не менее, при анализе содержательной направленности публикаций было установлено, что исследования, посвящённые развитию навыков научного письма и коммуникации в контексте лесного хозяйства, представлены крайне ограниченно. Обзор литературы в данном исследовании базировался на работах, индексируемых в Web of Science Core Collection (SCI-EXPANDED, SSCI), и включал публикации в областях педагогики, медицины, инженерии и смежных наук, где накоплен значительный опыт по формированию и развитию академического письма. Отсутствие достаточного числа работ, относящихся

именно к лесному хозяйству, свидетельствует о наличии исследовательского пробела и подчёркивает актуальность задач, поставленных в настоящем исследовании.

Таким образом, полученные результаты отражают глобальную вовлечённость в развитие академической грамотности и научной письменности, но одновременно указывают на необходимость формирования нового направления, ориентированного на подготовку специалистов в области лесного хозяйства с высоким уровнем исследовательских и коммуникативных компетенций.

В. Тематические направления, связанные с научным письмом и коммуникацией

1) Основные направления исследования

Рисунок 4 представляет собой граф совместной встречаемости ключевых слов, в котором каждый узел соответствует определённому термину, связанному с научным письмом, академическим и исследовательским обучением. Размер узлов отражает значимость ключевых слов, а связи между ними указывают на частоту их совместного использования в научных публикациях. Для визуализации структуры тематических направлений была использована технология кластерного анализа с применением метода обрезки Pathfinder.

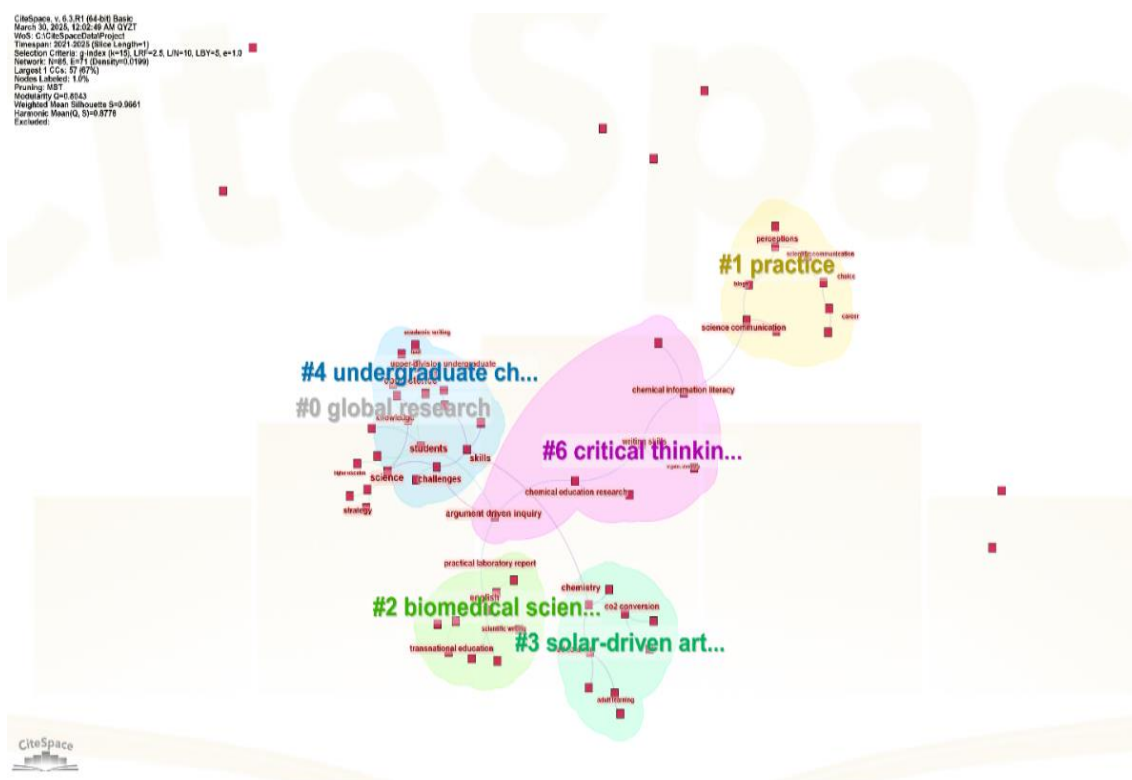


Рисунок 4 – Сеть ключевых слов, основанная на статьях, опубликованных в период с 2021 по 2025 год [25]

