К ВОПРОСУ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ-ЭКОЛОГАМ

Н. П. Пучков

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия

Ключевые слова: зависимость популяций; качество обучения; математика; математическое моделирование; математико-статистический метод; модель; профориентация студентов; содержание математических курсов; эстетика математики; экология.

Аннотация: Обсуждаются вопросы структуры и содержания математического образования для студентов экологических направлений подготовки, а также мотивации студентов к качественному обучению. Показано, какие математические методы более всего распространены в экологии, сильные стороны математического моделирования. Выделены разделы учебной программы по математике, наиболее эффективно способствующие формированию профессиональных компетенций, педагогические технологии их реализации. Приведены опытные данные результатов исследования.

Введение

Опрос первокурсников направления подготовки «Защита окружающей среды» на предмет причин выбора ими данной специальности показал, что в большей степени это объясняется «авторитетом» понятия экология в современном обществе. Действительно, «экология» – это борьба за жизнь – самое ценное для человека. В то же время представление о будущей специальности выглядит как у абитуриентов, так и студентов излишне романтичным. Видимо, такое представление сложилось под влиянием протестной деятельности активистов-экологов, выступающих за сохранение окружающей среды под очень простыми и понятными для населения лозунгами и завоевавших, таким образом, широкое внимание и авторитет. Чего стоит деятельность известной на весь мир шведской экологической активистки Греты Тунберг (г.р. 2003), ведущей борьбу за решение экологических проблем и имеющей число международных наград, несовместимое с ее возрастом и опытом практической работы. Такой фактор часто используют преподаватели вузов в процессе работы по профессиональной ориентации в целях создания конкурсной ситуации. Однако данное представление об экологии ограничивает ее сущность, так

Пучков Николай Петрович – доктор педагогических наук, профессор кафедры «Высшая математика», e-mail: puchkov_matematika@mail.ru, ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

как не ориентирует будущих специалистов на разработку конструктивных решений современных экологических проблем, а, в некоторых случаях, вообще лишено здравого смысла. Как расценивать, например, предложение той же Г. Тунберг отказаться от передвижения на самолетах и пересечь на поезда по причине загрязнения воздушного пространства.

Экономическое развитие человеческого общества имело во все времена негативную составляющую в виде вредных для окружающей среды продуктов жизнедеятельности человека. Ранние экологические проблемы имели в большей степени качественное представление и были доступно разрешимы в процессе протестной деятельности, просто фиксирующей де-факто состояние проблемы взаимодействия человека и окружающей среды. Например, «нельзя курить в закрытом помещении», «нельзя обустройства выгребные ямы на берегах рек» и т.п. Не ставилась задача управления процессом взаимодействия живых организмов с окружающей средой в целях нейтрализации вредоносного влияния первых. Технический прогресс обострил взаимодействие человека с окружающей средой, актуализировались проблемы такой переработки продуктов человеческой деятельности, которая гарантировала бы минимальный вред окружающей среде и в то же время улучшала жизнь человека. В общем, возникли задачи управления, основанные на изучении количественных связей участвующих в процессе объектов, то есть возникла потребность в использовании математических методов; появилась наука «математическая экология» как раздел биологии, построенный на языке математики. Именно благодаря математической экологии [1, 2], которая включает в себя различные модели и методы, возможно разрешение современных экологических проблем. Такое представление и должно формироваться у студентов, выбравших своей специальностью экологию и мотивированных перспективой ее развития.

Студент-эколог должен осознавать, что его деятельность не ограничивается контрольными мероприятиями, фиксирующими состояние проблем, а сопряжена с проектной деятельностью по разработке методов и устройств, обеспечивающих устойчивое развитие человеческого общества [3]. При этом доминирующим процессом является создание математических моделей управления, моделирование ареалов, то есть области распространения определенных организмов, которые важны для сохранения окружающей среды.

Исходя из таких предположений, основными задачами данной работы являются: исследование методов формирования у обучающихся адекватных сущности современной экологии представлений, раскрытие значимости математических методов в разрешении экологических проблем, формирование методических рекомендаций для преподавания математики студентам-экологам.

