

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ-ЭКОЛОГОВ

С. И. Торопова

Вятский государственный университет, Киров, Россия.

E-mail: svetori82@mail.ru

Аннотация. *Введение.* Ухудшающееся состояние среды обитания человека актуализирует активное развитие системы экологического просвещения и образования населения. Особые требования в современных условиях предъявляются к квалификации и компетентности специалистов-экологов, которые должны обладать навыками самостоятельного сбора достоверной экологической информации, уметь анализировать ее посредством строгих математических расчетов; производить необходимые измерения и вычисления во время наблюдений и экспериментов; выбирать и грамотно реализовывать адекватный алгоритм или математический метод решения конкретной экологической задачи; составлять научно обоснованные прогнозы изменений состояния окружающей среды.

Цель данной статьи состоит в описании возможностей использования потенциала методов и средств математической статистики для формирования профессиональных компетенций будущих экологов.

Методология и методики. Методологической базой исследования является компетентностный подход к подготовке специалистов в высшей школе. Произведен анализ содержания действующих нормативных документов и научных источников, посвященных проблемам применения методов математической статистики в обучении специалистов-экологов. Обобщен опыт такой подготовки в различных вузах России.

Результаты и научная новизна. Обозначены основные методические и организационные проблемы обучения студентов-экологов статистическому анализу данных: ориентация действующих учебных программ и методов профессионального образования на «среднего» студента, недостаточное количество профильных учебно-методических пособий, большой объем необходимой для изучения статистической информации и ограниченность временных возможностей ее осмысления, отсутствие у будущих экологов опыта по применению арсенала математической статистики и др. Намечены условия решения этих проблем: тщательный отбор профессионально значимого содержания

дисциплины «Математика»; обеспечение оптимального сочетания математических задач и теоретического материала; обучение студентов компетентной интерпретации полученных математических результатов с точки зрения экологии; рациональное использование программных средств в образовательном процессе. Сформулирован ряд общих методических положений, которые следует соблюдать в преподавании математической статистики, чтобы добиться положительного эффекта. Подчеркивается важность регионального компонента профессиональной подготовки экологов. Подробно изложена система специальных задач профессиональной экологической направленности, составленных на основе официальных материалов мониторинга окружающей среды в Кировской области. Показаны возможные направления научно-исследовательской и самостоятельной работы студентов при изучении математической статистики. Продемонстрированы ее ресурсы для обеспечения и усиления межпредметных связей.

Практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы для коррекции и совершенствования содержания дисциплины «Математика», включенной в учебные программы экологических специальностей.

Ключевые слова: математическая статистика, профессиональные компетенции, задачи профессиональной направленности, студенты-экологи.

Для цитирования: Торопова С. И. Методы математической статистики как средство формирования профессиональных компетенций студентов-экологов // Образование и наука. 2018. Т. 20. № 3. С. 53–82. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-3-53-82

METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS AS A MEANS OF PROFESSIONAL COMPETENCE FORMATION OF STUDENTS-ECOLOGISTS

S. I. Toropova

Vyatka State University, Kirov, Russia.

E-mail: svetori82@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Today, the worsening conditions of the human habitat are generating considerable interest in terms of the active development of the system of ecological education and education of the population. Special requirements in modern conditions are imposed to the qualification and competence of environmental professionals: to possess the skills for independent collecting reliable ecological information and to be able to analyze it by means of rigorous mathematical calculations; to perform necessary measurements and calculations within observations and experiments; to choose and to competently realize an adeq-

uate algorithm or a mathematical method for the solution of a specific ecological task; to make evidence-based forecasts of changes of environmental conditions.

The aim of this publication is to reveal the potential of mathematical statistics methods application for the professional competencies formation of future ecologists.

Methodology and research methods. Methodological framework of the research is made up of a competency-based approach to the preparation of high school specialists. The analysis of existing regulations and academic material sources focused on application of mathematical statistics methods for future ecologists' training was carried out. The experience of such training in different universities of Russia was summarized.

Results and scientific novelty. The main methodological and organizational problems in the training of environmental students in statistical data analysis are revealed: orientation of the existing training programs and methods of professional education towards the "average" student; insufficient quantity of profession-oriented study guides; large volume of statistical information, necessary for studying, and limitation of temporary opportunities for its understanding and evaluation; a lack of future ecologists' experience on application of mathematical statistics toolkit; etc. The conditions for the solution of these problems are planned: careful selection of professionally significant content of the academic discipline "Mathematics"; providing an optimum balance between mathematical tasks and theoretical material; training of students in competent interpretation of the received mathematical results in the context of ecology; efficient use of software in educational process. A number of the general methodical provisions which should be observed in mathematical statistics teaching are formulated to achieve a positive effect. The importance of a regional component of professional training of ecologists is emphasized. Detailed consideration of using the system of specially formulated tasks of a professional environmental orientation, in particular, based on official material sources on monitoring data of the Kirov region environment, is given. The possible directions of students' independent research work organization in the study of mathematical statistics are presented. The ways for providing and strengthening of interdisciplinary and intersubject relations are highlighted.

Practical significance. The results of the study can be used to improve the content of the academic discipline "Mathematics" included in education programs for ecological specialties.

Keywords: mathematical statistics, professional competencies, professional oriented tasks, students-ecologists.

For citation: Toropova S. I. Methods of mathematical statistics as a means of professional competence formation of students-ecologists. *The Education and Science Journal*. 2018; 3 (20): 53–82. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-3-53-82

Введение

В связи с общим ухудшением состояния среды обитания человека вопросы экологического воспитания и образования населения приобретают особое значение. Экологическое просвещение в нашей стране сейчас активно ведется в дошкольных и общеобразовательных учреждениях, возрастает его доля и в высшей школе.

Современное высшее образование в России ориентировано на формирование у студентов профессиональных компетенций как результата освоения соответствующих программ подготовки. Компетенции представляют собой обобщенные способы действий, опирающиеся на единство теоретической и практической готовности выпускника к осуществлению профессиональной деятельности. Заложенный в понятии компетенции принцип перехода от репродуктивного способа усвоения знаний к формированию способности самостоятельно получать информацию, анализировать и прогнозировать последствия предпринимаемых действий обусловил изменения в проектировании основных компонентов методических систем обучения конкретным дисциплинам, в частности математике.

Обучение математике студентов экологических направлений подготовки имеет прикладной характер и направлено преимущественно на подготовку к практической деятельности в сфере экологии и смежных с ней областей. Математика для будущих экологов, с одной стороны, является аппаратом освоения основных профильных дисциплин, с другой – служит средством исследования и описания реальных явлений, результатов опытов, а также предоставляет инструментарий для решения некоторых важных производственных задач.

В процессе изучения математических дисциплин у студентов формируются следующие группы компетенций:

- 1) умения выбирать и реализовывать адекватный алгоритм или математический метод решения конкретной задачи;
- 2) способности корректно проводить научно-практические эксперименты, грамотно использовать результаты произведенных измерений и вычислений.

Компетенции первой группы вырабатываются преимущественно в процессе решения задач профессиональной экологической направленности, в том числе посредством методов математической статистики. Систематическое и целенаправленное изучение основ математической статистики имеет большое значение и для формирования компетенций второй группы, позволяющих выпускникам экологических специальностей собирать необходимую для их деятельности информацию, производить ее математическую обработку и оценку, а также составлять научно

обоснованные прогнозы изменений состояния окружающей среды. Например, методы математической статистики необходимы для решения таких глобальных проблем экологии, как увеличение антропогенного воздействия на окружающую среду, которое является причиной уменьшения биологического разнообразия; сокращение невозобновляемых природных ресурсов; ухудшение состояния здоровья населения и др. Следовательно, профессионально компетентный специалист-эколог должен уметь осуществлять расчеты антропогенного воздействия на экосистему, иногда в интервале времени, превышающем продолжительность жизни одного поколения; анализировать медико-демографические показатели в условиях данного воздействия; моделировать состояния объектов исследования в ближайшем и отдаленном будущем и находить способы оптимизации их функционирования на основе составленных расчетов.

