

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2019, №5, Том 7 / 2019, No 5, Vol 7 <https://mir-nauki.com/issue-5-2019.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/66PDMN519.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Торопова С.И. Формирование математической компетентности студентов экологических направлений подготовки // Мир науки. Педагогика и психология, 2019 №5, <https://mir-nauki.com/PDF/66PDMN519.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Toropova S.I. (2019). The formation of mathematical competence environmental students. *World of Science. Pedagogy and psychology*, [online] 5(7). Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/66PDMN519.pdf> (in Russian)

УДК 378.147

ГРНТИ 14.35.09

**Торопова Светлана Ивановна**

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, Россия  
Ассистент кафедры «Фундаментальной математики»

E-mail: [svetori82@mail.ru](mailto:svetori82@mail.ru)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0533-5654>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=679507](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=679507)

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/Y-5928-2019>

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57207460543>

## **Формирование математической компетентности студентов экологических направлений подготовки**

**Аннотация.** В статье исследуется проблема формирования математической компетентности будущих экологов в соответствии с требованиями федеральных государственных стандартов высшего образования по экологическим направлениям подготовки. Статья является частью диссертационного исследования автора по реализации профессиональной направленности обучения математике будущих экологов, результатом которого предложено считать сформированную математическую компетентность. Цель работы – уточнить определение математической компетентности эколога-бакалавра, определить ее структуру, выявить и обосновать необходимые составляющие математической подготовки студентов-экологов, обеспечивающие формирование всех элементов их математической компетентности, проверить результативность ее формирования на основе опытно-экспериментальной работы. В результате теоретического анализа научных исследований, посвященных изучению математической компетентности будущих специалистов различных профилей, представлена авторская трактовка понятия математической компетентности эколога-бакалавра. Охарактеризована ее четырехэлементная структура, отличительной особенностью которой является наличие самостоятельного и важнейшего элемента, обеспечивающего реализацию научно-исследовательской деятельности студентов-экологов средствами математики. Выявлены необходимые составляющие математической подготовки будущих экологов, трактуемые как педагогические условия формирования их математической компетентности в вузе, а именно, решение задач по математике профессиональной экологической направленности, освоение метода математического моделирования, установление междисциплинарных связей математики, осуществление научно-исследовательской деятельности средствами математики. Проведение педагогического эксперимента по исследованию эффективности формирования математической компетентности студентов-экологов в соответствии с выделенными условиями выполнялось в четырех направлениях согласно ее разработанной структуре. Подробно рассматривается

составленный автором диагностический инструментарий, в частности, задачи по математике профессиональной экологической направленности, а также применение статистических критериев и интерпретация результатов педагогического эксперимента. В заключение делается вывод о том, что формирование математической компетентности выступает необходимой составляющей процесса получения высшего экологического образования.

**Ключевые слова:** математическая компетентность; математическая компетентность эколога-бакалавра; педагогические условия формирования математической компетентности; задачи по математике профессиональной экологической направленности; федеральные государственные стандарты по экологическим направлениям подготовки; критерии сформированности математической компетентности; студенты экологических направлений подготовки

## Введение

В соответствии с реализуемыми в настоящее время федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО) по экологическим направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование<sup>1</sup>, 20.03.01 Техносферная безопасность<sup>2</sup> и 20.03.02 Природообустройство и водопользование<sup>3</sup> целью высшего экологического образования является профессиональная подготовка будущего эколога к осуществлению избранной деятельности, предусматривающая, в частности, овладением выпускниками следующими компетенциями (таблица 1).

Таблица 1

### Требования ФГОС ВО к результатам освоения программы бакалавриата по экологическим направлениям подготовки

05.03.06 Экология и природопользование	20.03.01 Техносферная безопасность	20.03.02 Природообустройство и водопользование
<b>Выпускник должен решать следующие профессиональные задачи:</b>		
обеспечение достоверной экологической информацией различных отраслей экономики; осуществление сбора и первичной обработки материала	выполнение экспериментов и обработка их результатов	участие в работах по проведению изысканий по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов, по оценке воздействия природообустройства и водопользования на природную среду

<sup>1</sup> Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/news/2/1921> (дата обращения: 21.10.2019).

<sup>2</sup> Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/news/3/1833> (дата обращения: 21.10.2019).

<sup>3</sup> Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fgosvo.ru/news/21/1117> (дата обращения: 21.10.2019).

05.03.06 Экология и природопользование	20.03.01 Техносферная безопасность	20.03.02 Природообустройство и водопользование
<b>У выпускника должны быть сформированы следующие общепрофессиональные компетенции:</b>		
владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объёме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, для обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию (ОПК-1)	способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-1)	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности (ОПК-2)
<b>У выпускника должны быть сформированы следующие профессиональные компетенции:</b>		
способность осуществлять разработку и применение технологий рационального природопользования и охраны окружающей среды, осуществлять прогноз техногенного воздействия (ПК-1); владение знаниями об оценке воздействия на окружающую среду; способность излагать и критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования (ПК-19)	способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20); способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач (ПК-22)	готовность участвовать в решении отдельных задач при исследованиях воздействия процессов строительства и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования на компоненты природной среды (ПК-9); способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ПК-16)

*Источник: составлено автором*

Системообразующее значение в освоении указанными компетенциями имеет математическое образование студентов-экологов в вузе. Поскольку в современных научных исследованиях компетентность определяется как «владение, обладание человеком соответствующей компетенцией» [1, с. 60], математическая компетентность будущих специалистов природоохранного профиля выступает необходимой составляющей их профессиональной компетентности. В контексте реализуемого нами диссертационного исследования сформированную математическую компетентность будущих экологов предложено считать результатом реализации профессионально направленного процесса обучения математике в вузе.