На основании анализа данных были выделены шесть основных кластеров, отражающих доминирующие направления в научной литературе. Наиболее крупный кластер (кластер #0) охватывает такие ключевые слова, как «scientific writing», «global research», «higher education» и «students», что подчёркивает активное внимание к вопросам подготовки студентов к исследовательской деятельности в условиях глобальных изменений. Он

включает 15 публикаций и отличается высоким коэффициентом силуэта (1.0), что свидетельствует о его высокой когерентности.

Второй по размеру кластер (#1) ассоциирован с темами «scientific communication» и «plant science», отражая интерес к развитию научной коммуникации в контексте растениеводства и, в нашем случае, может быть интерпретирован как связанный с экологическим образованием и популяризацией тем изменения климата и состояния лесов.

Кластер #2 связан с поддержкой развития исследовательских навыков студентов, особенно в биомедицинских науках, что находит перекликание с экологическими аспектами адаптации живых организмов к внешним воздействиям, включая техногенные факторы.

Также заслуживает внимания кластер #6, включающий такие важные аспекты, как «critical thinking», «communication skill» и «argument driven inquiry» - навыки, необходимые для анализа последствий климатических и антропогенных изменений на древесные экосистемы, особенно в процессе подготовки студентов-исследователей.

Данные кластерного анализа указывают на то, что темы, связанные с научным письмом, критическим мышлением, исследовательской деятельностью студентов, а также лесным хозяйством, активно развиваются и имеют высокую значимость в контексте современных научных исследований. Это подчёркивает важность формирования междисциплинарного подхода в обучении интеграции методов анализа климатических и техногенных факторов в образовательный процесс, особенно в рамках подготовки специалистов в области лесного хозяйства.

С) Интеллектуальная структура научного письма и коммуникации

Для визуализации интеллектуальной структуры исследуемой области было использовано программное обеспечение CiteSpace, основанное на методах анализа цитации и соавторства научной литературы, индексированной в базе данных Web of Science Core Collection за период 2021–2025 гг.

Несмотря на заявленный временной интервал, анализ охватывает только публикации за 2021–2024 годы. Это связано с тем, что на момент проведения поиска (март 2025 года) публикации за 2025 год, соответствующие критериям выборки, не были представлены в базе WOSCC в полном объёме. Таким образом, результаты отражают интеллектуальную картину исследовательской области по состоянию на конец 2024 года, что следует учитывать при интерпретации полученных кластеров и тенденций.

Каждый временной «срез» строился по публикациям соответствующего года. Сеть была очищена с помощью алгоритма Pathfinder, что позволило уменьшить информационный шум и повысить ясность визуализации. Полученная карта демонстрирует эволюцию данной области и выявляет ключевые тематические направления и исследовательские фронты.

Каждая вершина (node) на графе представляет собой цитируемую статью, а линии между ними - случаи их совместного цитирования. Размер вершины соответствует частоте цитирования, фиолетовое кольцо означает высокую степень центральности по посредничеству (betweenness centrality), что говорит о значимости публикации как мостика между разными темами. Красные кольца указывают на «всплески цитирования» (citation bursts), т. е. периоды активного внимания к источнику.

В результате анализа было выделено 6 основных кластеров, каждый из которых представляет собой отдельное направление в области научного письма и коммуникации. Кластеры были промаркированы с помощью методов LLR (логарифмическое отношение правдоподобия), LSI (латентно-семантический анализ) и MI (взаимная информация). Значения силуэта кластеров варьируются от 0.883 до 1.0, что свидетельствует о высокой согласованности тем внутри каждого кластера. В таблице 4 представлена сводная информация о выделенных кластерах.