Обзор литературы

Высшее экологическое образование, регулирующееся в России рядом нормативных правовых документов, в соответствии со статьей 71 Федерального закона «Об охране окружающей среды»¹ является частью системы всеобщего комплексного экологического образования и осуществляется в целях профессиональной подготовки специалистов в области охраны окружающей среды.

Экологическая доктрина Российской Федерации² одним из приоритетных направлений государственной политики провозглашает экологический мониторинг и информационное обеспечение, основная задача которых – предоставление государственным и муниципальным органам, юридическим лицам и гражданам достоверных сведений о состоянии окружающей среды и ее возможных неблагоприятных изменениях. В доктрине подчеркивается, что достижению поставленной задачи служит система непрерывного экологического образования и просвещения населения.

Принципами государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 г.³ названы обязательность экспертизы

¹ Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://rg.ru/2002/01/12/oxranasredy-dok.html> (дата обращения: 19.11.2017).

² Экологическая доктрина Российской Федерации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=133908> (дата обращения: 19.10.2017).

³ Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://Kremlin.ru/events/president/news/15177> (дата обращения: 19.10.2017).

планируемого воздействия на природную среду при принятии решений об осуществлении экономической и иной деятельности; соблюдение права каждого человека на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды.

В ФГОС ВО направлений подготовки 05.03.06 Экология и природопользование¹, 20.03.01 Техносферная безопасность² и 20.03.02 Природообустройство и водопользование³ указывается, что выпускник-эколог среди прочего должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК): способностями разрабатывать и применять технологии рационального природопользования и охраны окружающей среды, осуществлять прогноз техногенного воздействия (ПК-1); знанием об оценке воздействия на окружающую среду; способностью излагать и критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования (ПК-19).

Действующие ФГОС ВО не регламентируют изучение конкретных курсов и допускают значительную свободу выбора дисциплин вузами, закрепленную увеличением в учебных планах доли вариативной составляющей профессиональной подготовки [1]. Так, в Вятском государственном университете (ВятГУ, Киров) и некоторых других вузах России (например, в Южно-Уральском государственном университете⁴ и Северном (Арктическом) федеральном университете им. М. В. Ломоносова⁵) формирование указанных выше профессиональных компетенций происходит преимуще-

¹ Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/8871/файл/8303/Приказ%20N%20998%20от%2011.08.2016.pdf> (дата обращения: 19.10.2017).

² Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/8348> (дата обращения: 01.11.2017).

³ Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/6698/файл/5711/Приказ%20N%22016%20от%2006.03.2015.pdf> (дата обращения: 01.11.2017).

⁴ Рабочая программа к ОП ВО от 06.12.2017 № 007–03–1759 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.susu.ru/sites/default/files/univeris/db65ee18-0565-43f6-a9a2-20ee8308a7fb.pdf> (дата обращения: 17.03.2018).

⁵ Рабочий учебный план подготовки бакалавров 20.03.01 Техносферная безопасность [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://narfu.ru/upload/iblock/171/2017g_20.03.01_Tekhnosfernaya-bezopasnost_ZCHS.plm.pdf (дата обращения: 17.03.2018).

ственно при обучении студентов-экологов математике. Полученные учащимися первого и второго курсов фундаментальные математические знания и умения способствуют освоению таких дисциплин вариативной части программы бакалавриата, как экологическая экспертиза, техногенные системы и экологический риск, оценка воздействия на окружающую среду и др. Курс высшей математики завершается знакомством студентов с методами математической статистики.

В связи с реализацией в учебном процессе идей компетентного подхода, акцентирующего внимание на результатах образования, возникает необходимость в проектировании адекватной методической системы обучения математике, традиционными составляющими которой являются цели, содержание, методы, средства и формы такого обучения. Как отмечено выше, социальный заказ общества на профессионально компетентных специалистов предполагает постановку целей будущих подготовки специалистов в виде способов деятельности и оказывает влияние на конструирование остальных компонентов методической системы обучения математике, в частности на его содержание.

Согласно основным положениям современной дидактики содержание образования включает в себя две системы знаний [2, с. 29]. Знания первого рода – научные сведения об объектах, фактах, явлениях в их связях и отношениях. Они образуют так называемую информационную составляющую содержания образования. К знаниям второго рода относятся методологические знания о методах, процессе и истории познания, о методическом инструментарии науки и о различных способах деятельности. Центральное место в обозначенной структуре содержания образования, в том числе математического, отводится информационной составляющей, поскольку она обеспечивает овладение математическим аппаратом, способами решения математических и прикладных задач. Реализация второй, методологической составляющей осуществляется в процессе достижения студентами результата образования, отражающего информационную компоненту.

Исходя из конструируемого содержания образования и планируемых результатов осуществляется выбор адекватных им форм, методов и средств обучения. Обобщение доступных материалов о подготовке специалистов-экологов в различных вузах показало, что средства математики и математической статистики обладают большим потенциалом для качественного формирования профессиональных компетенций студентов-экологов, если им предлагаются учебные задачи, соответствующие профилю обучения, т. е. описывающие наиболее близкие к предстоящей тру-

довой деятельности реальные экологические, биологические, химические и медицинские проблемы. Подчеркнем, что целесообразно отдавать предпочтение задачам, при решении которых происходит трансформация знаний в способы деятельности и методологические знания.

Однако, несмотря на широкие возможности формирования профессиональных компетенций будущих экологов с помощью методов и средств математической статистики, в учебном процессе они задействованы далеко не полной мере. Обзор литературы и личный опыт преподавания позволяют констатировать, что студенты нередко применяют статистические закономерности неграмотно и формально. К наиболее распространенным ошибкам относятся применение параметрических критериев вместо непараметрических без проверки целесообразности и правильности выбора; игнорирование множественности сравнений и повторных измерений; отсутствие содержательной интерпретации полученных результатов при большом количестве математических выкладок. Подробный анализ перечисленных и других возникающих ошибок можно найти, например, в работах А. Г. Барта, Е. В. Вербицкой и В. Н. Солнцева, А. Н. Вараксина, В. И. Вершинина, В. П. Леонов, Н. В. Трухачевой, G. W. Heiman, T. Lang, D. Altman, Z. M. Yusof, S. Abdullah, S. Yahaya, A. R. Othman [3–10] и др.

Причин сложившейся ситуации несколько.

Увеличение объема учебного материала и сокращение времени на его изучение приводят к тому, что на аудиторных занятиях по математике удастся рассмотреть лишь базовые положения математической статистики. Большая часть статистического материала отводится для самостоятельного изучения. Класс предлагаемых обучающимся типовых задач не слишком велик, в качестве примеров приводятся некоторые наиболее распространенные, но довольно несложные модели. В результате у студентов создается впечатление, что набор экологических задач, решаемых с привлечением аппарата статистического анализа данных, довольно ограничен и прост.

Кроме того, причины недооценки обучающимися роли методов математической статистики состоят в том, что на первых курсах студенты недостаточно ясно представляют область их применения в экологии, а в имеющихся учебных пособиях и практикумах почти нет реальных задач экологического содержания, соответствующих уровню знаний первокурсников.

Не обладая навыками проведения статистического анализа данных, студенты испытывают трудности при выборе адекватных статистических методов, а в случае их применения делают это формально. Нередко реше-

ние очередных задач осуществляется по образцу готового решения другой задачи путем подстановки новых числовых данных без попытки осмысления используемого статистического метода.

Результаты исследования

Анализируя проблемы обучения студентов-экологов методам математической статистики и математики, мы сделали вывод о том, что трудности подготовки востребованных высококвалифицированных специалистов-экологов имеют объективный характер. К факторам, осложняющим качественное обучение компетентных кадров в области экологии, относятся, например, ориентация действующих учебных программ и методов профессионального образования на «среднего» студента, недостаточное количество профильных учебно-методических пособий, большой объем необходимой для изучения статистической информации и ограниченность временных возможностей ее осмысления, незначительный опыт будущих экологов по применению арсенала математической статистики и др.