Следовательно, представляется целесообразным на основе анализа научных исследований уточнить определение математической компетентности эколога-бакалавра, определить ее структуру, выявить и обосновать необходимые составляющие математической подготовки студентов-экологов, обеспечивающие формирование всех элементов их математической компетентности, проверить результативность ее формирования на основе опытно-экспериментальной работы.

### **Понятие математической компетентности будущих специалистов в научных исследованиях**

Особенности математической компетентности бакалавров различных направлений подготовки рассматриваются в работах О.В. Авериной, М.С. Аммосовой, Н.А. Бурмистровой,

М.А. Васильевой, Е.М. Петровой, Е.В. Сергеевой, Я.Г. Стельмах, О.В. Чирковой, В.А. Шершневой и других авторов (таблица 2).

Таблица 2

Конкретизация понятия «математическая компетентность» в научных исследованиях

Исследователь	Профиль подготовки	Определение	Структурные элементы
О.В. Аверина	Будущие экологи	<i>Профессионально-математическая компетентность</i> – «системно-личностное образование специалиста, отражающее единство его теоретико-прикладной подготовленности и практической способности применять математический инструментарий для решения задач природоохранной деятельности» [2, с. 28]	Аксиологический, гностический, процессуально-технологический
М.С. Аммосова	Будущие инженеры-горняки	<i>Математическая компетентность</i> – «синтез усвоенных математических знаний и методов математической деятельности, опыта их использования в решении профессионально направленных математических задач и задач, лежащих вне предмета математики, ценностного отношения к полученным знаниям и опыту, и к себе как носителю этих знаний и опыта» [3, с. 13]	Когнитивный, праксиологический, аксиологический
Н.А. Бурмистрова	Будущие экономисты	<i>Математическая компетентность</i> – «интегративная динамическая характеристика личности, выражающая готовность к использованию математических знаний, умений, навыков, опыта деятельности, способность к их приращению и творческому применению в новых ситуациях для решения профессиональных задач в соответствии с уровнем высшего образования в интересах устойчивого социально-экономического развития» [4, с. 33]	Мотивационно-ценностный, когнитивный, креативно-деятельностный, рефлексивно-оценочный
М.А. Васильева	Будущие аграрии	<i>Математическая компетентность</i> – «интегративная характеристика будущего специалиста, включающая мотивационные, оценочные, побудительные, операционные компоненты, которые обеспечивают высокие результаты в процессе решения теоретических и практических задач, в исследовании математических моделей практических задач, значимых в профессиональной деятельности будущего специалиста технологического профиля» [5, с. 60]	Мотивационный, оценочный, побудительный, операционный
Е.М. Петрова	Будущие инженеры	<i>Математическая компетентность</i> – «целостное образование личности, основанное на совокупности фундаментальных математических знаний, практических умений и навыков их применения, обеспечивающих готовность к изучению дисциплин, требующих математической подготовки, и способность использовать свои математические знания для разрешения различного рода практических и теоретических проблем, встречающихся в профессиональной деятельности» [6, с. 240]	Аксиологический, гносеологический, праксиологический

Исследователь	Профиль подготовки	Определение	Структурные элементы
Е.В. Сергеева	Будущие инженеры	<i>Математическая компетентность</i> – «интегральное качество специалиста, состоящее из мотивационно-ценностного, когнитивно-деятельностного, действенно-творческого и рефлексивного компонентов и проявляющееся в свободном владении системой профессионально значимых математических знаний, умений и навыков, в способности самостоятельно осуществлять содержательно разнонаправленную познавательную деятельность и творчески решать профессиональные задачи различного уровня сложности» [7, с. 282]	Мотивационно-ценностный, когнитивно-деятельностный, действенно-творческий, рефлексивный
Я.Г. Стельмах	Будущие инженеры	<i>Профессиональная математическая компетентность</i> – «интегративное свойство личности, обеспечивающее способность самостоятельно и ответственно применять математический инструментарий адекватно решаемым задачам профессиональной деятельности» [8, с. 20]	Когнитивный, деятельностно-операционный, рефлексивный
О.В. Чиркова	Будущие менеджеры	<i>Математическая компетентность</i> – «интегративное динамическое личностное качество, характеризующееся освоенностью совокупности математических компетенций как способности и готовности адаптировать и применять математические знания и методы для поиска и реализации результативных современных решений в сфере управления производством» [9, с. 13]	Мотивационный, когнитивный, праксиологический, профессионально-личностный, рефлексивный
В.А. Шершнева	Будущие инженеры	<i>Математическая компетентность</i> – «интегративное свойство личности студента, характеризующее его способность и готовность использовать в профессиональной деятельности методы математического моделирования» [10, с. 7]	Мотивационно-ценностный, когнитивный, деятельностный, рефлексивно-оценочный