Таблица 4 - Основные кластеры ко-цитируемых источников

№ кластера	Размер	Силуэт	Метка (LSI)	Метка (LLR)	Метка (MI)	Год
1	9	0.90	Технологии обучения письму на L1 и L2	Аргументативное структурирование	Аргументативное структурирование	2021
2	9	0.974	Систематический обзор	Обучение письму на основе исследования	Курсы	2022
3	8	0.982	Исследования аргументации	Наука	Иностранный язык	2023
5	7	0.899	Инструктивный подход	Обучение на основе аргументации	Аргументативное структурирование	2022
6	7	1.00	Лабораторные занятия по химии	Лаборатории по химии для студентов	Преподавание	2021
7	7	0.883	Цифровая грамотность и метакогниция	Метакогнитивный компонент	Метакогнитивный компонент	2024

На рисунке 5 представлена кластерная карта соавторства научной литературы по теме развития навыков научного письма и коммуникации. Каждый кластер отображает взаимосвязанные публикации, сгруппированные по тематической близости. Цветовое различие указывает на различие исследовательских направлений, а размеры кластеров отражают объём научной активности в соответствующей области.

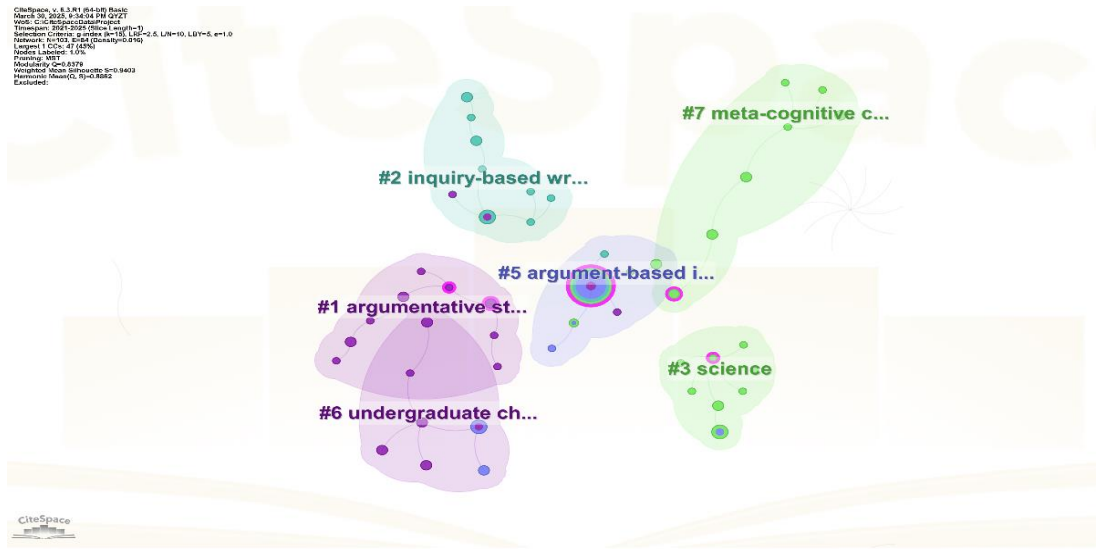


Рисунок 5 – Кластерная карта соавторства научной литературы в области научного письма и коммуникации [25]

Большинство кластеров, представленных на рисунке 5, являются однородными, что подтверждается высокими значениями силуэта. Метки кластерам присваивались на основе ключевых слов, выделенных из названий цитируемых статей. Так, кластер №1 посвящён аргументативному структурированию и отражает интерес к метакогнитивным аспектам и формированию риторических навыков письма у студентов. Кластер №2 включает

систематические обзоры по вопросам обучения письму, основанному на исследовательском подходе.

Кластер №3 акцентирует внимание на использовании научной аргументации в письменной речи, особенно в контексте междисциплинарного и многоязычного образования. Кластер №5 фокусируется на инструктивных стратегиях и использовании моделей обучения через аргументацию. Кластеры №6 и №7 связаны с лабораторной практикой и развитием цифровой грамотности и метакогнитивных способностей учащихся в процессе обучения письменной речи, особенно в преподавании иностранных языков.

Таким образом, выявленные кластеры формируют интеллектуальную основу современного направления в исследованиях научного письма и коммуникации, позволяя проследить его эволюцию, основные направления и перспективы развития.