Условиями решения обозначенных проблем подготовки экологов, способных эффективно решать профессиональные задачи методами математической статистики, на наш взгляд, являются:

- тщательный отбор профессионально значимого содержания обучения студентов-экологов дисциплине «Математика»;
- обеспечение оптимального сочетания математических задач и теоретического материала при изучении тем, раскрывающих профессионально значимый потенциал математической статистики;
- обучение грамотной интерпретации полученных математических результатов с точки зрения экологии;
- рациональное использование программных средств в процессе освоения студентами методов математической статистики.

С опорой на требования ФГОС нами был составлен перечень результатов изучения курса математической статистики. Показателями успешного завершения этого курса являются знания студентами-экологами основ статистических методов, целей и ограничений их применения; навыки интерпретации получаемых математических результатов с точки зрения предметной области; способность критически анализировать содержащуюся в публикациях обширную статистическую количественную информацию; умения решать задачи профессиональной направленности с помощью методов математической статистики и пакетов прикладных

программ для статистической обработки данных; навыки работы с базами данных и электронными таблицами.

Были выделены наиболее значимые, с нашей точки зрения, темы для изучения математической статистики на аудиторных занятиях, и темы, весьма полезные студентам экологических направлений подготовки и с которыми обучающиеся могут справиться самостоятельно.

К числу первых относятся:

- «Нормальное распределение случайной величины»;
- «Точечные и интервальные оценки параметров генеральной совокупности нормального распределения по выборке»;
- «Графическое представление распределения случайных величин»;
- «Параметрические критерии проверки гипотез»;
- «Основы корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов».

Для самостоятельного изучения можно рекомендовать:

- «Распределения случайных величин, отличные от нормального»;
- «Непараметрические критерии проверки гипотез»;
- «Непараметрические корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализы».

Приведенный список тем может быть расширен и дополнен исходя из целей обучения определенного направления подготовки.

Мы сформулировали также ряд общих методических положений, которые следует соблюдать в преподавании математической статистики студентам-экологам, чтобы добиться положительного эффекта.

Положение первое. Профессиональная направленность курса математической статистики обеспечивается, прежде всего, посредством выбора его содержания – в нашем случае комплекса задач профессиональной направленности, составленных на основе материала, изучаемого студентами в рамках профильных предметов. Таким образом обеспечиваются межпредметные связи математики с дисциплинами профессионального цикла.

Подобная интеграция может осуществляться на трех уровнях: иллюстративном, теоретическом и методологическом [11].

Для иллюстрации прогностических возможностей методов математической статистики студентам-экологам на лекции может быть предложена, например, следующая задача:

Имеется нелинейная регрессионная модель $y = 4,967x^{1,209}$, выражающая зависимость общей заболеваемости y острыми кишечными инфекциями (на 100 тыс. населения) от удельного веса x проб питьевой воды центра-

лизованных систем питьевого водоснабжения, не соответствующих гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям [12, с. 44]. Статистически подтверждено качество построенного уравнения. Используя данную модель, найдите предполагаемую величину заболеваемости острыми кишечными инфекциями в 2016 г. в городе Кирове, если, согласно статистическим данным¹, 5% проб питьевой воды не соответствовало гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям.

На *теоретическом уровне* профилирования демонстрируется применение аппарата математической статистики в ситуациях, близких к тем, в которых они были получены. Например, известно, что в современных условиях одним из важнейших видов антропогенного воздействия является радиоактивное загрязнение биосферы. Вследствие актуальности данной экологической проблемы при изучении основных законов дискретных распределений студентам-экологам может быть предложена задача о радиоактивном распаде из учебного пособия И. И. Баврина [13, с. 145]:

Радиоактивное вещество в среднем дает r импульсов радиоактивности в 1 с., следовательно, ожидаемое число импульсов за t секунд равно rt . Поскольку проба вещества состоит из очень большого числа n радиоактивных атомов и каждый атом имеет крайне малую вероятность p распада в течение 1 с., рассматриваемый процесс можно описать распределением Пуассона. Вследствие того, что ожидаемое число распадов за 1 с. есть $r = np$, ожидаемое число распадов за t с. есть $rt = npt$. Заметим, что данное произведение является математическим ожиданием распределения Пуассона. Имеем вероятность $P(k)$ k распадов за t с.:
$$P(k) = \frac{(rt)^k}{k!} e^{-rt}.$$

Данная формула выражает искомую вероятность в общем виде, при подстановке в нее вместо переменных конкретных числовых значений вычисляется соответствующая им вероятность.

Пусть, например, в течение 1 с. было зарегистрировано 4 импульса радиоактивности, следовательно, вероятность возникновения 30 импульсов за десятисекундный интервал есть
$$P(30) = \frac{(4 \cdot 10)^{30}}{30!} e^{-40} \approx 0,02.$$

Междисциплинарные связи математики с другими дисциплинами на *методологическом уровне* устанавливаются преимущественно при решении

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кировской области в 2016 году: государственный доклад [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.43.gospotrebnadzor.ru/documents/gosregdoklad/publication/svoddokl2016.pdf> (дата обращения: 11.11.2017). С. 140.

задач и групповой работе над исследовательскими проектами. В обоих случаях выдвигаются гипотезы, строятся математические модели рассматриваемых процессов или явлений, проверяется их адекватность моделируемым объектам, в обязательном порядке даются предметные (с точки зрения экологии) трактовки полученных математических результатов. Подобная работа формирует у студентов представления о математике и математической статистике как об общенаучном методе познания объективного мира.

Углубленный анализ действующих рабочих программ экологических профилей подготовки и опрос преподавателей специальных и профессиональных дисциплин подтвердили отсутствие в большинстве методических пособий заданий, соответствующих уровню подготовки студентов-экологов первых курсов (о чем говорилось выше) и отражающих региональную специфику. Вместе с тем, согласно Национальной стратегии образования для устойчивого развития в Российской Федерации¹, одна из задач высшей школы – вовлечение студентов в местные и региональные исследования состояния окружающей среды. Возможность изучать экологическую обстановку в своем регионе методами математической статистики обеспечивает формирование методологической компоненты содержания математического образования, включающей эмоционально-ценностное отношение к нему и математической деятельности [2, с. 30].

В сформированном в ВятГУ комплексе задач профессиональной экологической направленности по важнейшим темам математической статистики основу сюжетов нередко составляют данные мониторинга окружающей среды Кировской области, опубликованные на официальных сайтах областного правительства, управления Роспотребнадзора, Кировстата и т. п. [14–16].

Приведем примеры таких задач в соответствии с изучаемыми в вузе темами математической статистики: парным регрессионным анализом, множественным корреляционно-регрессионным анализом, однофакторным дисперсионным анализом, непараметрическими критериями математической статистики.

Задача 1 [14, с. 394]. В условии представлены два ряда наблюдений: выбросы тонн вредных веществ в расчете на 1 кв. км площади и количество (тыс. шт.) автотранспорта в Кировской области. Требуется уста-

¹ Национальная стратегия образования для устойчивого развития в Российской Федерации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://docplayer.ru/29231924-Nacionalnaya-strategiya-obrazovaniya-dlya-ustoychivogo-razvitiya-v-rossiyskoy-federacii-preambula.html> (дата обращения: 05.11.2017).

новить зависимость между выбросами вредных веществ в атмосферу и количеством автотранспорта в виде линейной парной регрессии; вычислить линейный коэффициент корреляции и коэффициент детерминации; интерпретировать данные показатели, а также коэффициент регрессии; на уровне значимости $\alpha = 0,05$ сделать вывод о существенности уравнения регрессии в целом, а также его параметров.