Источник: составлено автором

Изучение трудов перечисленных и некоторых других авторов свидетельствует о достаточной разработанности общетеоретических положений относительно понятия математической компетентности, на основе которых можно сформулировать следующий вывод: в большинстве научных исследований математическая компетентность будущего специалиста есть интегративное качество личности, характеризующееся как способность и готовность применять математический аппарат для решения задач избранной профессиональной деятельности.

Однако проблема формирования математической компетентности будущих экологов представляется недостаточно изученной. В контексте реализуемого исследования наиболее значимыми видятся результаты работы О.В. Авериной [2], посвященной определению профессионально-математической компетентности эколога. Согласно позиции автора, данное понятие включает в себя индивидуально выработанные стратегии применения математического аппарата, необходимые для выполнения его профессиональных обязанностей, а также компьютерные и математические способы решения профессиональных задач [2, с. 60]. Предложенное определение осмысливается как неполное, поскольку в нем отсутствуют научно-исследовательская и эмоционально-ценностная составляющие математической деятельности. Необходимость включения указанных составляющих в структуру



математической компетентности эколога-бакалавра объясняется тем фактом, что понятие «компетентность» подразумевает получение не только результатов обучения, но и формирование ценностных ориентаций, а также готовности к самостоятельной деятельности в изменяющейся природной среде [11, с. 142].

В настоящем исследовании вслед за мнением профессора Т.А. Ивановой [12, с. 20] под математической компетентностью эколога-бакалавра понимается интегративное качество личности студента, которое характеризует математические знания, умения и навыки (*знаниевый элемент*), опыт решения профессиональных задач математическими методами (*профессионально-деятельностный элемент*), опыт осуществления научно-исследовательской деятельности средствами математики (*методологический элемент*), эмоционально-ценностное отношение к математической деятельности и её результатам (*эмоционально-ценностный элемент*).

Помимо уточнения определения математической компетентности в научных исследованиях разрабатываются педагогические условия ее формирования, основными из которых выступают следующие требования: систематическое использование комплекса задач специфического содержания – (профессионально направленных, профессионально-ориентированных, с профессиональной фабулой и т. п.), приобретение опыта математического моделирования в процессе решения таких задач, актуализация межпредметных связей математики и дисциплин специальной подготовки, приоритетность научно-исследовательской работы студентов, реализация профессионально-ориентированных проектов.

В контексте характеризуемого исследования необходимыми составляющими математической подготовки будущих экологов, обеспечивающими формирование всех выделенных элементов их математической компетентности, являются решение задач по математике профессиональной экологической направленности, освоение метода математического моделирования, установление междисциплинарных связей математики, привлечение студентов-экологов к осуществлению научно-исследовательской деятельности средствами математики, в частности, посредством реализации прикладных исследовательских проектов в области изучения региональных экологических проблем. Данный подход согласуется с мнением ряда исследователей в сфере высшего экологического образования. Например, коллективом авторов научной статьи [13] обоснованы педагогические условия формирования профессиональной компетентности будущих инженеров-экологов, среди которых усиление межпредметных связей математики с профильными экологическими дисциплинами и применение личностно-ориентированных развивающих технологий (выполнение проектов, участие в научных конференциях и др.).

Выделенные необходимые составляющие, трактуемые как педагогические условия формирования математической компетентности студентов-экологов, обстоятельно проанализированы нами в ряде опубликованных научных исследований. Так, в работе [14] установлен потенциал математического моделирования в содержании математического образования будущих экологов, выявлены современные математические модели экологии, которые могут быть использованы в качестве методического обеспечения процесса обучения математике в вузе наряду с классическими математическими моделями. В исследовании [15] подробно изложена система математических задач профессиональной экологической направленности, составленных на основе официальных материалов мониторинга окружающей среды в Кировской области, а также на примере темы «Математическая статистика» проиллюстрированы межпредметные связи математики с профильными экологическими дисциплинами. В научной статье [16] представлены направления реализации научно-исследовательской деятельности студентов-экологов средствами математики: решение задач профессиональной экологической направленности исследовательского характера, публикация

студенческих научных результатов, работа над прикладными исследовательскими проектами в сфере региональных экологических проблем. Последнему направлению уделяется особое внимание, поскольку в процессе исследования студенты осуществляют создание объективно нового научного знания и осваивают структуру научно-исследовательской деятельности, изучая актуальные вопросы экологии Кировской области, в частности, взаимосвязь состояния здоровья населения региона от степени загрязнения атмосферного воздуха и качества питьевой воды в системах централизованного питьевого водоснабжения, ранжирование районов области по экологическому состоянию.