D) Анализ посреднической центральности

Посредническая центральность (betweenness centrality) представляет собой меру значимости узла в сети, отражающую количество кратчайших путей, проходящих через данный узел. Узлы с высокой центральностью играют роль связующих элементов между различными частями сети и способствуют передаче информации между кластерами [Chen, 2006].

В настоящем исследовании с использованием CiteSpace было выявлено восемь ключевых узлов с наибольшей центральностью, играющих структурно важную роль в объединении кластеров. Эти узлы критически необходимы для связывания отдельных кластеров и формирования целостной интеллектуальной структуры в области развития научного письма и коммуникации.

Как показано на рисунке 6, наибольшее значение посреднической центральности принадлежит узлу «argument driven inquiry» (0.38), входящему в кластер №2, который посвящён обучению письму на основе исследовательского подхода. Далее следуют ZONAR A (0.25) из кластера №7, и HYLAND K (0.23), также входящий в кластер №2. Особый интерес представляют узлы из кластеров №3 (например, «students» и «science») и №4 («scientific writing» и «practical laboratory report»), поскольку они выполняют соединительную функцию между образовательной практикой, когнитивными стратегиями и научной коммуникацией.

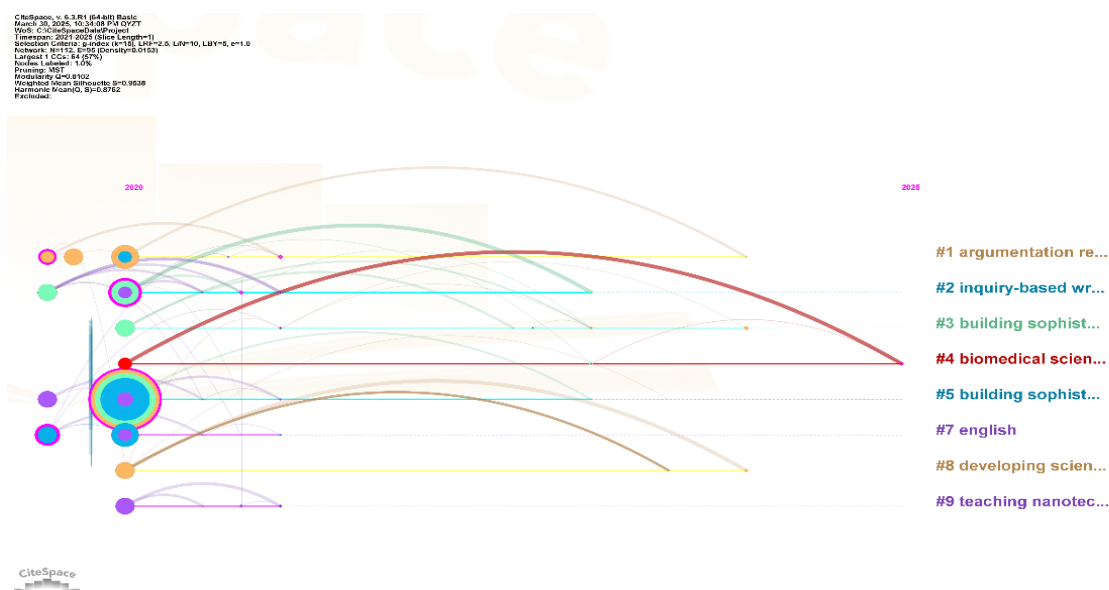


Рисунок 6 – Хронология кластеров социтирования [25]

Таким образом, узлы с высокой центральностью демонстрируют не только количественную значимость (частоту цитирования), но и качественную - в контексте их способности соединять ключевые исследовательские направления в области академического письма, аргументации и междисциплинарного обучения.

Е) Результаты педагогического эксперимента

В рамках педагогического эксперимента была проведена оценка эффективности предложенной модели формирования научно-исследовательских компетенций у студентов, обучающихся по направлению подготовки «Лесное хозяйство». Результаты контрольного этапа продемонстрировали статистически значимое повышение уровня сформированности целевых компетенций у участников экспериментальной группы. В частности, более 35 % студентов ЭГ продемонстрировали устойчивые навыки научного письма, базового анализа данных и применения методов полевого и лабораторного исследования.

