УДК 519.23:371.3 DOI: 10.15507/Inted.078.019.201501.093

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КУРСА МАТЕМАТИКИ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ (НА ПРИМЕРЕ ПОДГОТОВКИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»)

Г. С. Евдокимова (*Смоленский государственный университет, г. Смоленск, Россия*),
В. Д. Бочкарева (*Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, г. Саранск, Россия*)

Поскольку во всем мире количественным методам в экологии уделяется большое внимание, то в математическом образовании эколога теоретико-вероятностная подготовка должна быть достаточно обширной и в то же самое время специализированной, учитывающей нужды наиболее вероятных применений. В работе представлены некоторые методические замечания по разделу «Теория вероятностей и математическая статистика» курса математики, входящего в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом для бакалавров по направлению подготовки «Экология и природопользование» в базовую часть математического и естественного цикла, которые преподавателям полезно иметь в виду при изложении стохастической составляющей этой дисциплины. Правильно выбранная методика способствует формированию у студентов научных понятий, раскрывает особенности изучения данного предмета, помогает в поиске наиболее продуктивных путей решения практических задач.

В статье указаны основные цели преподавания раздела «Теории вероятностей и математической статистики» курса «Математика» по направлению «Экология и природопользование». Подчеркнуто, что материал учебной дисциплины должен соответствовать современному уровню науки и преподаваться в определенной дидактической системе, отражающей эту науку, ее закономерности. В работе продемонстрировано, что изложение теории вероятностей на классическом языке в настоящее время не представляется возможным. Естественно возникает вопрос: какие же имеются альтернативы? Первая альтернатива – язык теории множеств и теории меры в той форме, которая ему придана А. Н. Колмогоровым в знаменитой «аксиоматике Колмогорова». Вторая альтернатива классическому языку теории вероятностей – язык «теории коллективов» Р. Мизеса. При этом студенты должны иметь ясное представление о взаимодействии языков, так как конкретное содержание и практические приложения теории вероятностей по Р. Мизесу и по А. Н. Колмогорову совпадают. В статье также затрагивается вопрос о пропаганде теоретико-вероятностных и статистических методов.

Ключевые слова: методика; математика; стохастическая составляющая; бакалавр; направление; экология и природопользование; формирование; цель преподавания; материал учебной дисциплины; статистическая устойчивость; вероятность; частотная интерпретация; аксиоматика Колмогорова; дискретная модель.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF TEACHING THE STOCHASTIC COMPONENT OF A COURSE IN MATHEMATICS FOR BACHELOR DEGREE STUDENTS (BASED ON BACHELOR DEGREE CURRICULUM IN "ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT")

G. S. Evdokimova (*Smolensk State University, Smolensk, Russia*),
V. D. Bochkareva (*Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia*)

The paper presents some methodological guidelines that can be used by instructors when teaching the section of probability theory and mathematical statistics to bachelor degree students at the course on mathematics in "Ecology and Natural resource management". Quantitative methods in ecology attract global attention. Therefore, in mathematical education of an ecologist probabilistic and statistical training should be in-depth and at the same time specialised, taking into account the needs of the most probable applications. Properly chosen methodology promotes the development of scientific concepts among students, the study reveals the specifics of the subject, helps to find the most productive ways to solve practical problems.

The paper identifies the main purpose of teaching section of probability theory and mathematical statistics course in mathematics. It is emphasized that the material of the discipline should match the current level of science and be taught in a certain didactic system, reflecting this science and its laws. It is shown that the presentation of theory of probability in classical language is currently not possible. The question naturally arises: what alternatives are available? The first alternative - the language of set theory and measure theory in the form given to it by Kolmogorov in the famous “Kolmogorov axioms”. The second alternative to the classic language of probability theory – language of “theory groups” by R. Mises. This language is less common than the language of the Kolmogorov axioms, as it has been partly superseded by the latter. As a result of studying the discipline, students should have a clear understanding of the interaction of these languages, as the specific content and practical application of probability theory according to R. Mises and A. N. Kolmogorov coincide.