Задача 2 [15, с. 139]. Условие содержит сведения о первичной заболеваемости y органов дыхания населения Кировской области (в расчете на 1000 человек), валовом выбросе загрязняющих веществ из стационарных источников x_1 и выбросах загрязняющих веществ от автомобильного транспорта x_2 (в обоих случаях тыс. шт.). Требуется выполнить следующие задания.

1. Предполагая, что между переменными y , x_1 , x_2 существует линейная корреляционная зависимость, составьте уравнение регрессии $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2$. Объясните смысл коэффициентов b_1 и b_2 .

2. Найдите коэффициенты парной корреляции для всех факторов и выясните, какие факторы существенно влияют на результат, а какие – несущественно, в связи с чем их можно исключить.

3. Вычислите коэффициент множественной корреляции и коэффициент множественной детерминации. Интерпретируйте коэффициент детерминации с точки зрения экологии.

4. Проверьте уравнение множественной линейной регрессии на статистическую значимость и оцените целесообразность дополнительного включения фактора в регрессионную модель.

Задача 3 [16, с. 216]. В условии приводятся данные y о распределении заболеваний клещевым вирусным энцефалитом по районам Кировской области (на 100 тыс. человек), численности постоянного населения x_1 (человек) и площади районов x_2 (км²). На основании предположения, что между переменными y , x_1 , x_2 существует линейная корреляционная зависимость, предлагается составить уравнение линейной множественной регрессии. Для проведения дальнейшего анализа построенной регрессионной модели требуется сравнить факторы x_1 и x_2 , выраженные разными единицами измерения, с помощью стандартизированных коэффициентов регрессии и коэффициентов эластичности.

Задача 4. Согласно результатам социально-гигиенического мониторинга исследуется содержание бора в воде поверхностных источников водоснабжения в трех контрольных точках, удаленных на разное расстояние от некоторого источника загрязнения (табл. 1). Предполагая, что результаты измерений во всех контрольных точках имеют нормальное распределение, студентам необходимо с помощью метода однофакторного

дисперсионного анализа установить, влияет ли удаленность участка от объекта загрязнения на содержание бора в воде.

Таблица 1

Уровень превышения гигиенических нормативов по бору в воде поверхностных источников водоснабжения, %

Table 1

Exceedance level of hygienic standards for boron in the water of surface water supply, %

Контрольная точка	Процент неудовлетворительных исследований по содержанию бора от всех исследований воды поверхностных источников водоснабжения				
1	100	95,8	91,7	83,33	66,66
2	14,6	8,9	8,3	11,31	9,52
3	12,5	37,5	33,3	45,83	37,5

Задача 5. В соответствии с итогами социально-гигиенического мониторинга анализируется содержание цинка в почве трех населенных пунктов, расположенных на разном расстоянии от областного центра (табл. 2). Исследуемые участки проранжированы по следующему принципу: чем выше ранг, тем ближе к областному центру расположен данный населенный пункт.

Таблица 2

Уровень превышения гигиенических нормативов по цинку в почве, %

Table 2

Exceedance level of hygienic standards for zinc in the soil, %

Населенный пункт	Процент неудовлетворительных исследований по содержанию цинка в почве				
1	11,11	16,67	16,7	14,81	30,6
2	12,5	25	37,5	12,5	25
3	25	25	25	25	25

Используя представленные в таблице данные, обучающиеся определяют, влияет ли удаленность населенного пункта от областного центра на содержание цинка в почве. В связи с отсутствием утверждения о том, что выборочные данные получены из генеральной совокупности с нормальным распределением, применяется непараметрический аналог метода однофакторного дисперсионного анализа.

Решение задачи № 1 основано на использовании аппарата линейной парной регрессии. Поскольку объекты и процессы экологии испытывают влияние нескольких одновременно и совокупно действующих

факторов, возникает необходимость обобщить построенную в данной задаче двумерную модель для случая нескольких переменных. Такое обобщение реализовано в задаче № 2.

С целью сравнения раздельного влияния на результат нескольких факторов, выраженных в разных единицах измерений, в задаче № 3 рассматривается алгоритм составления стандартизированного уравнения линейной множественной регрессии.

Решение задачи № 4 предполагает анализ влияния фактора с учетом воспроизводимости измерений параметра. Используемый в данной задаче однофакторный дисперсионный анализ опирается на свойство нормальности результатов измерений.

При проведении экологических исследований распределение генеральной совокупности, как правило, неизвестно или обоснованно предполагается отличным от нормального. Следовательно, применение описанных выше параметрических методов обработки данных, в частности однофакторного дисперсионного анализа, оказывается некорректным. В подобных условиях, как в задаче № 5, оправдано привлечение непараметрических критериев математической статистики.

Одной из целей конструирования задач, подобных тем, что приведены в качестве примеров, является привлечение внимания студентов к актуальным экологическим проблемам родного региона – в нашем случае Кировской области, которая является единственным субъектом РФ, граничащим с девятью другими регионами и поэтому испытывает дополнительные внешние промышленные, транспортные и экологические воздействия. На территории Кировской области расположены два района, где осуществляется усиленный экологический контроль в связи с реализацией Федеральной программы по уничтожению химического оружия в РФ¹. Кроме того, в области насчитывается около двухсот особо охраняемых территорий различных видов: природные заповедники, заказники, памятники природы². Особенность областных городов состоит в том, что основными источниками антропогенного загрязнения окружающей среды становятся градообразующие предприятия теплоэнергетики и химической промышленности, а также транспорт³. Согласно данным, содержа-

¹ О состоянии окружающей среды Кировской области в 2016 году: региональный доклад [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.kirovreg.ru/econom/ecology/Regdoklad_2016.pdf (дата обращения: 22.01.2018). С. 127.

² Там же. С. 201.

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кировской области в 2016 году: государственный доклад [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.43.gospotrebnadzor.ru/documents/gosregdoklad/publication/svoddokl2016.pdf> (дата обращения: 11.11.2017).

щимся в государственном докладе о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кировской области за 2016 г., на 50% территорий области, где осуществляется мониторинг состояния почвы, зафиксированы превышения предельно допустимой концентрации по содержанию свинца, мышьяка, цинка¹; значимой остается задача обеспечения населения качественной питьевой водой².

Однако составленные нами задачи профессиональной экологической направленности хотя и основаны на реальных данных мониторинга окружающей среды Кировской области, все же носят учебный характер. Не претендуя на воспроизведение условий и результатов реальных экологических исследований, мы используем адаптированные ситуации, цель которых – иллюстрация построения математических моделей и установление внутренних и внешних связей между рассматриваемыми объектами. Заметим также, что содержание занятий по математике не ограничивается сугубо экологической тематикой: мы стремимся показать, что один и тот же математический аппарат может быть использован для решения задач, связанных с биологическими, химическими, медицинскими, физическими или экономическими процессами.

Апробация в реальном учебном процессе описанных выше и в наших предыдущих работах [14–16] заданий показала их эффективность. Знания, полученные студентами-экологами при решении подобных задач, востребованы при написании курсовых работ, выполнении лабораторных практикумов и в научно-исследовательской деятельности. Например, требования ФГОС и учебный план подготовки экологов направления 05.03.06 Экология и природопользование предусматривают учебную практику для получения студентами первичных профессиональных умений и навыков, в том числе научно-исследовательских. Во время практики обучающиеся должны проявить знания математических правил обработки статистических данных, полученных в ходе экологического мониторинга; составить диаграммы изменения количества плотности организмов, изменения потребления воды, структуры земель и т. д.; произвести расчеты по результатам исследования (зафиксировать динамику потребления природного ресурса; изменения численности организмов или величины проростков культур, размеров спор и семян и т. п.).

Положение второе. При существующем распределении часов на изучение математической статистики особое значение приобретает са-

¹ Там же. С. 18.

² Там же. С. 17.