Общая выборка исследования составила 129 студентов 2–3 курсов бакалавриата из двух высших учебных заведений Восточного Казахстана:

- Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова (ВКУ), кафедра биологии, высшая школа IT и естественных наук;
- Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева (ВКТУ), высшая школа Наука о земле.

Сформированы две группы:

- Экспериментальная группа (ЭГ) – 65 студентов (21 юноша, 44 девушки), принимавшие участие в исследовательской деятельности;
- Контрольная группа (КГ) – 64 студента (23 юноши, 41 девушка), обучающиеся по стандартной программе без дополнительной исследовательской практики.

Педагогический эксперимент проводился в 2025 году и предусматривал активное вовлечение студентов в этапы полевых и лабораторных исследований.

Студенты экспериментальной группы прошли подготовку в рамках дисциплины «Организация и планирование научно-исследовательской работы», включающей:

- основы научного письма и составления публикаций;
- проектирование и планирование исследований;
- этические аспекты научной деятельности;
- участие в полевых выездах, сбор кернов, анализ годичных колец.

Оценка сформированности научно-исследовательских компетенций у студентов проводилась в три этапа: констатирующий, формирующий и контрольный, в соответствии с разработанной моделью. Диагностика включала пять компонентов, ранее описанных в разделе методологии: мотивационный, когнитивный, процессуальный, практический и рефлексивный. При этом основное внимание на контрольном этапе уделялось динамике роста показателей в экспериментальной группе по сравнению с контрольной. Полученные данные свидетельствуют о достоверных отличиях по всем компонентам, особенно по практическому и мотивационному, что указывает на эффективность внедрённой модели (Рисунок 7).

Статистический анализ проводился вручную на основе расчёта t-критерия Стьюдента и коэффициента корреляции Пирсона с использованием формул в электронных таблицах. Для визуализации результатов использовались графики и таблицы, построенные в Microsoft Excel.

Оценка развития навыков научного письма и коммуникации проводилась по ряду ключевых аспектов, отражающих структуру и содержание научного текста. В качестве критериев оценки были выбраны следующие компоненты:

1. Формулировка научной проблемы – умение чётко и обоснованно представить исследуемую проблему;
2. Структурирование текста – логическое и последовательное оформление разделов научной работы;
3. Цитирование источников – корректность использования научных источников и соблюдение академической добросовестности;
4. Ясность и логика изложения – последовательность аргументации и понятность представления материала;
5. Использование научной лексики – владение терминологией и стилем академического письма;
6. Интерпретация данных – способность анализировать полученные результаты и делать обоснованные выводы;
7. Визуализация результатов – умение представлять информацию в виде графиков, таблиц и других визуальных форм;
8. Обоснование выводов – логическое завершение исследования с опорой на полученные данные.