Математические знания и экология

Современные программы высшего образования указывают на важность формирования таких способностей, которые побуждают обучаемых к активности в познании окружающего мира и общества в целом. Важный фактор пробуждения когнитивного интереса к содержанию учебных занятий – использование исторического материала. Исторические сведения

способствуют пониманию новой темы, ее связи с предыдущими, в общем «отслеживают» путь развития соответствующих знаний. Естественно, при этом давать исторические сведения надо в таком объеме, чтобы не отвлекать обучающихся от основной темы занятия.

Одна из основных задач изучения математики в вузе – дать студентам представление о рассматриваемой науке как об общечеловеческой части культуры, присутствующей на всех этапах цивилизации и способствующей революционным открытиям во многих других науках. Включение в процесс обучения исторического материала открывает возможность для обучающихся обнаружить взаимосвязь математики с окружающим миром, так как вошедшие в учебники по математике определения, теоремы, действия, задачи получены в результате практической деятельности человека. Элементы истории взаимодействия математики и других наук оказывают эффективное воздействие на активизацию интереса обучающегося к изучаемому предмету, способствуют возможности искать новые научные подходы изучения действительности. Таким образом, первым методическим приемом повышения качества экологического образования (как и любого процесса обучения) следует считать использование исторических сведений возникновения и развития связей экологии и математики.

Методика преподавания математики, как механизма разрешения экологических проблем

Еще одним механизмом улучшения качества экологического образования является использование принципов и технологии математического моделирования, изучение его сущности, достоинств и практических возможностей. Как правило, идеи математического моделирования студенты начинают познавать и сразу же использовать на старших курсах обучения, когда получены основы профессиональных знаний и оно (моделирование) может иметь реальное воплощение. Однако было бы целесообразно, чтобы изложением таких идей было «пронизано» изучение всего курса высшей математики, начиная с первого семестра. Следует отметить, что простейшие математические задачи, построенные на терминах экологии, встречающиеся в программе средней школы [4]. Однако это искусственные, в большей степени бытовые задачи примитивной сложности; в то же время рассматриваемые на старших курсах задачи математического моделирования относительно сложны. Поэтому целесообразно иметь «методический мостик», упрощающий переход к реальному моделированию. Здесь и просматривается общеобразовательная роль вузовского курса высшей математики, когда самым важным становится возможность донести до студентов истинный, конструктивный смысл понятия «математическая модель».

Математическая модель может рассматриваться как некоторое представление реальности математическим способом (на математическом языке); это совокупность математических объектов (чисел, переменных, векторов, матриц) и отношений между ними (функций, функционалов, алгоритмов), которые адекватно отражают свойства реальных объектов (аналитически, комбинационно). Математические модели весьма различны. Например, запись $5 = 5$ является математической моделью ситуации равенства количества предметов, размещенных изолированно, например, в двух ящиках. График зависимости температуры от времени в течение

суток – математическая модель поведения реального объекта. Модели, используемые для предсказания природы, содержат сотни тысяч различных уравнений, реально исследовать которые можно только с помощью быстродействующих компьютеров. Целями математического моделирования может быть получение новых знаний, изучение сложных явлений, предсказание их поведения в различных условиях.

Математические модели появились в задачах экологии давно. И это было связано с желанием оценки роста популяций – совокупностей организмов одного вида, длительное время обитающих на одной территории и в определенной мере изолированных от других групп. Данный процесс существенно влияет на взаимоотношение живых организмов между собой и с окружающей природой.

Первой из таких моделей называют числовой ряд

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, \dots,$$

построенный ученым из г. Пиза (современная Италия) Леонардо Фибоначчи и обладающий тем свойством, что каждый последующий член ряда равен сумме двух, ему предыдущих.

Приведенный ряд, записанный в виде последовательности, демонстрирует у Фибоначчи изменение числа пар кроликов, рождающихся в один год от одной пары, если через месяц пара кроликов производит на свет другую пару, а рожают кролики, начиная со второго месяца после рождения (сам Леонардо опустил первый член ряда). Два первых числа соответствуют первому и второму месяцу размножения, а 12 последующих – месячному приросту поголовья кроликов.

Это первая известная в Европе рекурсивная последовательность чисел (в которой соотношение между двумя или более членами ряда может быть выражено в виде формулы). Ее записал французский математик Альберт Жирар (1595 – 1632) в виде

$$U_{n+2} = U_{n+1} + U_n,$$

где U – член последовательности; нижний индекс – его номер в ряду чисел.