### **Исследование эффективности формирования математической компетентности студентов экологических направлений подготовки**

*Апробация* предложенной четырехэлементной структуры математической компетентности экологов-бакалавров осуществлялась на базе политехнического института ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» в 2016–2017 и 2017–2018 уч. гг. В исследовании приняло участие 109 студентов направлений подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность и 20.03.02 Природообустройство и водопользование, в частности, 55 студентов были включены в экспериментальную группу (ЭГ), 54 – в контрольную группу (КГ).

С целью установления отсутствия статистически значимого различия уровня КГ и ЭГ до начала эксперимента студентам была предложена входная диагностическая контрольная работа, состоящая из пяти задач школьного курса математики профессиональной экологической направленности.

#### *Входная диагностическая контрольная работа по математике*

*Задача 1.* В рамках социально-гигиенического мониторинга в 2017 г. было проведено 905 исследований почвы, 8 % из которых не соответствовали гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, из них 45 % – по содержанию марганца. Найдите количество неудовлетворительных исследований по марганцу в почве за указанный год.

*Задача 2.* Вычислите скорость роста популяции насекомых в момент времени  $x_0 = 2$ , если её размер задаётся функцией  $f(x) = 5000 + 100x^2$  (время  $x$  выражено в днях).

*Задача 3.* Численность популяции бактерий увеличивается по закону  $p(t) = 1000 + \frac{200t}{100 + t^2}$ , где время  $t$  выражено в часах. Найдите наибольший размер данной популяции в течение суток.

*Задача 4.* На некоторой территории расположено десять стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха: два предприятия нефтяной промышленности, три – металлургической, остальные организации осуществляют производство и распределение электроэнергии. Для выполнения замеров количества выбросов загрязняющих веществ случайным образом был выбран один источник загрязнения. Определите вероятность того, что им оказалось предприятие металлургической промышленности.

*Задача 5.* Имеются данные о среднем уровне неканцерогенного риска аммиака, основного загрязнителя питьевой воды Кировской области, для здоровья детского населения региона по районам области: 0,7; 0; 0; 0,2; 0,7; 0; 0,1; 0; 0; 0,3; 0,2; 0,2; 0; 0,5; 0; 0; 0,3; 0,6; 0,3; 0; 0,7; 8,5; 0,2; 0; 7,5; 0,5; 1,2; 0,1; 7,8; 0,7; 3,6; 0; 0,6; 7,3; 6,2; 4; 2,1; 0,2; 1; 0. Найдите среднеобластное значение данного показателя.

Полученные результаты решения контрольной работы в КГ и ЭГ охарактеризованы в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты входной диагностической контрольной работы**

Количество решенных задач	0	1	2	3	4	5
Число студентов КГ, решивших указанное количество задач	–	2	11	21	16	4
Число студентов ЭГ, решивших указанное количество задач	1	2	9	25	13	5

Источник: составлено автором

Для осуществления статистического анализа были введены в рассмотрение гипотезы ( $H_0$ : статистически незначимы различия между баллами КГ и ЭГ,  $H_1$ : различие между баллами КГ и ЭГ статистически значимо) и уровень значимости  $\alpha = 0,05$ . Исследование однородности КГ и ЭГ осуществлялось с применением  $U$ -критерия Манна-Уитни. Однако поскольку численность групп более восьми человек, условились считать, что распределение  $U$  приближается к нормальному распределению со средним  $\mu_T$  и средним квадратическим отклонением  $\sigma_T$  [17, с. 333]. Согласно цитируемому источнику  $z_{эмп.} = -0,44$ ,  $z_{крит.} = 1,96$ . Имеет место неравенство  $z_{эмп.} < z_{крит.}$ , следовательно, на уровне значимости  $\alpha = 0,05$  КГ и ЭГ статистически не различаются по уровню их математической подготовки.

Опытно-экспериментальная работа выполнялась с соблюдением всех основных условий участия в эксперименте: единая рабочая программа по математике, одинаковое число учебных часов, в КГ и ЭГ работали одни и те же преподаватели, применялись одинаковые тексты диагностических контрольных работ, анкет и единые критерии их оценок. В ЭГ были внесены изменения в образовательный процесс в соответствии с выявленными необходимыми составляющими математического образования студентов-экологов в вузе, обеспечивающими формирование у них математической компетентности.

В качестве показателей, позволяющих судить об эффективности формирования математической компетентности экологов-бакалавров, в соответствии с уточненным ее определением были выбраны следующие критерии (таблица 4).

Таблица 4

**Критерии сформированности математической компетентности экологов-бакалавров**

Структурные элементы математической компетентности	Критерии сформированности	Средства оценки
<b>Знаниевый элемент</b>	<b>Когнитивный</b> (владение математическими знаниями, умениями и навыками в соответствии с учебными программами по математике)	Академическая успеваемость
<b>Профессионально-деятельностный элемент</b>	<b>Праксеологический</b> (наличие умений и навыков по решению задач профессиональной экологической направленности средствами математики)	Диагностическая контрольная работа по математике, составленная из задач профессиональной экологической направленности
<b>Методологический элемент</b>	<b>Исследовательский</b> (владение методами научного познания, в частности, методом математического моделирования)	Реализация прикладных исследовательских проектов, публикация научных студенческих работ, участие в олимпиадах, выступления с докладами, подготовка рефератов



Структурные элементы математической компетентности	Критерии сформированности	Средства оценки
Эмоционально-ценностный элемент	Аксиологический (наличие устойчивой мотивации к изучению математики, ценностного отношения к математической деятельности)	Анкетирование, опрос

Источник: составлено автором

Оценка математических знаний, умений и навыков студентов ЭГ и КГ осуществлялась на основе результатов экзаменов по математике на протяжении трёх учебных семестров (таблица 5).