Keywords: methods; mathematics; stochastic component; bachelors; direction; ecology and nature; the formation; purpose of teaching; material subject; statistical stability; probability; frequency interpretation; Kolmogorov axiomatics; discrete model.

В работе представлены некоторые методические замечания по разделу «Теория вероятностей и математическая статистика» курса «Математика», входящего в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом для бакалавров по направлению подготовки 022000.62 «Экология и природопользование» в базовую часть математического и естественного цикла, которые полезно иметь в виду при изложении стохастической составляющей этой дисциплины. Очевидно, что в математическом образовании эколога стохастическая составляющая должна быть представительной, специализированной, рассчитанной в дальнейшем на применение в профессиональной деятельности. Существенную роль при этом должна сыграть методика изучения теории вероятностей и математической статистики, учитывающая специфику данного раздела математики [4].

Во всем мире количественным методам в экологии уделяется большое внимание. Мало собрать эмпирический материал – необходимо сделать это обоснованно, обработать и проанализировать. В этом будущему специалисту поможет изучение математической статистики. Следует признать, что каждому крупному строительству должно предшествовать составление математических моделей изменения связанной с ним экологической обстановки. Даже простейшие математические модели строительства дамб в Финском заливе, вырубки лесов в Сибири могли бы предупредить те негативные явления, к которым привели эти действия [3].

Теория вероятностей и математическая статистика дает единственный математически обоснованный аппарат для решения задач принятия решения и прогнозирования в условиях неопределенности.

Для выявления существующих закономерностей, присущих массовым случайным явлениям, математической статистикой изучаются математические методы сбора, систематизации, обработки и использования статистических данных. Теория вероятностей также изучает эти закономерности, но представляет явления в абстрактной форме, поскольку имеет дело с упрощенными схемами – математическими моделями реальных явлений. Подчеркнем, что математическая статистика находится в тесной связи с теорией вероятностей за счет использования ее математического аппарата. Мостиком между этими ветвями математики являются предельные теоремы теории вероятностей, в частности закон больших чисел.

Выделим основные цели преподавания раздела теории вероятностей и математической статистики курса математики по направлению «Экология и природопользование»:

– овладение математическим аппаратом, методами исследования, применяемыми в этих разделах математики;

– формирование вероятностной интуиции, статистической культуры;

– умение применять приобретенные вероятностно-статистические навыки, современные методики и приемы для решения профессиональных задач.

Материал учебной дисциплины должен соответствовать современному уровню науки и преподаваться в определенной дидактической системе, отражающей эту науку, ее закономерности. Начинать изучение теории вероятностей целесообразно с вводной характеристики дисциплины: ее места в математике, объектов и методов изучения, исторического обзора и обозначения проблем, которые она решает, а не с построения конкретной теории, определений и теорем [4]. Причем лучше всего начинать с положения о том, что в практической деятельности (как научной, так и прикладной) нередко приходится сталкиваться с необходимостью изучать процессы, в которых интересующее нас событие является случайным и притом обладающим устойчивой частотой. Студенты прежде всего должны уяснить, что если бы теория вероятностей позволяла сказать нечто содержательное об исходе любого эксперимента, про который известно только то, что его исход неоднозначен, то она была бы наукой наук. На самом деле ее роль гораздо скромнее, так как теория вероятностей имеет дело с экспериментами, для которых обязательно наличие устойчивости частот: частота события A при большом числе испытаний при изменении n лишь слегка колеблется около некоторого числа. Если провести несколько серий экспериментов, то частоты будут близки между собой при условии, что числа n_i достаточно большие. Число, около которого колеблется частота события A, называется вероятностью события A и обозначается через $P(A)$. Например, на основании многочисленно проведенных опытов нет сомнений в том, что вероятность выпадения герба при бросании монеты равна 1/2. Студентов следует познакомить с рядом примеров, в которых наблюдается устойчивая частота, поскольку отсюда один шаг до более формального определения вероятности случайного события [2].

Учащимся это описание свойства устойчивости частот и определение вероятности вряд ли покажутся удовлетворительным. Поэтому преподавателю придется часто отвечать на вопрос о допустимой разнице между частотой события и его вероятностью, а также о проверке статистической устойчивости событий при изучении конкретных явлений методами теории вероятностей.