В 1753 году математик из Глазго Роберт Симпсон (1687 – 1768) заметил, что при увеличении порядкового номера членов ряда отношение последующего члена к предыдущему приближается к числу, примерно равному 1,6180, называемому «золотым сечением». С тех пор естествоиспытатели наблюдают закономерности такого ряда в расположении чешуек на шишках, лепестков в цветке подсолнуха, в спиральных образованиях ракушек моллюсков и других творениях природы, то есть это, в определенном смысле, универсальная математическая модель. Кроме того «золотое сечение» – признак красоты в архитектуре и изобразительном искусстве [5]. Ряд Фибоначчи и его свойства используются также в вычислительной математике при разработке специальных алгоритмов счета.

Исторически второй, всемирно известной математической моделью, в основу которой положена задача о динамике численности популяции, является классическая модель неограниченного роста – геометрическая прогрессия в дискретном представлении или экспонента в непрерывном, предложенная известным английским демографом и экономистом Томасом Мальтусом (1766 – 1834). Он обратил внимание на тот факт, что численность популяции растет по экспоненте, в то время как производство

продуктов питания растет со временем линейно (в арифметической прогрессии), из чего сделал вывод, что в некоторый момент (критическая точка по времени) график экспоненты окажется выше графика линейной функции и после этого для популяции наступит голод. Такая модель, содержащая ограничения, оказалась более сложной по сравнению с рядом Фибоначчи, так как, по сути, представляет собой систему двух уравнений. При этом можно говорить о том, что Мальтус был первым ученым, который на основе результатов моделирования предупреждал человечество об опасности перенаселения, то есть пытался построить управление процессом роста популяции, хотя, очевидно, что реально имеют место и другие факторы, влияющие на данный процесс. На это обстоятельство обратил внимание английский натуралист Чарльз Дарвин (1809 – 1882), указывая на то, что ни одна из популяций не размножается до бесконечности, так как, кроме нехватки продовольствия, могут быть болезни, хищничество, конкуренция с другими видами; в результате замедляется рост популяции и выход ее численности на стационарный уровень, то есть реальная модель более сложная.

Впервые (в 1845 г.) системный фактор, ограничивающий рост популяции, описал бельгийский математик Пьер Франсуа Ферхюльст (1804 – 1845) в уравнении логистического роста

$$dP/dt = kP(1 - P/K),$$

где $P = P(t)$ – численность популяции во времени; K – ее максимально предельное значение; k – некоторый коэффициент.

Данное уравнение имеет два важных свойства. Вначале своего роста величина P изменяется по экспоненциальному закону, а начиная с некоторого времени t_0 – приближается к некоторому пределу K . Величина K называется емкостью популяции и определяется ограниченностью пищевых ресурсов, множеством других факторов, которые могут существенно влиять на взаимоотношение живых организмов между собой и с окружающей природой. Уравнение Ферхюльста – обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка, имеет точное аналитическое решение, представимое на графике в виде некоторой растянутой S-образной кривой:

$$P(t) = KP_0 \exp(kt) / (K + P_0(\exp(kt) - 1)),$$

где P_0 – начальная численность популяции.

Логистическая кривая Ферхюльста многократно открывалась различными учеными (американцами Лаймондом Пирлом, Лоуэллом Ридом и др.) в процессе их исследований законов роста популяций. В результате Л. Пирл (1879 – 1940) в 1924 г. стал утверждать, что логистическая кривая – это универсальный закон роста всего живого вообще. Однако биологи, статисты, экономисты не соглашались с этим, поскольку математическое выражение (формула) логистической кривой явным образом не содержит параметров реально моделируемого процесса, то есть не содержит в явном виде факторов, от которых зависит численность популяции. Их сомнение подтверждает и тот факт, что логистический закон роста присутствует только в лабораторных исследованиях, когда условия жизни подопытных близки к идеальным. В реальном же мире существует масса негативных воздействий (возмущений), которые носят во времени случайный характер и процесс роста становится слабо прогнозируемым.