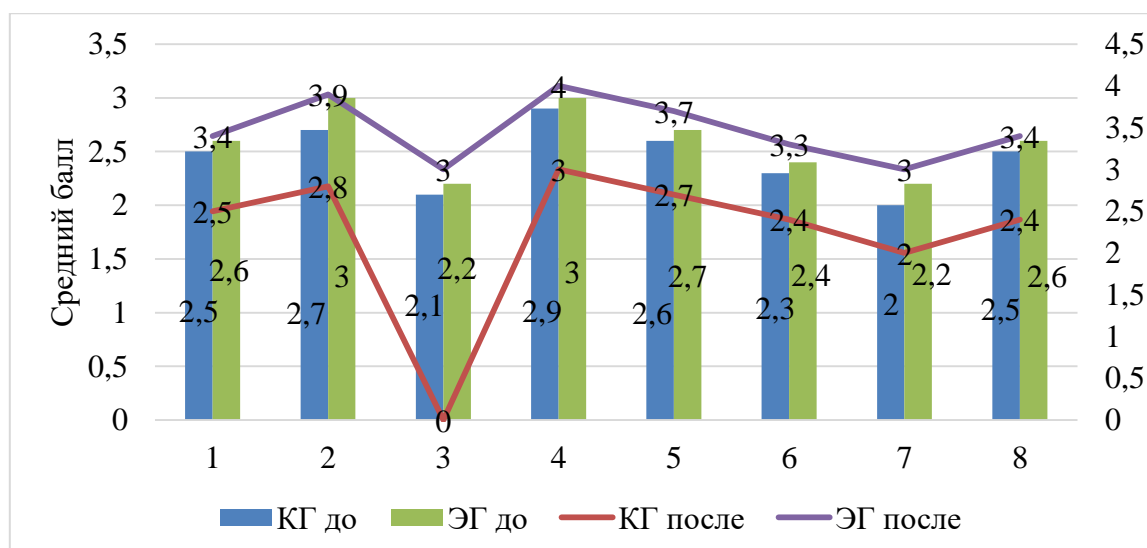


Рисунок 7 – Сравнение развития навыков научного письма и анализа данных

В контрольной группе прогресс по всем аспектам был незначительным или минимальным – от 0% до 4%, что свидетельствует об отсутствии целенаправленного педагогического воздействия, связанного с внедрением практико-ориентированной модели формирования исследовательских компетенций и развития навыков научного письма и коммуникации.

В экспериментальной группе наблюдается устойчивый рост сформированности по всем аспектам от 35% до 37%, что отражает эффективность внедрённой модели научного письма и коммуникации на основе исследовательской деятельности.

Наибольший прирост зафиксирован по показателям:

- Цитирование источников;
- Интерпретация данных;
- Формулировка научной проблемы.

Это говорит о том, что интеграция исследовательской деятельности в процесс обучения значительно повышает академические и коммуникативные компетенции обучающихся.

Эффективность педагогического эксперимента по каждому аспекту научного письма и коммуникации по формулам (А.Н. Майоров):

$$\text{Индекс прироста} = \left(\frac{X_{\text{до}} - X_{\text{после}}}{X_{\text{до}}} \right) * 100\%$$

$$\text{Индекс прироста}_{\text{ср}} = \left(\frac{3.4625 - 2.7125}{2.7125} \right) * 100\% = 27,65\%$$

Участники экспериментальной группы улучшили свои навыки научного письма и коммуникации на 27,65 % по сравнению с исходным уровнем. Это свидетельствует о высокой результативности применённой методики обучения, так как были существенно усилены целевые исследовательские компетенции, включающие мотивационный, когнитивный, процессуальный, практический и рефлексивный компоненты.

$$\text{Чистая эффективность} = (\text{Прирост в ЭГ}) - (\text{Прирост в КГ})$$

$$\text{Чистая эффективность} = 0.75 - (2.475 - 2.575) = 0.75 - (-0.1) = 0.85$$

Чистый прирост результатов в экспериментальной группе превысил контрольную на 0.85 балла, что подтверждает, что положительные изменения были вызваны именно экспериментальным вмешательством, а не внешними факторами.

$$K_{\text{Э}} = \frac{X_{\text{ЭГпосле}} - X_{\text{ЭГдо}}}{X_{\text{КГпосле}} - X_{\text{КГдо}}}$$

$$K_{\text{Э}} = \frac{3.4625 - 2.7125}{2.7125 - 2.7125} = \frac{0.75}{-0.1} = -7,5$$

Хотя численно коэффициент эффективности получился отрицательным, это объясняется тем, что в контрольной группе наблюдалось ухудшение результатов. Данный факт можно связать с отсутствием целенаправленного педагогического воздействия, направленного на развитие исследовательских компетенций и навыков научного письма, а также с сохранением традиционной формы обучения без включения студентов в исследовательскую и проектную деятельность. В таких случаях отрицательное значение коэффициента «Э» интерпретируется как высокая положительная эффективность эксперимента, поскольку студенты экспериментальной группы продемонстрировали улучшение результатов, тогда как в контрольной группе зафиксировано их снижение.

Педагогический эксперимент оказался успешным и результативным: рост навыков научного письма и коммуникации в экспериментальной группе - значительный, улучшения подтверждены объективными расчетами, а динамика контрольной группы исключает внешнее влияние.

Заключение

Настоящее исследование, выполненное в рамках темы «Развитие навыков научного письма и коммуникации в контексте лесного хозяйства», объединяет два взаимодополняющих направления: наукометрический анализ англоязычных публикаций и педагогический эксперимент, реализованный среди студентов образовательной программы

«Лесное хозяйство» Восточно-Казахстанского университета им. С. Аманжолова (г. Усть-Каменогорск, высшая школа IT и естественных наук) и Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, высшая школа Наука о земле).