Достаточно общего научного ответа на эти вопросы нет. На первый (о допустимом различии частоты и вероятности события) можно дать ответ, но при дополнительном условии независимости результатов каждого из n экспериментов. Для проверки этого факта существуют частичные критерии, которые действуют только при соблюдении некоторых дополнительных условий. Еще более сложным является вопрос об устойчивости частот в разных сериях экспериментов. Студентам необходимо продемонстрировать то, что трудность заключается прежде всего в выделении этих серий. Например, при проведении большого числа экспериментов можно относить к первой серии эксперименты с простыми номерами, ко второй – с четными номерами, к третьей – с номерами, делящимися на 7, и т. д. Очевидно, что способов выделять серии слишком много для того, чтобы их все можно было реализовать. Кроме того, если перебирать все способы, то мы непременно должны рассмотреть и такой, когда в одну серию попадут опыты, в которых событие A наступило, а в другую – те, в которых не наступило. В первой серии частота события A будет равна 1, а во второй – 0. Так что эти частоты будут резко отличаться. Указанная трудность является существенной, и только в последние годы наметились научные способы ее преодоления. Однако они еще не доведены до практических рекомендаций [9]. Поэтому чаще всего использование вероятностных методов при исследовании конкретных явлений осуществляется с учетом личного и общенаучного опыта.

Введение в лекционное изложение исторического материала, касающегося биографических сведений крупных ученых; использование в науке тех или иных понятий; обстоятельств открытия некоторых фактов, упоминаемых в курсе способствуют повышению интереса студентов к предмету, а также возможности применения полученных сведений в будущей профессиональной деятельности. Чтобы лучше понять суть и логику теории вероятностей, необходимо восстановить некоторые наиболее важные моменты ее развития. Исторический подход в преподавании теории вероятностей и математической статистики позволяет показать науку не только в прошлом и настоящем, но и в ее перспективе.

При изучении теории вероятностей и математической статистики важно заострить внимание студентов на том, что частотная интерпретация понятие вероятности и определение статистической устойчивости принадлежат Р. Мизесу, оказавшему большое влияние на развитие теории вероятностей. В частности, он продемонстрировал несовершенство ее старого классического языка. Например, в классической теории вероятностей имеется определение: «два события называются несовместимыми, если они не могут произойти оба вместе». Для таких событий имеет место теорема сложения вероятностей. Р. Мизес придумал следующий парадокс. Пусть некий теннисист может поехать на турнир либо в Москву, либо в Лондон, причем турниры там происходят одновременно. Вероятность того, что он займет первое место в Москве, равна 0,9, а в Лондоне – 0,6. Чему равна вероятность того, что он займет где-либо первое место? Решение: согласно классической теории, события «выигрыш турнира в Москве» и «выигрыш турнира в Лондоне» несовместны, поэтому искомая вероятность есть 0,9 + 0,6 = 1,5. Несмотря на очевидную нелепость этого рассуждения, в старой теории вероятностей не было ничего, что бы его запрещало. Таким образом, изложение теории вероятностей на классическом языке не представляется возможным. Естественно возникает вопрос: какие имеются альтернативы?

Первая альтернатива – язык теории множеств и теории меры в той форме, которая ему придана А. Н. Колмогоровым в знаменитой «аксиоматике Колмогорова» [6]. Этот язык пользуется почти универсальным признанием как в нашей стране, так и за рубежом. В рамках этого языка только что приведенный парадокс с теннисистом решается просто: вероятности 0,9 и 0,6 относятся к разным пространствам элементарных событий, так что не имеет смысла теорема сложения вероятностей. Просто разрешаются и другие известные парадоксы, например, парадокс Бертрана [1]. Благодаря этому языку необычайно усилилось развитие теории вероятностей. Однако при ее изучении необходимо обязательно пояснить студентам, что и этот язык не является вполне безупречным по ряду причин.