Последовательное рассмотрение трех моделей, демонстрирующих закон роста численности популяций, обнаруживает тот факт, что любое дополнительное условие, учитываемое в проблеме, заметно усложняет соответствующую математическую модель и трудно представить какую-либо универсальную модель. Это объясняется в определенной мере тем, что в отличие от большинства наук, где модель опирается на какие-либо законы или принципы, в экологии все является, в большей степени, относительным. Только после проведения подробного анализа и экспериментальных исследований модель можно оценить как верную или неверную. Следует также учитывать, что экологические системы изменчивы во времени, поэтому «срок жизни» математической модели может быть коротким. Хорошо, если основу математической модели образуют дифференциальные уравнения, которые помогают экологу исследовать величины, изменяющиеся во времени [6, 7]. Поэтому в экологии зачастую используются статистические модели [7], так как имеющие место экологические процессы подвластны большому количеству неустойчивых факторов и их невозможно описать одной функциональной зависимостью. Такие модели используют, например, при оценке предельного количества выбросов отходов в реки, прогнозов погоды и т.п.

Математическое моделирование является необходимым инструментом в экологии, природопользовании и управлении природными ресурсами еще и по той причине, что наблюдение экологических процессов осложняется их длительностью. Например, исследования, связанные с урожайностью, ростом полевых культур, занимают несколько лет, а в лесоводстве – десятки лет. Для решения практических задач особенно важны вопросы доказательства соответствия модели реальной системе (идентифицируемости) и управляемости таких моделей.

С педагогической точки зрения, в целях мотивации к изучению математики в учебной практике необходимо формировать способности не только составлять, но и просто читать математические модели, так как они в большинстве своем представляют особый эстетический интерес.

Их универсальность и лаконичность поражают воображение. Как и некоторые китайские иероглифы, они порой несут такой объем информации, которую невозможно представить и на целой странице обычного текста. Научившись читать математические модели, студент формирует способность находить аналогии – один из основных методов научного поиска [8].

Самостоятельный интерес, особенно на первых порах изучения практики математического моделирования, представляют геометрические модели, имеющие в большей степени глубокое зрительное восприятие и более наглядные решения, понятные для студента и легко комментируемые преподавателем.

Опираясь на перечисленные факторы-обстоятельства, можно рекомендовать преподавателям соответствующий пересмотр как относительного объема, так и содержания занятий по математике для студентов-экологов и в первую очередь методического обеспечения этих занятий в направлении более глубокого освоения математического языка и принципов математического моделирования.

Анализ современных экологических проблем позволил выделить из них как наиболее значимые проблемы загрязнения окружающей среды, и в частности, нейтрализации вредоносности бытовых отходов, охраны

лесных насаждений, загрязнения и нерационального использования воды, охраны здоровья человека (от эпидемий), ограничения шумовых воздействий. Общность этих проблем в том, что они динамичные, долговременные, неустойчивые и являются результатом многофакторных воздействий (природных, экономических, демографических и т.п.).

Основным математическим механизмом разрешения такого рода проблем выступает теория дифференциальных уравнений (для случаев как непрерывных, так и дискретных переменных; как детерминированных, так и случайных величин) [1, 6, 7].

Особенности экологических процессов инициируют рассмотрение на учебных занятиях не столько «хороших» задач, имеющих единственное «красивое» решение, но и некорректно поставленных [9], обладающих сомнительной единственностью решения или его неустойчивостью. Такого рода ситуации возможны не только при решении дифференциальных уравнений, но и систем линейных алгебраических уравнений, которые, как правило, изучаются уже в первом семестре и могут явиться прекрасным «полигоном» овладения теорией некорректно поставленных задач и их практического разрешения. В качестве фонда практических задач можно использовать пособие В. М. Басова [10].

Таким образом, определенный приоритет в содержательном наполнении курса математики для студентов-экологов должны иметь такие разделы, как «матрицы и определители», так как работа с массивами статистических данных существенно упрощается; «системы линейных алгебраических уравнений», «дифференциальные уравнения», «математическая статистика», так как для решения многофакторных экологических проблем применимы лишь статистические методы и соответствующие модели; «разностные уравнения», лежащие в основе компьютерных реализаций математических моделей. Естественно, решение различного рода экстремальных задач невозможно без изучения основ дифференциального исчисления [11].