**Таблица 5**  
**Результаты семестровых экзаменов по математике студентов-экологов**

Учебный семестр	Средние экзаменационные оценки	
	КГ	ЭГ
Первый	3,8	4,3
Второй	4	4,6
Третий	4,2	4,8

Источник: составлено автором

Для исследования уровня овладения математическим аппаратом будущей профессиональной деятельности студентам-экологам была предложена итоговая диагностическая контрольная работа, состоящая из шести задач профессиональной экологической направленности, каждая из которых оценивалась двумя баллами. Верное и обоснованное решение всех задач оценивалось в двенадцать баллов, при всех невыполненных – ноль. Время выполнения работы составляло 1,5 часа. Содержание работы следующее.

*Итоговая диагностическая контрольная работа по математике*

**Задача 1.** В пробирке существуют четыре вида бактерий, употребляющих в пищу четыре вида субстрата. Каждый элемент  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, 3, 4$ ) матрицы потребления  $a_i = (a_{i1} \ a_{i2} \ a_{i3} \ a_{i4})$  показывает среднее потребление в день  $i$ -м видом бактерий  $j$ -го вида субстрата. Пусть  $a_1 = (2 \ 1 \ 1 \ 3)$ ,  $a_2 = (3 \ 2 \ 1 \ 1)$ ,  $a_3 = (2 \ 3 \ 2 \ 1)$ ,  $a_4 = (4 \ 1 \ 3 \ 2)$ . Известно, что каждый день в пробирку вносят 21000 ед. субстрата первого вида, 25000 ед. субстрата второго вида, 31000 ед. субстрата третьего вида и 33000 ед. субстрата четвертого вида. Считая, что весь запас субстрата потребляется ежедневно, найдите численность каждой популяции.

**Задача 2.** Установите, имеются ли статистически значимые различия в доле проб воды в разводящей сети водопроводов, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям между Кировской областью  $x$  (%) и аналогичными среднероссийскими показателями  $y$  (%) за период с 2009 по 2016 гг. (таблица 6).

**Таблица 6**  
**Доля проб воды в разводящей сети водопроводов, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям**

Переменные	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$x$	8	7	5,9	5,4	4	2,4	2,9	3
$y$	5,1	5,1	5,6	4,5	4,2	2,92	2,82	3,4

Источник: составлено автором

**Задача 3.** Удельная скорость роста некоторой популяции бактерий в момент времени  $t$  (ч.) описывается уравнением  $\frac{1}{x} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{1+4t}$ . Найдите численность популяции через 10 ч. при условии, что ее начальная численность есть  $x(0) = 2000$ .

**Задача 4.** Земельный фонд Кировской области содержит 61 % земель лесного фонда. Для осуществления экологического мониторинга было выбрано шесть земельных участков. Составьте закон распределения числа лесных участков среди отобранных.

**Задача 5.** Установите, имеет ли место зависимость показателя  $y$  первичной заболеваемости подросткового населения Кировской области болезнями глаза от количества выбросов  $x$  (тыс. т) углеводородов в атмосферу области за период с 2008 по 2017 гг. (таблица 7).

**Таблица 7**

**Динамика первичной заболеваемости подросткового населения Кировской области болезнями глаза**

Переменные	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$x$	2,6	13	11,1	11,3	14,3	19	21,5	15	16,6	16,7
$y$	6731	6539	7187	8470	7140	6855	7218	10971	8425	8109

*Источник: составлено автором*

**Задача 6.** Искусственный водоем заселяется карпами и вятской стерлядью. Средняя масса одного малька карпа равна 10 г, стерляди – 5 г. Питание рыбы осуществляется кормосмесью из комбикорма и артемия. Средние ежедневные потребности одного малька карпа составляют 7 г комбикорма и 3 г артемия, стерляди – 3,3 г и 2,2 г соответственно. Ежедневный запас пищи в пруду обеспечивается 60,75 кг комбикорма и 28 кг артемия. Определите, как следует заселить пруд мальками, чтобы максимизировать общую массу двух видов рыб.

Результаты выполнения итоговой диагностической контрольной работы по математике приведены в таблице 8.

**Таблица 8**

**Результаты диагностической контрольной работы по математике**

Количество баллов	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Среднее значение
Число студентов КГ, набравших указанное количество баллов	3	6	6	9	10	7	7	3	1	2	6,87
Число студентов ЭГ, набравших указанное количество баллов	–	2	4	5	6	11	12	6	4	5	8,36

*Источник: составлено автором*

С целью определения степени вовлеченности студентов-экологов в научно-исследовательскую работу оценивались следующие виды деятельности, отраженные в таблице 9.