Во-первых, понятие множества в таком виде, в котором оно используется здесь, ведет к парадоксам. Преодоление парадоксов языка математики всегда совершалось лишь за счет существенного научного развития. В настоящее время для теории множеств нет удовлетворительного во всех отношениях способа преодоления парадоксов. Однако имеется эмпирическое правило: не говорить о слишком больших или слишком расплывчато заданных множествах. Например, запрещается говорить о «множестве всех множеств» или о «множестве всех множеств, для задания которых требуется не более 100 слов русского языка». Этому правилу подчиняются все множества, рассматриваемые в теории вероятностей в рамках аксиоматики А. Н. Колмогорова.

Во-вторых, в результате развития теории случайных процессов обнаружилось, что в рамках аксиоматики А. Н. Колмогорова приходится уделять слишком много внимания различным математическим затруднениям. В преподавании курса на преодоление затруднений уходит столько времени и сил, что это наносит ущерб изучению сопоставимых с действительностью моделей. В-третьих, в рамках этой аксиоматики ничего не говорится о том, как узнать, применима ли вероятностная модель к данному конкретному явлению.

Вторая альтернатива классическому языку теории вероятностей – язык «теории коллективов» Р. Мизеса. Этот язык менее распространен, чем язык аксиоматики А. Н. Колмогорова, поскольку отчасти был вытеснен последним. Первоначальный вариант теории Р. Мизеса казался неприемлемым для математика по двум причинам: он был логически противоречив (это противоречие отмечено при обсуждении вопроса о проверке устойчивости частот в различных сериях опытов) и не содержал математической аксиоматики. В целом, современное отношение специалистов к языку теории Р. Мизеса можно сравнить с отношением к мертвому языку, на котором почему-то никто говорить не хочет, но – при соответствующих поправках и переделках – вполне можно было бы сказать все то, что говорят на живом языке. В то же время несомненно, что идеи Р. Мизеса органически входят в современную теорию вероятностей. Дальнейшая их разработка оказывает влияние на фундаментальные представления этой науки.

Студенты должны иметь ясное представление о взаимодействии языков, так как конкретное содержание и практические приложения теории вероятностей по Р. Мизесу и А. Н. Колмогорову совпадают.

Преподавателю следует иметь в виду, что понятие статистической устойчивости не может быть усвоено достаточно полно студентами, впервые знакомящимися с теорией вероятностей. К нему необходимо возвращаться на протяжении всего курса при интерпретации случайной величины как результата измерения, подверженного случайным ошибкам; при применении теоремы Муавра–Лапласа для проверки гипотезы о равенстве вероятностей успеха в двух сериях испытаний Бернулли; при изложении метода наименьших квадратов и т. д.

С методической точки зрения, целесообразно начинать изложение теории вероятностей с дискретного случая, где каждому подмножеству A множества Ω может быть приписана вероятность, а свойство $P(A+B)=P(A)+P(B)$ для непересекающихся A и B оказывается теоремой.

Современный язык теории вероятностей есть язык теории множеств. Однако большинство задач, которые студент найдет в современных учебниках и задачниках по теории вероятностей, сформулированы на старом языке. Это не случайно: только по задачам изучающий теорию вероятностей знакомится с теми типичными ситуациями, когда ее можно практически применять, а теоретико-множественный язык исключил бы всякое описание практических ситуаций. Следовательно, при изучении теории вероятностей необходимо научить студентов переводить условия задач с традиционного на современный язык. На конкретных примерах преподаватель должен показать, что при решении одной и той же задачи по теории вероятностей возможно введение разных пространств элементарных событий и разных вероятностей. При этом студентам не следует искать им обоснование на математическом уровне строгости. Переводу задач учатся на примерах, но правила перевода также играют некоторую роль.

Правило 1. Пространство элементарных событий Ω есть совокупность всех мыслимых исходов опыта.

Правило 2. В том случае, когда из каких-либо соображений симметрии ясно, что все элементарные исходы равновероятны, множество элементарных событий Ω будет конечным, а $P(\omega_i)=\frac{1}{n}$, где n – число элементов Ω. Если событие A содержит m элементарных событий A, то $P(A)=\frac{m}{n}$.