Что касается технологий обучения, то в приоритете стоит метод проектов, который впервые был описан в 1918 г. в одноименной книге американского педагога У. Кирппатрика (1871 – 1965), где обосновывается, что наиболее прочные знания и умения возникают при решении значимых для обучающихся прикладных задач. Учебный процесс рассматривается как организация деятельности ученика в социальной среде и ее ориентация на обогащение индивидуального опыта. Кроме того, при решении такого рода задач стимулируется активность и повышается заинтересованность в результатах работы.

Анализ результатов личной практической деятельности, связанной с использованием метода проектов [12], позволил сделать вывод о том, что наиболее эффективной формой его воплощения является та, которая строится на соревновательной основе, когда академическая группа студентов разбивается на команды по 4 – 6 человек по желанию и уровню подготовки. Каждая группа получает задание (теоретические вопросы и прикладную задачу) для выполнения во внеаудиторное время. Команда самостоятельно составляет математическую модель задачи, конструктивно излагает ее решение и делает представление в виде презентации. Защита проекта осуществляется на семинарском занятии. При этом преподаватель контро-

лирует персональную активность студентов и академические знания по принципам балльно-рейтинговой системы.

Например, при изучении раздела «дифференциальные уравнения» в качестве практического задания можно предложить моделирование ситуации, описываемой уравнением Бернулли (частным случаем которого является логистическое уравнение роста популяций). Практические задания такого типа встречаются не только в экологии, но и в экономике, транспортной логистике, строительстве [13]. Таким образом, можно сформулировать множество различных задач, имеющих, по сути, одну и ту же математическую модель, но специфические интерпретации результатов решения. Проектное решение такой многоплановой задачи демонстрирует универсальность языка и методов математики, ее прикладную значимость и, кроме того, достоинство командного стиля работы.

Повышению эффективности обучения, стимулированию процесса обучения математике, овладения ее языком служит эстетическая красота. [5, 14]. На занятиях по математике необходимо выделять те разделы, которые предвещают красоту, стройность и закономерность. Такими могут быть вопросы симметрии, пропорций, геометрических моделей, различного рода доказательств. В результате эстетика математики вызывает желание ее изучения, а математические знания повышают возможность осваивать другие дисциплины. Студенты, овладевшие принципами математики, эстетикой ее научных достижений, демонстрируют более глубокие знания и успешность в скорости их усвоения.

Заключение

Учебный предмет «Высшая математика» является системообразующим в процессе подготовки специалистов-экологов, так как наличие математических знаний обеспечивает разрешение современных экологических проблем. Доказательство этого факта – одна из основных задач, преподавателя вуза уже на стадии профессионально-ориентационной работы среди абитуриентов. Ее решение способствует правильному выбору направления подготовки, осознанному отношению к овладению образовательной программой.

Формирование математического стиля мышления [15] следует осуществлять, используя как содержательное наполнение учебного курса, так и специальным образом организованное его методическое сопровождение. Необходимый элемент содержания обучения – использование исторических сведений касательно роли математических знаний в становлении экологии как науки. Кроме того, наиболее продуктивным для пробуждения когнитивного интереса к математике следует считать идеи математического моделирования при рассмотрении, по возможности, разнообразных экологических задач на всех этапах изучения курса высшей математики, ориентируясь при этом на то, что на старших курсах студенты будут изучать математическое моделирование как отдельный, самостоятельный учебный предмет.

Вторым обязательным элементом наполнения математических курсов должно явиться решение математических задач с экологическим содержанием реального характера. В качестве основы для математического моделирования можно взять задачи, рассмотренные в учебном пособии

В. М. Басова [10]. Наиболее приемлемыми для решения такого вида задач являются разделы учебного курса «Высшая математика»: «Матрицы и системы линейных уравнений», «Дифференциальные уравнения», «Математическая статистика». В процессе обучения следует практиковать не только решение поставленных задач, но и их составление (составление математических моделей), преследуя цель формирования интегрированных, различных предметных компетенций [16].

Наиболее действенным педагогическим механизмом формирования компетенций следует считать проектный метод обучения на основе использования, например, региональных статистических данных.

Показатели эффективности обучения по предлагаемой методике:

- повышение конкурса среди студентов, поступающих на экологические специальности;
- улучшение академической успеваемости студентов;
- увеличение числа реальных проектов, выполненных студентами.