**Таблица 9**

**Участие студентов-экологов в различных видах научно-исследовательской деятельности**

Виды научно-исследовательской деятельности студентов	КГ	ЭГ
Выступление с докладами на занятиях по математике (количество человек)	24	41
Участие в олимпиаде по математике среди студентов экологических и биологических направлений подготовки (количество человек)	3	15
Подготовка совместных с преподавателем публикаций (число опубликованных статей)	1	4
Реализация прикладных исследовательских проектов под руководством преподавателя (число проектов)	–	4

*Источник: составлено автором*

Анализ представленных в таблицах результатов свидетельствует, что формирование математической компетентности в ЭГ является более эффективным по сравнению с КГ. Обоснуем данный факт с помощью соответствующих методов математической статистики (таблица 10). Выберем уровень значимости  $\alpha = 0,05$ .

**Таблица 10**

**Статистический анализ результатов опытно-экспериментальной работы**

Статистический критерий	Критерий Стьюдента для случая малых независимых выборок [18, с. 166]	Критерий Манна-Уитни [17, с. 333]	Критерий Манна-Уитни [19, с. 138]
Статистические гипотезы	$H_0$ : различия в средних экзаменационных оценках студентов КГ и ЭГ являются несущественными, $H_1$ : указанные различия статистически значимы	$H_0$ такова: статистически незначимы различия между баллами КГ и ЭГ, $H_1$ : различие между баллами КГ и ЭГ статистически значимо	$H_0$ : статистически незначимы различия в степени вовлеченности студентов КГ и ЭГ в различные виды научно-исследовательской деятельности, $H_1$ : данное различие статистически значимо
Эмпирическое значение критерия	$t_{эмп.} = 3,21$	$z_{эмп.} = 3,43$	$U_{эмп.} = 3$
Критическое значение критерия	$t_{крит.} = 2,78$	$z_{крит.} = 1,96$	$U_{крит.1} = 6, U_{крит.2} = 18$
Вывод	$t_{эмп.} > t_{крит.}$ и на уровне значимости $\alpha = 0,05$ гипотеза о несущественности различий в среднеекзаменационных оценках по математике студентов КГ и ЭГ отклоняется	$z_{эмп.} > z_{крит.}$ и на уровне значимости $\alpha = 0,05$ принимается гипотеза $H_1$ , т. е. разница между средними величинами КГ и ЭГ статистически достоверна	$U_{эмп.} < U_{крит.1} < U_{крит.2}$ и на уровне значимости $\alpha = 0,05$ различия КГ и ЭГ в степени вовлеченности в различные виды научно-исследовательской деятельности признаются существенными

Источник: составлено автором

Изменения эмоционально-ценностного отношения будущих экологов к математической деятельности и ее результатам устанавливалось по результатам анкетирования студентов экологических направлений подготовки по авторским опросникам. В таблице 11 в скобках приведена доля студентов (в %), предложивших указанный вариант ответа.

**Таблица 11**

**Результаты оценки эмоционально-ценностного отношения к математической деятельности и её результатам студентов-экологов**

Ранжирование ответов студентов	1 место	2 место	3 место
<i>Наиболее существенными в процессе профессионального образования в вузе являются следующие разделы высшей математики:</i>			
КГ	теория вероятностей (42,6)	линейная алгебра (37)	методы оптимальных решений (33,3)
ЭГ	теория вероятностей (81,8)	дифференциальное исчисление функции одной переменной (65,5)	математическая статистика (58,2)