мостоятельная работа студентов, предполагающая углубление знаний полученных ими во время аудиторных занятий и расширение представлений о возможностях методов статистической обработки данных. Организация самостоятельной работы требует тщательной подготовки, особенно если будущий специалист-эколог планирует заниматься научными исследованиями.

Обозначим возможные направления реализации самостоятельной работы студентов на основе приведенной выше системы задач.

На практике при анализе некоторого признака объекта может оказаться, что количество опытов в группах, соответствующих разным уровням фактора, неодинаково. Исключение части данных для того, чтобы уравнивать указанное количество, может привести к неоправданной потере информации [18, с. 407]. Целесообразно предложить будущим экологам самостоятельно исследовать возможности применения метода однофакторного дисперсионного анализа в случае, когда количество опытов различно.

В ходе многих биологических, химических и экологических исследований возникает ситуация, когда изучаемый параметр варьируется под действием не одного, а одновременно нескольких факторов. Причем каждый фактор может иметь как качественный, так и количественный характер. Примером служит изучение содержания цинка, одного из самых существенных загрязнителей почвы в Кировской области, что установлено на основе проб, взятых на разной глубине (количественный фактор) и в разных местах (качественный фактор) [18, с. 117]. При решении задач соответствующего содержания используется двухфакторный дисперсионный анализ. С учетом того, что многофакторный дисперсионный анализ не меняет общей логики однофакторного дисперсионного анализа, лишь незначительно усложняя ее, изучение двухфакторных дисперсионных моделей может быть также рекомендовано студентам для самостоятельного рассмотрения. Овладение аппаратом многофакторного дисперсионного анализа позволит будущим экологам не только анализировать влияние одновременно действующих факторов на результат, но и вооружит их мощным средством для проведения других самостоятельных исследований.

Обобщение моделей, построенных в процессе решения предложенных задач, обеспечивает формирование у студентов исследовательских и прогностических навыков и умений, которые можно закреплять и развивать, например, посредством внесения обучающимися изменений в условия задачи, переформулирования поставленных проблем, постановки

новых задач на основе имеющихся и самостоятельного составления новых задач.

Составление и решение новых задач по аналогии, посредством обобщения или конкретизации способствует освоению методов научного познания. Такое обучение происходит не стихийно, а целенаправленно и систематически, так как методы познания сами по себе являются объектами изучения наряду с содержанием образования [19, с. 181].

Формулирование задач, аналогичных рассмотренным, может стать одним из действенных способов включения студентов в исследовательский процесс. Значимым результатом в этом случае будет не столько умение решить задачу средствами математической статистики, сколько способности обозначать проблемы на языке своей научной области, выдвигать гипотезы исследования, выбирать параметры, которые являются существенными для исследуемого процесса или явления, находить недостающие сведения, оценивать полученные математические результаты с позиции экологии.

Помимо прочего самостоятельное составление задач выступает средством дифференциации обучения, поскольку позволяет включить каждого студента в посильную для него учебную деятельность с учетом индивидуальных способностей и потребностей. Будущий эколог может сам оценить уровень, на котором находится: умеет ли он просто решить задачу, проанализировать способ ее решения, интерпретировать полученный результат с точки зрения экологической проблематики или развить задачу, построив на ее основе новую, и получить для себя новый результат. Таким образом, студент самостоятельно выбирает уровень изучения учебного материала – от обязательного до углубленного [19, с. 181].

В настоящее время наблюдается тенденция конкретизации методов математической статистики для разных областей знаний. Формулируются новые математические задачи анализа данных, разрабатываются и обобщаются новые статистические методы, усиливается методологическая составляющая проведения эксперимента, связанная с выдвижением гипотез исследования, выбором адекватного метода, оценкой границ его применимости. Поэтому начинающему исследователю полезно повторно проработать изученный в ходе освоения математической статистики материал как по учебникам более высокого теоретического уровня, так и по научным отраслевым публикациям. Так, будущим экологам мы рекомендуем ознакомиться с руководствами по биометрике [6], хемометрике [20] и математической статистике в медицинских исследованиях [7].

Интересующимся научными исследованиями студентам предоставляется возможность приобрести навыки оценки надежности содержащихся в научных публикациях авторских выводов, что позволит им не только резюмировать корректность применяемых статистических методов, но и принимать решение о допустимости их использования при проведении собственных исследований.

Необходимость привлечения выпускников-экологов к научно-исследовательской деятельности согласно ФГОС ВО является обязательной составной частью модели обучения по экологическим направлениям подготовки. Принято выделять два вида данной деятельности – учебно-исследовательскую, осуществляемую в рамках учебного плана, и собственно исследовательскую, выходящую за пределы учебного процесса [21].

Реализация первого вида деятельности происходит преимущественно на аудиторных занятиях по математике при решении задач профессиональной экологической направленности и выполнении самостоятельной работы.

Полноценная научно-исследовательская деятельность осуществляется студентами редко, поскольку требует больших усилий, определенного уровня компетентности в данной области, хорошо развитых приемов мышления, владения методологией научного поиска. Подробное описание перечисленных и других условий реализации студентами экологических профилей подготовки научно-исследовательских проектов содержится, например, в работе Ю. Г. Пузаченко [22, с. 19–25]. Знание данных условий обеспечит формирование у будущих специалистов умений корректно проводить экспериментальные исследования, грамотно оценивать и обрабатывать результаты измерений и вычислений, а следовательно, предотвратит большинство ошибок при выполнении статистического анализа данных наблюдений и экспериментов.

Для обретения научно-исследовательского опыта мы предлагаем студентам прикладные исследовательские проекты, содержание которых составляет обработка методами математической статистики данных мониторинга окружающей среды Кировской области. Например, в текущем 2017/18 уч. г. обучающиеся направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность ВятГУ выполняют проект «Исследование медико-демографических процессов в Кировской области методом корреляционных плеяд». Цель данной работы – анализ взаимосвязи здоровья населения Кировской области с социально-экономическими и экологическими факторами. Используемые панельные данные – это результаты наблюдений за показателями, характеризующими одни и те же объекты в после-

довательные периоды времени (с 2010 по 2016 г.). Применяемый метод корреляционных плеяд позволяет учитывать и анализировать индивидуальные различия между объектами исследования, чего нельзя сделать средствами стандартных регрессионных моделей, также изучаемых на занятиях по математической статистике [23]. Информационной базой проекта служит фактический материал, размещенный в официальных источниках.

Таким образом, описанные приемы и методы самостоятельной работы студентов по математической статистике позволяют не только усилить прикладную значимость данного раздела математики, но и обеспечить формирование определенных аспектов исследовательской деятельности.

Положение третье. Задачи профессиональной экологической направленности демонстрируют студентам возможности применения аппарата математической статистики в профессиональной деятельности. В процессе их решения возникает необходимость актуализировать знания по биологии, экологии, химии и медицине. Соответственно, сфера приложения математической статистики, состоящая в исследовании количественных закономерностей массовых случайных явлений, обеспечивает межпредметные связи данного раздела математики с экологией и другими смежными дисциплинами. Усиление междисциплинарности обучения математической статистике в рамках высшего профессионального экологического образования способствует формированию у студентов правильных представлений о характере и специфике описания посредством статистических методов явлений и процессов окружающего мира, умений ставить и решать комплексные социальные и экологические задачи.

Кроме того, освоение математической статистики позволяет студентам использовать ее инструментарий внутри блока математических дисциплин, а именно реализовать внутриматематические межпредметные связи.

Приведем примеры. Одно из важнейших понятий дискретной математики «множество» применяется в экологических исследованиях в двух аспектах: множество элементов, например особей, и множество свойств или переменных, характеризующих данные элементы [22, с. 32]. Такой раздел дискретной математики, как комбинаторика, изучающий множества (перестановки, сочетания и размещения элементов) и отношения на них, используется в различных областях знаний, в том числе в теории вероятностей и математической статистике.