Таким образом, в работе регламентированы вопросы структуры и содержания математического образования студентов-экологов, предложена методика обучения, способствующая повышению качества профессионального образования.

Список литературы

1. Зарипов, Ш. Х. Введение в математическую экологию : учеб.-метод. пособие / Ш. Х. Зарипов. – Казань : Изд-во Казанск. федер. ун-та, 2010. – 47 с.
2. Математическое образование в экологии : курс лекций / сост. Н. Е. Горковенко. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 45 с.
3. Попов, Н. С. Методика решения задач устойчивого развития / Н. С. Попов, О. В. Пещерова, Л. Н. Чуксина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 2(68). – С. 79 – 85. doi: 10.17277/voprosy.2018.02.pp.079-085
4. Дементьева, М. Ф. Сборник математических задач с практическим и экологическим содержанием : пособие для обучающихся и учителей общеобразовательной школы / М. Ф. Дементьева, М. Р. Сандярова, Е. Е. Марченко ; под ред. Н. О. Кадырбоб. – Челябинск : PrintWay, 2022. – 23 с.
5. Пучков, Н. П. Математика и архитектура, к вопросу развития межпредметных связей при подготовке архитекторов / Н. П. Пучков, Т. Ю. Забавникова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 2(72). – С. 133 – 143. doi: 10.17277/voprosy.2019.02.pp.133-143
6. Романов, М. Ф. Математические модели в экологии / М. Ф. Романов, М. П. Федоров. – СПб. : Иван Федоров, 2003. – 240 с.
7. Резниченко, Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов : учеб. пособие / Г. Ю. Резниченко, А. Б. Рубин. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 300 с.
8. Леонова, Л. Н. Математические методы в биологии и экологии : учеб. пособие / Л. Н. Леонова, А. И. Кушнеров. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. – 43 с.
9. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М. : Наука : Гл. ред. физ.-мат. литературы, 1979. – 285 с.
10. Басов, В. М. Задачи по экологии и методика их решения : учеб. пособие / В. М. Басов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : Изд-во ЛКИ, 2007. – 160 с.
11. Пинаев, В. Е. Сборник задач для экологов (HSE специалистов) : учеб. пособие / В. Е. Пинаев, Д. В. Касимов, Т. Н. Ледащева. – М. : Мир науки, 2019. – 113 с.

12. Пучков, Н. П. Методические основы проектирования в вузовском курсе высшей математики / Н. П. Пучков, Т. Ю. Дорохова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2023. – № 2(88). – С. 164 – 174. doi: 10.17277/voprosy.2023.02.pp.164-174

13. Пучков, Н. П. Цифровизация математического образования: преподавание курса «Дифференциальные уравнения» / Н. П. Пучков, Н. И. Лобанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2020. – № 2(80). – С. 138 – 158. doi: 10.17277/voprosy.2020.02.pp.138-158

14. Волошинов, А. В. Математика и искусство / А. В. Волошинов. – М. : Просвещение, 2000. – 400 с.

15. Пучков, Н. П. Формирование математического стиля мышления при подготовке правоведа / Н. П. Пучков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2022. – № 3(77). – С. 153 – 165. doi: 10.17277/voprosy.2022.02.pp.153-165

16. Пучков, Н. П. Интеграция компетенций в условиях цифровизации образования / Н. П. Пучков, А. И. Попов, С. И. Тормасин // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – 2020. – № 1. – С. 36 – 44.

References

1. Zaripov Sh.Kh. *Vvedeniye v matematicheskuyu ekologiyu: ucheb.-metod. posobiye* [Introduction to Mathematical Ecology], Kazan' : Izdatel'stvo Kazansk. feder. universiteta, 2010, 47 p. (In Russ.)

2. Gorkovenko N.Ye. (Comp.) *Matematicheskoye obrazovaniye v ekologii: kurs lektsiy* [Mathematical Education in Ecology: a course of lectures], Krasnodar: KubGAU, 2015, 45 p. (In Russ.)

3. Popov N.S., Peshcherova O.V., Chuksina L.N. [Methodology for solving sustainable development problems], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2018, no. 2(68), pp. 79-85. doi: 10.17277/voprosy.2018.02.pp.079-085 (In Russ., abstract in Eng.)