Ранжирование ответов студентов	1 место	2 место	3 место
<i>Вывод:</i> студенты ЭГ в сравнении со студентами КГ по большей части выявляют значимость математических тем для своего профессионального образования в вузе			
<b>Существует необходимость углубить знания по следующим разделам математики:</b>			
КГ	по линейной алгебре (29,6)	по математической статистике (11,1)	по дифференциальному исчислению функции одной переменной (5,6)
ЭГ	по линейной алгебре (63,6)	по теории вероятностей (43,6)	по методам оптимальных решений (18,2)
<i>Вывод:</i> студенты ЭГ в большей степени, нежели КГ, мотивированы к углублению знаний по отдельным разделам высшей математики			
<b>Математическое моделирование есть...</b>			
КГ	общенаучный метод познания (35,2)	затрудняюсь ответить (35,2)	процесс построения математической модели (14,8)
ЭГ	общенаучный метод познания (40)	метод решения математических и профессиональных задач (25,5)	процесс построения математической модели (25,5)
<i>Вывод:</i> большинство студентов ЭГ верно определяют математическое моделирование и его значение; треть студентов КГ затрудняются дать определение методу математического моделирования			
<b>Успешность и высокая эффективность применения математических методов зависит...</b>			
КГ	от доступности изложения материала (64,8)	от <i>моей</i> регулярной самостоятельной работы (61,1)	от соответствия изучаемой информации требованиям будущей профессии (38,9)
ЭГ	от <i>моей</i> регулярной самостоятельной работы (69,1)	от <i>моих</i> систематических занятий по математике (58,2)	от глубины и качества <i>моих</i> знаний (45,5)
<i>Вывод:</i> студенты ЭГ видят успешность использования математических методов в осуществлении собственной, в частности, самостоятельной, деятельности; студенты КГ преимущественно оценивают деятельность преподавателя по изложению учебного материала			
<b>Следующие математические умения необходимы для реализации научно-исследовательской деятельности:</b>			
КГ	построение таблиц, графиков, диаграмм (50)	статистическая обработка результатов исследования (44,4)	математическое моделирование (42,6)
ЭГ	построение таблиц, графиков, диаграмм (65,5)	статистическая обработка результатов исследования (61,8)	математическое моделирование (50,9)
<b>Математические методы могут быть эффективно использованы в процессе осуществления научно-исследовательской деятельности:</b>			
КГ	на этапе анализа результатов исследования (50)	на этапе прогнозирования (31,5)	на этапе реализации исследования (20,4)
ЭГ	на этапе анализа результатов исследования (85,5)	на этапе прогнозирования (76,4)	на этапе реализации исследования (43,6)
<i>Вывод:</i> студенты ЭГ по сравнению со студентами КГ в значительной степени обнаруживают потенциал математики в процессе выполнения научно-исследовательской деятельности			
<b>Для успешной организации научно-исследовательской деятельности необходимо...</b>			
КГ	проведение разъяснительной работы (57,4)	более глубокое изучение математических методов (40,7)	создание материально-технических условий (31,5)
ЭГ	более глубокое изучение математических методов (54,5)	проведение разъяснительной работы (36,4)	создание материально-технических условий (27,3)

Ранжирование ответов студентов	1 место	2 место	3 место
<i>Вывод:</i> для осуществления научно-исследовательской деятельности, в том числе средствами математики, студентам КГ требуется проведение разъяснительной работы; студенты ЭГ, получившие первоначальные устойчивые навыки реализации данного вида деятельности на занятиях по математике, более нуждаются в обеспечении глубокого и сознательного усвоения математических методов			
<b>Планируете ли Вы продолжить свое обучение в магистратуре?</b>			
КГ	Я еще не определился с выбором (75,9)	Нет, не планирую (14,8)	Да, планирую (9,3)
ЭГ	Я еще не определился с выбором (45,5)	Да, планирую (30,9)	Нет, не планирую (23,6)
<i>Вывод:</i> имея определенный опыт научно-исследовательской деятельности, сформированный, в частности, в процессе математического образования, треть студентов ЭГ планирует продолжить свое обучение в магистратуре; подавляющее большинство студентов КГ не определились с выбором; желающих обучаться в магистратуре среди студентов КГ втрое меньше, чем в ЭГ			

*Источник: составлено автором*

Сопоставление ответов студентов на представленные выше вопросы позволяет сформулировать вывод о том, что студенты ЭГ по сравнению со студентами КГ в большей степени осознают ценность математического аппарата в процессе приобретения профессионально значимых умений и навыков. Таким образом, оценка опытно-экспериментальной работы подтверждает эффективность формирования всех элементов математической компетентности с учетом выделенных необходимых составляющих профессиональной подготовки по математике студентов-экологов в вузе.

### Заключение

В соответствии с реализованным исследованием математическая компетентность эколога-бакалавра представляет собой интегративное качество личности студента, которое характеризует математические знания, умения и навыки (знаниевый элемент), опыт решения профессиональных задач математическими методами (профессионально-деятельностный элемент), опыт осуществления научно-исследовательской деятельности средствами математики (методологический элемент), эмоционально-ценностное отношение к математической деятельности и ее результатам (эмоционально-ценностный элемент). Подчеркнем, что в отличие от проанализированных исследований в части уточнения сущности понятия математической компетентности будущих экологов, в ее структуре в качестве самостоятельного и важнейшего компонента выделен методологический элемент, обеспечивающий реализацию научно-исследовательской деятельности студентов-экологов средствами математики. Эффективность формирования всех элементов математической компетентности студентов-экологов подтверждена результатами опытно-экспериментальной работы. Обобщая вышеизложенное, отметим, что формирование математической компетентности выступает необходимой составляющей процесса получения высшего экологического образования.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А.В. Хуторской // Народное образование. – 2003. – № 2. – С. 58–64.
2. Аверина О.В. Формирование профессионально-математической компетентности экологов в вузе: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Аверина Ольга Валентиновна. – М., 2007. – 175 с.
3. Аммосова М.С. Профессиональная направленность обучения математике студентов горных факультетов университетов как средство формирования их математической компетентности: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Аммосова Марита Саввична. – Красноярск, 2009. – 180 с.
4. Бурмистрова Н.А. Математическая компетентность студентов экономических университетов в контексте устойчивого развития / А.Н. Бурмистрова // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2017. – № 1 (25). – С. 30–35.
5. Васильева М.А. Профессиональная направленность обучения математике – залог формирования компетентностного специалиста / А.М. Васильева, Т.В. Турбина // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XIII межвузовской научно-технической конференции / под ред. А.Н. Паршина. – Рязань: ООО «Рязанский издательско-полиграфический дом «Первопечатникъ», 2015. – С. 59–62.
6. Петрова Е.М. Модель формирования математической компетентности специалистов технического профиля / Е.М. Петрова // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2012. – № 133. – С. 238–245.
7. Сергеева Е.В. Интеграция проектного и компетентностного подходов в математическом образовании студентов технических университетов / Е.В. Сергеева // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. – 2010. – № 2. – С. 281–284.
8. Стельмах Я.Г. Формирование профессиональной математической компетентности студентов – будущих инженеров: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Стельмах Янина Геннадьевна. – Самара, 2011. – 23 с.
9. Чиркова О.В. Формирование математической компетентности будущих бакалавров-менеджеров производственной сферы в условиях проектного обучения математике: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Чиркова Ольга Владимировна. – Красноярск, 2016. – 25 с.
10. Шершнева В.А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Шершнева Виктория Анатольевна. – Красноярск, 2011. – 45 с.
11. Мельникова О.Ю. Экологическая компетентность бакалавров социально-экономического профиля в контексте принципов образования для устойчивого развития / О.Ю. Мельникова, А.П. Жигadlo // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2018. – Т. 8. – № 3. – С. 139–153.