Междисциплинарные связи учебной дисциплины «Системный анализ и моделирование процессов в техносфере» с математической статис-

тикой выражаются в том, что последняя служит инструментом описания, обработки и оценивания данных из различных предметных областей. С одной стороны, в процессе изучения указанной дисциплины студенты-экологи обучаются, например, выбору аналитических средств анализа данных, поиску недостающих и необходимых сведений в различных источниках и т. п. С другой стороны, отождествление объектов экологии с категориями системного анализа обеспечивает выполнение необходимого требования научности приобретаемых студентами знаний – формирования навыков научно обоснованного воспроизведения явлений во времени и пространстве. Так, фундаментальные понятия теории вероятностей и математической статистики «событие», «условия», «исходы» системный анализ определяет соответственно как «состояние», «входы», «выходы» – понятия, наиболее употребительные учеными-экологами. Например, при исследовании связей состава древесного яруса с механическим составом почв можно считать древесные породы условиями/ входами, а механический состав почвы (глины, суглинки, супески, пески) – исходами/ выходами [22, с. 36].

Подробная характеристика связи математики и теории нечетких множеств изложена, например, у Ю. Г. Пузаченко [22, с. 23]. Описанные межпредметные внутриматематические связи составляют основу теории вероятностей и математической статистики.

Положение четвертое. В связи с тем, что любое физическое вмешательство в природную среду способно не только нарушить чистоту эксперимента, но и привести к появлению негативных последствий для ее состояния, при исследовании биологических и экологических систем и обществ важную роль приобретает математическое моделирование.

Одной из возможных многочисленных классификаций математических моделей по характеру процессов, протекающих в исследуемой области, является их разделение на детерминированные и статистические. Детерминированные математические модели основаны на внутреннем описании моделируемой системы и выражают связи между ее компонентами [24, с. 13]. При изучении биологических, химических и экологических процессов особое значение имеют детерминированные модели, построенные на основе дифференциальных уравнений. К ним относятся модели динамики численности популяций, распространения инфекционного заболевания, распада радиоактивного вещества, роста дерева, падения дождя и многие другие. Недостатком данного вида моделей является то, что они не позволяют одновременно определять воздействие множества факторов и учитывать их взаимозаменяемость.

Вследствие того, что объекты и явления в экологии подвержены существенным влияниям совокупности разнообразных факторов, действующих одновременно, особое значение в процессе их исследования приобретают статистические модели, полученные путем обработки результатов экспериментов или наблюдений.

Важную роль в реализации данных моделей играют статистические гипотезы, определяемые как нуждающиеся в проверке математические предположения о свойствах случайных величин или событий, характеризующих исследуемый объект [5, с. 105]. Проиллюстрируем сказанное.

При решении задачи о загрязнении почвы цинком рассуждения могут быть следующими. Известно, что основная причина неудовлетворительного состояния почвы Кировской области связана с деятельностью промышленных предприятий и предприятий теплоэнергетики, выбросами автотранспорта и неудовлетворительной организацией планово-регулярной очистки населенных мест¹. На основании данных положений можно выдвинуть гипотезу: чем ближе расположен населенный пункт к областному центру, где наблюдается наибольшая антропогенная нагрузка на почву, тем выше процент содержания цинка в почве. В соответствии с известным правилом формулирования статистических гипотез [17, с. 345] выдвигаем нулевую гипотезу H_0 об отсутствии различий сравниваемых групп и альтернативную гипотезу H_1 – об их наличии.

Понятие статистической гипотезы, правила формулирования и реализация алгоритмов ее проверки, возможные ошибки такой реализации рассматриваются студентами-экологами на занятиях по математике в процессе решения задач профессиональной экологической направленности. В отличие от статистических гипотез умение формулировать гипотезу научного исследования и проверять ее с помощью аппарата статистического анализа данных осуществляется прежде всего при выполнении групповых исследовательских проектов.

Научная гипотеза – методологическая характеристика исследования, научное предположение о составе, строении и механизме функционирования исследуемого объекта, требующее проверки на опыте для того, чтобы стать достоверным научным знанием [5, с. 13]. В процессе статистического анализа гипотеза исследования переводится на язык математической статистики и заново формулируется по меньшей мере в виде

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кировской области в 2016 году: государственный доклад [Электрон. ресурс]. С. 153. Режим доступа: <http://www.43.rosпотреbnadzor.ru/documents/gosregdoklad/publication/svoddokl2016.pdf> (дата обращения: 11.11.2017).

двух статистических гипотез, для проверки которых разрабатываются специальные методы, в том числе предполагающие построение и работу со статистическими моделями.

В одной из наших предыдущих работ [19, с. 179] мы показали преимущество данных моделей. Оно состоит в том, что при решении всего одной задачи, например, методом корреляционно-регрессионного анализа студент обучается всем этапам математического моделирования: выдвижению гипотезы, построению математической модели, исследованию ее адекватности моделируемому объекту, интерпретации полученных математических результатов и прогнозу на основе построенной модели. Таким образом, вовлечение обучающихся в процесс математического моделирования методами математической статистики способствует выполнению поставленных в действующих нормативных документах профессиональных задач по достоверному сбору, научному анализу и прогнозированию состояния экологических систем.

Положение пятое. В связи с активным использованием выпускниками-экологами в будущей профессиональной деятельности компьютерных технологий, а также с целью оптимизации учебного процесса при решении прикладных задач статистики представляется целесообразным изучение способов решения данных задач с применением современного программного обеспечения. В собственной преподавательской практике изучение основ математической статистики мы сопровождаем регулярным применением электронных таблиц Excel. Систематическое изучение специализированных статистических пакетов прикладных программ, например Statistica, осуществляется на занятиях по информатике и информационным технологиям. Следовательно, обучение студентов методам математической статистики комплексно реализуется средствами математики, информатики и упоминаемых дисциплин вариативной части соответствующих программ подготовки.

Помимо решения задач профессиональной направленности, содержательной интерпретации полученных математических результатов, демонстрации возможностей использования компьютеров студентам-экологам следует объяснять некоторые дополнительные особенности применения статистических методов в экологической сфере.

При статистическом анализе реальных экологических данных выведение ожидаемой закономерности зависит не только от грамотного использования статистических методов. Дело в том, что указанный анализ – серьезный, но не единственный аспект научного исследования, включающего в себя научную, организационную, экспериментальную и методо-

логическую составляющие. Только при задействовании целостного комплекса всех перечисленных аспектов исследования можно получить надежные результаты.

Изучение любого объекта начинается в условиях некоторой неопределенности, поэтому выводы, получаемые с помощью статистических методов, носят вероятностный характер, не являясь абсолютно достоверными. Например, при решении задачи о содержании бора в воде поверхностных источников водоснабжения можно сформулировать следующий вывод: на основании реализованного алгоритма метода однофакторного дисперсионного анализа на уровне значимости 0,05 установлено, что различие между расстоянием от контрольной точки до объекта загрязнения оказывает существенное влияние на величину данного загрязнения.

Следовательно, основная цель выбора профессионалом адекватных методов математической статистики состоит в том, чтобы по имеющейся ограниченной выборке получить максимально точные оценки характеристик генеральной совокупности.

Кроме проверки наличия и существенности предполагаемых исследователем связей, с помощью методов математической статистики могут быть установлены ранее неизвестные зависимости [6]. Студентам нужно разъяснить, что в реальных условиях возможны два подхода к применению статистического анализа данных. При первом согласно заранее сформулированным целям и задачам исследования выбираются адекватные методы статистического анализа, после чего происходит сбор экспериментальных данных. При втором варианте исходя из природы экспериментальных данных определяются все потенциально возможные задачи статистического анализа. Второй подход превосходит первый по объему решаемых задач, так как позволяет формулировать и проверять новые гипотезы и получать новые результаты. В любом случае требуются качественные знания в области математической статистики.