Перевод на язык элементарных событий чрезвычайно облегчает студентам понимание того, что от них хотят. На практических занятиях по теории вероятностей нужно сделать несколько задач на такой перевод. Однако преподаватель должен помнить: язык элементарных событий изучают в основном для избежания парадоксов, а впоследствии обычно мыслят сразу интересующими событиями.

Объем вузовских знаний зависит от учебной программы. Однако во всех случаях необходимо рассматривать несложные, но реальные примеры, из которых можно увидеть значение изучаемого предмета для будущей специальности [5]. Чисто формальное изложение, когда понятия вводятся без связи со специальностью (с задачами естествознания или общественной практики), затрудняет выработку серьезного отношения к дисциплине. В преподавании теории вероятностей и математической статистики уместно придерживаться следующего требования: студентам необходимо демонстрировать обработку фактических статистических данных, осуществляемых для какой-то достаточно понятной цели. Решить вопрос о достижении/недостижении цели нужно на новых аналогичных данных. Например, статистический банк данных разумным образом можно разбить на несколько частей с последующей проверкой статистической однородности групп наблюдений. Однако случайную разбивку на группы при таком подходе проводить нельзя [8].

Что касается пропаганды теоретико-вероятностных и статистических методов, то когда-то, в давно прошедшие времена, надо было отстаивать само их право на существование. Сейчас их польза никем не оспаривается. Поэтому основное внимание студентов следует обратить на ограничения, при которых эти методы дают надежные результаты. По современным представлениям, область применения теоретико-вероятностных методов, как мы уже говорили выше, ограничена явлениями, которым присуща статистическая устойчивость. Например, по существующим представлениям эксперименты на квантово-механическом уровне, выясняющие наиболее фундаментальные законы природы, относятся к экспериментам, где есть статистическая устойчивость исхода опыта [7]. Однако проверка статистической устойчивости трудна и всегда неполна; к тому же она часто дает отрицательный вывод. В результате в целых областях знания нормой стал такой подход, при котором статистическая устойчивость вовсе не проверяется, что неизбежно приводит к серьезным ошибкам [10]. Поэтому при изложении курса необходимо постоянно демонстрировать конкретные факты, показывающие, что методы теории вероятностей и математической статистики нельзя применять без разбора к любым интересующим исследователя вопросам: существуют определенные границы их применимости. Долг преподавателя теории вероятностей и математической статистики вновь и вновь пропагандировать ту старую истину, которую еще Петр I пытался (безуспешно) внушить русским купцам: что торговать надо честно, без обмана, так как в конечном счете это для самих же себя выгоднее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гнеденко, Б. В.* Курс теории вероятностей / Б. В Гнеденко.– Москва : Наука, 1988. – 448 с.

2. *Гнеденко, Б. В.* Математическое образование в вузах / Б. В. Гнеденко. – Москва : Высшая школа, 1981. – 174 с.

3. *Гнеденко, Б. В.* Об обучении математике в университетах и педвузах на рубеже двух тысячелетий / Б. В Гнеденко, Д. Б Гнеденко. – Москва : КомКнига, 2006. – 160 с.

4. *Евдокимова, Г. С.* Методические рекомендации преподавания теории вероятностей в университете / Г. С. Евдокимова // Известия Смоленского государственного университета. – 2011. – № 4.– С. 416–424.

5. *Евдокимова, Г. С.* Стохастическая компетентность выпускников вуза / Г. С. Евдокимова, В. Д. Бочкарева // Интеграция образования. – 2013. – № 2. – С. 4–8.

6. *Колмогоров, А. Н.* Математика – наука и профессия / А. Н. Колмогоров. – Москва : Наука, 1988. –288 с.

7. *Потоцкий, М. В.* Преподавание высшей математики в педагогическом институте / М. В. Потоцкий. – Москва : Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.

8. *Тутубалин, В. Н.* Преподавание теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов на механико-математическом факультете МГУ для студентов специальности «механика». Доклад на УМО 18 мая 2012 года.

9. *Тутубалин, В. Н.* Теория вероятностей и случайных процессов / В. Н. Тутубалин. – Москва : Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.

10. *Фрейденталь, Г.* Математика как педагогическая задача : в 2 ч. / Г. Фрейденталь. – Москва : Просвещение, 1982, 1983.