4. Dement'yeva M.F., Sandyarova M.R., Marchenko Ye.Ye.; Kadigrob N.O. (Ed.) *Sbornik matematicheskikh zadach s prakticheskim i ekologicheskim soderzhaniyem: posobiye dlya obuchayushchikhsya i uchiteley obshcheobrazovatel'noy shkoly* [Collection of mathematical problems with practical and ecological content: a manual for students and teachers of comprehensive schools], Chelyabinsk: PrintWay, 2022, 23 p. (In Russ.)

5. Puchkov N.P., Zabavnikova T.Yu. [Mathematics and architecture, on the issue of developing interdisciplinary connections in the training of architects], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2019, no. 2(72), pp. 133-143. doi: 10.17277/voprosy.2019.02.pp.133-143 (In Russ., abstract in Eng.)

6. Romanov M.F., Fedorov M.P. *Matematicheskiye modeli v ekologii* [Mathematical models in ecology], St. Petersburg: Ivan Fedorov, 2003, 240 p. (In Russ.)

7. Reznichenko G.Yu., Rubin A.B. *Matematicheskiye modeli biologicheskikh produktsionnykh protsessov: ucheb. posobiye* [Mathematical models of biological production processes: textbook], Moscow: Izdatel'stvo MGU, 1993, 300 p. (In Russ.)

8. Leonova L.N., Kushnerov A.I. *Matematicheskiye metody v biologii i ekologii: ucheb. posobiye* [Mathematical methods in biology and ecology: textbook], St. Petersburg: VSHTE SPbGUPTD, 2019, 43 p. (In Russ.)

9. Tikhonov A.N., Arsenin V.Ya. *Metody resheniya nekorrektnykh zadach* [Methods for solving ill-posed problems], Moscow: Nauka: Gl. red. fiz.-mat. literatury, 1979, 285 p. (In Russ.)

10. Basov V.M. *Zadachi po ekologii i metodika ikh resheniya: ucheb. posobiye* [Problems in Ecology and Methods of Their Solution: textbook], Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2007, 160 p. (In Russ.)
11. Pinayev V.Ye., Kasimov D.V., Ledashcheva T.N. *Sbornik zadach dlya ekologov (HSE spetsialistov): ucheb. posobiye* [Collection of problems for ecologists (HSE specialists): textbook], Moscow: Mir nauki, 2019, 113 p. (In Russ.)
12. Puchkov N.P., Dorokhova T.Yu. [Methodological foundations of design in the university course of higher mathematics], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2023, no. 2(88), pp. 164-174. doi: 10.17277/voprosy.2023.02.pp.164-174 (In Russ., abstract in Eng.)
13. Puchkov N.P., Lobanova N.I. [Digitalization of mathematical education: teaching the course "Differential Equations"], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2020, no. № 2(80), pp. 138-158. doi: 10.17277/voprosy.2020.02.pp.138-158 (In Russ., abstract in Eng.)
14. Voloshinov A.V. *Matematika i iskusstvo* [Mathematics and Art], Moscow: Prosveshcheniye, 2000, 400 p. (In Russ.)
15. Puchkov N.P. [Formation of a Mathematical Style of Thinking in the Training of Legal Scholars], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2022, no. 3(77), pp. 153-165. doi: 10.17277/voprosy.2022.02.pp.153-165 (In Russ., abstract in Eng.)
16. Puchkov N.P., Popov A.I., Tormasin S.I. [Integration of competencies in the context of digitalization of education], *Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovaniye* [Continuum. Mathematics. Computer Science. Education], 2020, no. 1, pp. 36-44. (In Russ., abstract in Eng.)

On the Issue of Teaching Mathematics to Environmental Students

N. P. Puchkov

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: population dependence; quality of training; mathematics; math modeling; mathematical-statistical method; model; career guidance for students; content of mathematical courses; aesthetics of mathematics; ecology.

Abstract: The paper discusses the issues of the structure and content of mathematical education for students of environmental study programs, their motivation for quality education. The most common mathematical methods used in ecology and the strengths of mathematical modeling have been described. The sections of the mathematics syllabus that most effectively contribute to the formation of professional competencies and pedagogical technologies for their implementation have been identified. The experimental data of the research results have been presented.

© Н. П. Пучков, 2024