Заключение

В настоящее время одной из основных тенденций развития высшего образования в России является ориентация на повышение качества обучения и уровня подготовки будущего специалиста. Результаты проведенного нами исследования показывают, что признаками профессиональной компетентности специалиста-эколога являются:

- знание возможностей методов математической статистики для решения задач в профессиональной области;

- умение проводить статистический анализ данных и выполнять на основе полученных результатов прогнозы и оптимизацию функционирования исследуемого объекта;
- навыки использования компьютерных технологий в профессиональной сфере.

Формирование указанных профессиональных компетенций на занятиях по математической статистике целесообразно осуществлять в процессе решения системы специально составленных задач, являющихся главным средством обучения студентов математике. На данном принципе строится преподавание математической статистики в ВятГУ. Предлагаемые обучающимся задачи профессиональной экологической направленности оригинальны и сконструированы на основе показателей мониторинга состояния окружающей среды в Кировской области; содержание задач отражает специфику экологической деятельности – ее направленность на изучение взаимодействия живых организмов со средой обитания, в частности на последствия антропогенного воздействия на окружающую среду.

Решение подобных задач и выполнение групповых исследовательских проектов дают возможность студентам научиться формулированию гипотезы исследования, созданию математической модели реально существующего явления, выполнению анализа и прогнозирования состояния данного явления. Подобное обучение позволяет реализовать методологическую составляющую содержания математического образования, предусматривающую вовлеченность студентов в самостоятельную исследовательскую деятельность. Происходящая при этом актуализация межпредметных и внутрипредметных связей математической статистики усиливает мотивацию изучения математических дисциплин, формирует уверенность учащихся в собственной способности самостоятельно решать задачи, возникающие в профессиональной деятельности, с помощью математических методов, в частности посредством статистического анализа данных.

Описанное в статье построение курса математической статистики не только демонстрирует возможности математических методов исследования, но и обеспечивает повышение уровня профессиональной компетентности студентов, развитие у них профессионально значимых качеств и умственной активности, осознание значимости математики для будущей профессиональной деятельности, воспитание потребности в совершенствовании знаний в области математики и ее приложений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Касимов Н. С., Попова Л. В., Романова Э. П. Экологизация профессиональной подготовки студентов как насущная проблема высшего педагогического образования // Вестник Мининского университета [Электрон. ресурс]. 2015. № 2. Режим доступа: <http://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/36> (дата обращения 10.11.2017).
2. Иванова Т. А., Перевощикова Е. Н., Кузнецова Л. И., Григорьева Т. П. Теория и технология обучения математике в средней школе: учебное пособие для студентов математических специальностей педагогических вузов. 2-е изд. Н. Новгород: НГПУ, 2009. 355 с.
3. Барт А. Г., Вербицкая Е. В., Солнцев В. Н. О состоянии дел и перспективах обучения статистическому анализу медицинских данных // Международный журнал медицинской практики. 2006. № 2. С. 39–41.
4. Вараксин А. Н. Статистический анализ биологической и медицинской информации: проблемы и решения // Международный журнал медицинской практики. 2006. № 2. С. 35–39.
5. Вершинин В. И. Планирование и математическая обработка результатов химического эксперимента: учебное пособие. 3-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 236 с.
6. Леонов В. П. Общие проблемы применения статистики в биомедицине или Что разумнее: ДДПП или ДППД? // Биометрика: электронный журнал [Электрон. ресурс]. 2015. Режим доступа: <http://www.biometrika.tomsk.ru/problem.htm> (дата обращения: 19.10.2017).
7. Трухачева Н. В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 384 с.
8. Heiman G. W. Basic Statistics for the Behavioral Sciences. Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning; 2011. 468 p. Available from: <http://file.zums.ac.ir/ebook/352-Basic%20Statistics%20for%20the%20Behavioral%20Sciences,%206th%20Edition-Gary%20Heiman-0840031432-Wadsworth%20Pu.pdf> (дата обращения: 29.11.2017).
9. Lang T., Altman D. Basic statistical reporting for articles published in clinical medical journals: the SAMPL Guidelines // Science Editors' Handbook, European Association of Science Editors. Smart P, Maisonneuve H., Polderman A. (eds). 2013. Available from: <http://www.equator-network.org/2013/03/20/basic-statistical-reporting-for-articles-published-in-biomedical-journals-the-statistical-analyses-and-methods-in-the-published-literature-or-the-sampl-guidelines/> (дата обращения: 27.11.2017).
10. Yusof Z. M., Abdullah S., Yahaya S. S. S., Othman A. R. A Robust Alternative to the t – Test // Modern Applied Science. 2012. № 5 (6). P. 27–33. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1014.7331&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 29.11.2017).
11. Лейзерман Ж. Б. О преподавании теории вероятностей и математической статистики на нематематических факультетах [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://geum.ru/next/art-215119.php> (дата обращения 17.01.2018).

12. Бакуменко Л. П., Коротков П. А. Статистический анализ влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона // Прикладная экометрия. 2011. № 2. С. 32–47.

13. Баврин И. И. Математическая обработка информации: учебное пособие. Москва: Прометей, 2016. 262 с.

14. Торопова С. И. Корреляционно-регрессионный анализ в профессиональной подготовке будущих экологов // Бюллетень лаборатории математического, естественнонаучного образования и информатизации: материалы Международной научно-практической конференции, 22–23 октября 2015 г. Самара; Москва: Самарский филиал МГПУ, 2015. С. 390–400.

15. Торопова С. И. Множественный корреляционно-регрессионный анализ в профессиональной подготовке будущих экологов // Преподавание математики, физики, информатики в вузах и школах: проблемы содержания, технологии и методики: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, 18–19 декабря 2015 г. Глазов: Глазовская типография, 2015. С. 137–142.

16. Торопова С. И. Изучение регрессионных моделей на занятиях по математике со студентами-экологами // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2016. № 18. С. 213–219.

17. Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. 2-е изд. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 573 с.

18. Торопова С. И. Особенности изучения дисперсионного анализа на занятиях по математике со студентами-экологами // Актуальные проблемы развития математического образования в школе и вузе: материалы IX Международной научно-практической конференции, г. Барнаул, 17–18 октября 2017 г. Барнаул: АлтГПУ, 2017. С. 114–118.

19. Торопова С. И. Организация исследовательской деятельности студентов-экологов на заключительном этапе работы с задачей // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2017. № 19. С. 179–182.

20. Brereton R. G., Jansen J., Lopes J., Marini F., Pomerantsev A., Rodionova O., Roger J. M., Walczak B., Tauler R. Chemometrics in analytical chemistry. Part I: history, experimental design and data analysis tools // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2017. № 25 (409). P. 5891–5899. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00216-017-0517-1> (дата обращения: 29.11.2017).

21. Елагина В. С. Формирование исследовательской компетенции в процессе профессиональной подготовки студентов педагогического вуза // Концепт [Электрон. ресурс]. 2012. № 8 (Август). С. 26–30. Режим доступа: <http://www.covenok.ru/koncept/2012/12102.htm> (дата обращения: 19.01.2018).

22. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях: учебное пособие для студентов вузов. Москва: Академия, 2004. 416 с.

23. Молчанова Е. В., Кручек М. М. Математические методы оценки факторов, влияющих на состояние здоровья населения в регионах России (па-

нельный анализ) // Социальные аспекты здоровья населения [Электрон. ресурс]. 2013. № 5 (33). Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/513/30/> (дата обращения: 19.10.2017).

24. Зарипов Ш. Х. Введение в математическую экологию: учебно-методическое пособие. Казань: Казанский федеральный университет, 2010. 47 с.

References

1. Kasimov N. S., Popova L. V., Romanova E. P. Standards of higher professional environmental education in the direction "Ecology and Nature". *Vestnik Mininского университета = Vestnik of Minin University* [Internet]. 2015 [cited 2017 Nov 10]; 2. Available from: <http://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/36> (In Russ.)