С использованием программного обеспечения *CiteSpace* проведён системный библиометрический анализ публикаций, индексируемых в базе *Web of Science Core Collection* за период 2021–2024 гг. (на 2025 год релевантные публикации отсутствовали на момент анализа). В результате анализа были выделены ключевые тематические кластеры: *academic writing*, *scientific communication*, *higher education*, *research competencies* и *peer review*. Среди наиболее цитируемых авторов по данной тематике отмечены *J. Swales*, *K. Hyland*, *M. Cargill* и *P. O'Connor*, чьи работы определяют методологические подходы к развитию академического письма. Кроме того, были выявлены узлы научного сотрудничества между университетами Европы, США и Китая, а также прослежена динамика развития понятий в области научного письма и академической коммуникации. Особое внимание уделено недостаточной представленности данной тематики в контексте подготовки специалистов лесного хозяйства, что подчёркивает актуальность и научную новизну проведённого исследования.

Во второй части исследования была разработана и апробирована практико-ориентированная модель формирования исследовательских и коммуникативных компетенций студентов. Педагогический эксперимент, охвативший 129 студентов 2–3 курсов двух университетов, показал следующие результаты:

- средний прирост исследовательских навыков составил 27,65%;
- чистая эффективность внедрения модели - 0,85 балла;
- повышение компетенций отмечено особенно в компонентах: формулировка научной проблемы, интерпретация данных, цитирование и структура научных текстов.

Таким образом, совмещение библиометрического анализа (как обоснования научной значимости проблемы) и педагогического эксперимента (как практической апробации модели) позволило подтвердить эффективность интеграции научного письма и коммуникации в учебный процесс подготовки кадров для устойчивого лесного хозяйства.

Экспериментальная часть исследования была проведена в рамках выполнения научного проекта, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. Грант № AP25794101 «Изучение влияния техногенных факторов и изменения климата на древесные породы, произрастающие в промышленных регионах Восточного Казахстана, методом дендроиндикации».

REFERENCES

1. Brownell S.E., Price J.V., Steinman L. Science Communication to the General Public: Why We Need to Teach Undergraduate and Graduate Students this Skill as Part of Their Formal Scientific Training // *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*: JUNE. – 2013. – Vol. 12(1). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3852879/>
2. Faber E.S.L., Colthorpe K., Ainscough L., Kibedi J. Students' approaches to developing scientific communication skills // *Advances in Physiology Education*. – 2024. Volume 48, Issue 3. <https://doi.org/10.1152/advan.00009.2024>
3. Longnecker N., Gondwe M. Graduate Degree Programmes in Science Communication: Educating and Training Science Communicators to Work with Communities // Springer, Dordrecht. – 2014. – P. 141–160. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9097-0_9