12. Иванова Т.А. Теория и технология обучения математике в средней школе: Учеб. пособие для студентов математических специальностей педагогических вузов / Т.А. Иванова, Е.Н. Перовщикова, Л.И. Кузнецова, Т.П. Григорьева; под ред. Т.А. Ивановой. – 2-е изд. – Н. Новгород: НГПУ, 2009. – 355 с.
13. Ирисметов А.И. Применение и экспериментальная проверка модели формирования профессиональной компетентности будущих-инженеров-экологов / А.И. Ирисметов, И.И. Ирисметова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 22. – С. 405–408.
14. Торопова С.И. Математическое моделирование в содержании обучения математике студентов экологических направлений подготовки / С.И. Торопова // Статистика и экономика. – 2018. – № 15 (3). – С. 67–83.
15. Торопова С.И. Методы математической статистики как средство формирования профессиональных компетенций студентов-экологов / С.И. Торопова // Образование и наука. – 2018. – № 20 (3). – С. 53–82.
16. Торопова С.И. Математический аппарат как источник формирования и реализации научно-исследовательской деятельности студентов-экологов / С.И. Торопова // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2018. – № 7 (130). – С. 33–42.
17. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. / С. Гланц. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
18. Наследов А.Д. Математические методы психологических исследований. Анализ и интерпретация данных. Учебное пособие / А.Д. Наследов. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.
19. Шилова З.В. Статистические методы обработки результатов научных исследований: учебно-методическое пособие / З.В. Шилова. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2015. – 268 с.

**Toropova Svetlana Ivanovna**

Vyatka state university, Kirov, Russia

E-mail: [svetori82@mail.ru](mailto:svetori82@mail.ru)

## **The formation of mathematical competence environmental students**

**Abstract.** The article explores the problem of the formation of mathematical competence of future ecologists in accordance with the requirements of federal state standards of higher education in environmental areas of preparation. The article is part of the author's dissertation research on the implementation of the professional orientation of teaching mathematics to future ecologists, the result of which is proposed to consider the formed mathematical competence. The purpose of the work is to clarify the definition of the mathematical competence of an ecologist-bachelor, determine its structure, identify and justify the necessary components of the mathematical training of environmental students, ensuring the formation of all elements of their mathematical competence, and verify the effectiveness of its formation on the basis of experimental work. As a result of a theoretical analysis of scientific research devoted to the study of the mathematical competence of future specialists of various profiles, an author's interpretation of the concept of mathematical competence of an ecologist-bachelor is presented. Its four-element structure is characterized, the distinguishing feature of which is the presence of an independent and most important element that ensures the implementation of the research activities of environmental students by means of mathematics. The necessary components of the mathematical training of future ecologists have been identified, interpreted as pedagogical conditions for the formation of their mathematical competence at the university, namely, solving mathematical problems of a professional environmental orientation, mastering the method of mathematical modeling, establishing interdisciplinary connections of mathematics, and carrying out research activities using mathematics. Conducting a pedagogical experiment to study the effectiveness of the formation of mathematical competence of environmental students in accordance with the selected conditions was carried out in four directions according to its developed structure. The author discusses the diagnostic tools compiled by the author, in particular, problems in mathematics of a professional environmental orientation, as well as the application of statistical criteria and interpretation of the results of a pedagogical experiment. In conclusion, it is concluded that the formation of mathematical competence is a necessary component of the process of obtaining a higher environmental education.

**Keywords:** mathematical competence; mathematical competence of an ecologist-bachelor; pedagogical conditions for the formation of mathematical competence; problems in mathematics of a professional environmental orientation; federal state standards of higher education in environmental areas of preparation; criteria for the formation of mathematical competence; students of environmental training areas