2. Ivanova T. A., Perevoshchikova E. N., Kuznetsova L. I., Grigorieva T. P. Teoriya i tekhnologiya obucheniya matematike v sredney shkole = Theory and technology of teaching mathematics in high school. Nizhniy Novgorod: Nizhny Novgorod State Pedagogical University; 2009. 355 p. (In Russ.)

3. Bart A. G., Verbitskaya E. V., Solntsev V. N. On the state of affairs and perspectives of teaching statistical analysis of medical data. *Mezhdunarodnyy zhurnal meditsinskoj praktiki = International Journal of Medical Practice*. 2006; 2: 39–41. (In Russ.)

4. Varaksin A. N. Statistical analysis of biological and medical information: Problems and solutions. *Mezhdunarodnyy zhurnal meditsinskoj praktiki = International Journal of Medical Practice*. 2006; 2: 35–39. (In Russ.)

5. Vershinin V. I. Planirovanie i matematicheskaya obrabotka rezul'tatov himicheskogo eksperimenta = Planning and mathematical processing of the results of a chemical experiment. St.-Petersburg: Publishing House Lan'; 2017. 236 p. (In Russ.)

6. Leonov V. P. Common problems with the use of statistics in biomedicine or what is more reasonable: DAPP or DAPD? *Jelektronnyj zhurnal Biometrika = Biometrics Online Journal* [Internet]. 2015 [cited 2017 Oct 19]. Available from: <http://www.biometrica.tomsk.ru/problem.htm> (In Russ.)

7. Trukhacheva N. V. Matematicheskaya statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s primeneniym paketa Statistica = Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package. Moscow: Publishing House GEOTAR-Media; 2013. 384 p. (In Russ.)

8. Heiman G. W. Basic Statistics for the Behavioral Sciences [Internet]. Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning, 2011 [cited 2017 Nov 29]. 468 p. Available from: <http://file.zums.ac.ir/ebook/352-Basic%20Statistics%20for%20the%20Behavioral%20Sciences,%206th%20Edition-Gary%20Heiman-0840031432-Wadsworth%20Pu.pdf>

9. Lang T., Altman D. Basic statistical reporting for articles published in clinical medical journals: the SAMPL Guidelines. In: Smart P., Maisonneuve H., Polderman A. (eds). *Science Editors' Handbook*, European Association of Science Editors [Internet]. 2013 [cited 2017 Nov 27]. Available from: <http://www.equator-network.org/2013/03/20/basic-statistical-reporting-for-articles-published-in-biome>

dical-journals-the-statistical-analyses-and-methods-in-the-published-literature-or-the-sampl-guidelines/

10. Yusof Z. M., Abdullah S., Yahaya S. S. S., Othman A. R. A robust alternative to the t – Test. *Modern Applied Science* [Internet]. Published in Canadian Center of Science and Education. 2012 [cited 2017 Nov 29]; 5 (6): 27–33. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1014.7331&rep=rep1&type=pdf>

11. Leyzerman Zh. B. O преподавании теории вероятностей и математической статистики на нематематических факультетах = On the teaching of probability theory and mathematical statistics at non-mathematical faculties [Internet]. [cited 2018 Jan 17]. Available from: <http://geum.ru/next/art-215119.php> (In Russ.)

12. Bakumenko L. P., Korotkov P. A. Statistical analysis of the influence of drinking water quality on population health in the region. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2011; 2: 32–47. (In Russ.)

13. Bavrin I. I. *Математическая обработка информации = Mathematical processing of information*. Moscow: Publishing House Prometey; 2016. 262 p. (In Russ.)

14. Toropova S. I. Correlation and regression analysis in the training of future ecologists. *Byulleten' laboratorii matematicheskogo, estestvennonauchnogo obrazovaniya i informatizatsii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Bulletin of the Laboratory of Mathematical, Natural Science Education and Informatization. Materials of the International Scientific and Practical Conference*; 2015 Oct 22–23; Samara. Samara; Moscow: Samara Branch of Moscow City University; 2015. p. 390–400. (In Russ.)

15. Toropova S. I. Multiple correlation and regression analysis in professional training future ecologists. *Prepodavaniye matematiki, fiziki, informatiki v vuzakh I shkolah: problem sodержaniya, tekhnologii I metodiki: Materialy V vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Teaching of Mathematics, Physics, Computer Science in Universities and Schools: Problems of Content, Technology and Methodology. Materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference*; 2015 Dec 18–19; Glazov. Glazov: Glazovskaya tipografiya; 2015. p. 137–142. (In Russ.)

16. Toropova S. I. Regression models as a tool for analysis and forecasting of environmental phenomena. *Matematicheskiy vestnik pedvuzov i universitetov Volgo-Vyatskogo regiona = Mathematical Bulletin of Pedagogical Universities and Universities of the Volga-Vyatka Region*. 2016; 18: 213–219. (In Russ.)

17. Kremer N. Sh. *Теория вероятностей и математическая статистика = Theory of probability and mathematical statistics*. Moscow: Publishing House YU-NITI-DANA; 2006. 573 p. (In Russ.)

18. Toropova S. I. The peculiarities in the study of analysis of variance in mathematics lessons with students-ecologists. In: *Aktual'nyye problemy razvitiya matematicheskogo obrazovaniya v shkole i vuzе: materialy IX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Actual Problems of the Development of Mathematical Education in School and University. Materials of the IX International Scienti-*

fic and Practical Conference; 2017 Oct 17–18; Barnaul. Barnaul: Altai State Pedagogical University; 2017. p. 114–118. (In Russ.)

19. Toropova S. I. The organization of research activity of students-ecologists at the final stage of work with the task. *Matematicheskiiy vestnik pedvuzov i universitetov Volgo-Vyatskogo regiona = Mathematical Bulletin of Pedagogical Universities and Universities of the Volga-Vyatka region*. 2017; 19: 179–182. (In Russ.)

20. Brereton R. G., Jansen J., Lopes J., Marini F., Pomerantsev A., Rodionova O., et al. Chemometrics in analytical chemistry – part I: history, experimental design and data analysis tools. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [Internet]. 2017 [cited 2017 Nov 29]; 25 (409): 5891–5899. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00216-017-0517-1>

21. Yelagina V. S. Formation of research competence in the process of professional training of students of a pedagogical university. *Koncept = Concept* [Internet]. 2012 [cited 2018 Jan 19]; 8 (Aug): 26–30. Available from: <http://www.covenok.ru/koncept/2012/12102.htm> (In Russ.)

22. Puzachenko Yu. G. *Matematicheskiye metody v ekologicheskikh i geograficheskikh issledovaniyakh = Mathematical methods in environmental and geographical research*. Moscow: Publishing House Akademija; 2004. 416 p. (In Russ.)

23. Molchanova Ye. V., Kruchek M. M. Mathematical methods for assessing the factors affecting the health status of the population in the regions of Russia (panel analysis). *Sotsial'nyye aspekty zdorov'ya naseleniya = Social Aspects of Health of Population* [Internet]. 2013 [cited 2017 Oct 19]; 5 (33). Available from: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/513/30/> (In Russ.)

24. Zaripov Sh. Kh. *Vvedeniye v matematicheskuyu ekologiyu = Introduction to mathematical ecology*. Kazan: Kazan Federal University; 2010. 47 p. (In Russ.)

Информация об авторе:

Торопова Светлана Ивановна – ассистент кафедры фундаментальной и компьютерной математики Вятского государственного университета; ORCID ID 0000-0003-0533-5654; Киров, Россия. E-mail: svetori82@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.12.2017; принята в печать 14.02.2018.
Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Svetlana I. Toropova – Teaching Assistant, Department of Fundamental and Computational Mathematics; ORCID ID 0000-0003-0533-5654; Vyatka State University, Kirov, Russia. E-mail: svetori82@mail.ru

Received 08.12.2017; accepted for publication 14.02.2018.

The author has read and approved the final manuscript.