4. Scherz Z., Spektor-Levy O., Eylon B.-S. «Scientific Communication»: An Instructional Program for High-Order Learning Skills and Its Impact on Students' Performance // Springer, Dordrecht. – 2005. – P. 231–243. https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6_19
5. Suparman S.F., Darmawan N.H. Science writing heuristic: to enhance students' communication and research skill // Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang. – 2022. – Vol. 8(2). – P. 1296–1308. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v8i2.352>
6. Juarez M.T., Kenet C.M. Translating Research as an Approach to Enhance Science Engagement // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2018. – Vol. 15(8). – P. 1749. <https://doi.org/10.3390/IJERPH15081749>
7. Harmon J.E., Gross A.G. The Craft of Scientific Communication. – The University of Chicago Press, 2024. – 241 p.
8. Willems-Jones A.J. et al. Harmonising the Teaching of Scientific Communication Skills Through the Development of an E-Learning Tool // Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education. – 2018. – C. 136–147.
9. Jude B.A. Strategies for developing a science communicator through authentic science writing assignments. – 2017. – No. 4. <https://doi.org/10.24918/CS.2017.5>
10. Dounas-Frazer D.R., Ríos L., Lewandowski H.J. Preliminary model for student ownership of projects // 2019 Physics Education Research Conference Proceedings. – 2019. <https://doi.org/10.1119/perc.2019.pr.Dounas-Frazer>
11. Silverman A.K. Students as researchers: The implementation and evaluation of a whole-school pupil voice project in a primary SEBD school: Doctoral dissertation. – Institute of Education, University of London. – 2012. – 183 p.
12. Охотина А.С., Белоногова Л.Н. Вовлечение студентов педагогического вуза в научно-исследовательскую деятельность // Совершенствование системы подготовки педагогов к профессиональной деятельности. – 2021. – № 4 (38). – С. 59–67. <https://doi.org/10.33065/2307-1052-2021-4-38-59-67> / Ohotina A.S., Belonogova L.N. Vovlechenie studentov pedagogicheskogo vuza v nauchno-issledovatel'skuiu deiatelnost // Sovershenstvovanie sistemy podgotovki pedagogov k professionalnoi deiatelnosti. – 2021. – №4 (38). – S. 59–67. <https://doi.org/10.33065/2307-1052-2021-4-38-59-67> [in Russian]
13. Edwards A., Jones S.M., Wapstra E., Richardson A.M.M. Engaging students through authentic research experiences. – 2007. – №1. – P. 168–171. <https://eprints.utas.edu.au/8581/1/edwards.pdf>
14. Bailenson J.N. Keynote speaker: Infinite reality: Avatars, eternal life, new worlds, and the dawn of the virtual revolution // IEEE Virtual Reality Conference. – 2013. <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549341>
15. Strogetskaia E.V., Betiger I.B. Student Involvement in Science in the Focus of Sociological Analysis // DISCOURSE. – 2024. – Vol. 10, №1. – P. 56–72. <https://doi.org/10.32603/2412-8562-2024-10-1-56-72>
16. Аноп М.Ф., Петрук Г.В. Пути привлечения молодежи в научное исследование // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №7-1. – С. 14–16. / Anop M.F., Petruk G.V. Puti privlechenia molodezhi v nauchnoe issledovanie [Ways to involve young people in scientific research] // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2014. – №7-1. – S. 14–16. [in Russian]
17. Овсепян А.Э. Научно-исследовательская работа студентов и её роль в профессиональном становлении выпускников на примере отдельно взятой научной темы // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – №5. <https://doi.org/10.17513/spno.29222> / Ovsepian A.E. Nauchno-issledovatel'skaia rabota studentov i eio rol v professionalinom stanovlenii vypusknikov na primere otdelno vziatoi nauchnoi temy [Students' research work and its role in the professional development of graduates on the example of a single scientific topic] // Sovremennye problemy nauki i obrazovania. – 2019. – №5. <https://doi.org/10.17513/spno.29222> [in Russian]
18. Kanematsu H., Barry D.M. STEM and Creativity // Springer, Cham. – 2016. – P. 15–23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19234-5_3
19. Jackson J. Hands-On or Hands-Off: Effective Elements of Elementary Social Studies Hands-on Lessons // Spectrum. – 2013. – Vol. 2(1). – P. 7.

20. Chen C. Science Mapping: A Systematic Review of the Literature // Journal of Data and Information Science. – 2017. – Vol. 2(2). – P. 1–40. <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0006>
21. Chen C., Song M. Visualizing a Field of Research: A Methodology of Systematic Scientometric Reviews // PLoS One. – 2019. – Vol. 14(10). – e0223994. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223994>
22. Chen C. A Glimpse of the First Eight Months of the COVID-19 Literature on Microsoft Academic Graph: Themes, Citation Contexts, and Uncertainties // Frontiers in Research Metrics and Analytics. – 2020. – Vol. 5. – Article 607286. <https://doi.org/10.3389/frma.2020.607286>
23. Chen C. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization // PNAS. – 2004. – Vol. 101 (suppl_1). – P. 5303–5310. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307513100>
24. Chen C., Ibekwe-SanJuan F., Hou J. The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis // Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2010. – Vol. 61(7). – P. 1386–1409. <https://doi.org/10.1002/asi.21309>
25. Chen C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature // Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2006. – Vol. 57(3). – P. 359–377. <https://doi.org/10.1002/asi.20317>