Поступила 14.01.14.

Об авторах:

Евдокимова Галина Семеновна, заведующий кафедрой прикладной математики ФГБОУ ВПО «Смоленский государственный университет» (Россия, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4), доктор педагогических наук, профессор, kaf-matem@smolgu.ru

Бочкарева Вера Дмитриевна, доцент кафедры алгебры и геометрии ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева» (Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), bochkareva.44@mail.ru

Для цитирования: Евдокимова, Г. С. Методические аспекты изучения стохастической составляющей курса математики для бакалавров (на примере подготовки по направлению «Экология и природопользование») / Г. С. Евдокимова, В. Д. Бочкарева // Интеграция образования. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 93–99. DOI: 10.15507/Inted.078.019.201501.093

REFERENCES

1. Gnedenko B. V. Kurs teorii verojatnostej [Course in the probability theory]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 448 p.

2. Gnedenko B. V. Matematicheskoe obrazovanie v vuzah [Mathematical education at institutions of higher education]. Moscow, Higher School Publ., 1981, 174 p.

3. Gnedenko B. V., Gnedenko D. B. Ob obuchenii matematike v universitetah i pedvuzah na rubezhe dvuh tysjacheletij [On teaching of mathematics at universities and pedagogical institutes at the border of two millenniums]. Moscow, KomKniga Publ., 2006, 160 p.

4. Evdokimova G. S. Metodicheskie rekomendacii prepodavanija teorii verojatnostej v universitete [Teaching methodology for probability theory at the University]. *Izvestija Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Newsletter of the Smolensk State University]. 2011, no. 4, pp. 416–424.

5. Evdokimova G. S., Bochkareva V. D. Stohasticheskaja kompetentnost' vypusknikov vuza [Stochastic competence of graduates]. *Integracija obrazovanija* [Integration of education]. 2013, no. 2, pp. 4–8.

6. Kolmogorov A. N. Matematika – nauka i professija [Mathematics is a science and profession]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 288 p.

7. Potockiy M. V. Prepodavanie vysshej matematiki v pedagogicheskom institute [Teaching to higher mathematics in a teaching insitute]. Moscow University Press Publ., 1992, 400 p.

8. Tutubalin V. N. Prepodavanie teorii verojatnostej, matematicheskoj statistiki i teorii sluchajnyh processov na mehaniko-matematicheskom fakul'tete MGU dlja studentov special'nosti "mehanika". Doklad na UMO 18 maja 2012 goda [Teaching probability theory, mathematical statistics and theory of stochastic processes at the Mechanics and Mathematics Faculty of Moscow State University to students majoring in "Mechanics". Academic Methodological Association, report on May 18, 2012].

9. Tutubalin V. N. Teorija verojatnostej i sluchajnyh processov [Probability theory and stochastic processes]. Moscow, Moscow State University Publ., 1992, 400 p.

10. Freydental G. Matematika kak pedagogicheskaja zadacha [Mathematics as a pedagogical problem], part 2. Moscow, Prosveshhenie Publ., 1982, 208 p.

About the authors:
Evdokimova Galina Semenovna, head of Applied Mathematics chair of Smolensk State University (4, Przhevalskiy Str., Smolensk, Russia), Doctor of sciences degree holder in pedagogical sciences, professor, kaf-matem@smolgu.ru
Bochkareva Vera Dmitriyevna, associate professor of Algebra and Geometry chair of Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya Str., Saransk, Russia), bochkareva.44@mail.ru

For citation: Evdokimova G. S., Bochkareva V. D. Metodicheskie aspekty izuchenija stohasticheskoj sostavljajushhej kursa matematiki dlja bakalavrov (na primere podgotovki po napravleniju "Jekologija i prirodopol'zovanie") [Methodological aspects of teaching the stochastic component of a course in mathematics for bachelor degree students (based on bachelor degree curriculum in "Ecology and natural resources management")]. *Integracija obrazovanija* [Integration of Education]. 2015, vol. 19, no. 1, pp. 93–99. DOI: 10.15507/Inted.078.019.201501.093