

КУРС «ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ГЕОПОЛЕЙ» В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Ю. А. Нестеров, Нгуен Ч. Х.

*Воронежский государственный университет, Россия
Российский университет дружбы народов, Россия*

Поступила в редакцию 17 июля 2015 г.

Аннотация: В статье рассматривается опыт постановки курса «Цифровые модели геополей», как одного из завершающих профессиональную подготовку бакалавров по направлению «экология и природопользование». Особое внимание уделено подготовке студентов в смежных дисциплинах и межпредметных связях, обеспечивающих правильную географическую интерпретацию полученных картографических изображений.

Ключевые слова: Профессиональная подготовка студентов, экология, природопользование, географическое поле, тематическое картографирование.

Abstract: The article considers the experience of implementation of the course «Figure models of geofields» as one of the concluding parts in the system of bachelors' professional grounding in ecology and natural resource management. The special attention is put on the students' grounding in closely-related subjects and intersubject relations which ensure correct geographic interpretation of the received cartographical images.

Key words: Professional grounding of students, ecology, natural resource management, geographic site, thematic maps charting.

Полноценная профессиональная подготовка бакалавров и магистров по направлениям «Экология и природопользование» и «География» сейчас невозможны без использования современных геоинформационных технологий, которые находят воплощение в мощном аппарате пространственного анализа, геоинформационном картографировании, создании геопорталов и информационного наполнения для них. Естественно, что пространственный анализ выступает в качестве организующего звена в процессе обучения, обеспечивая при этом многосторонние межпредметные связи. Его основные функциональные возможности могут выступать как дидактический базис для развития знаний, умений и навыков работы в ГИС-пакетах. К сожалению, еще бытует мнение, что ГИС-пакет в первую очередь представляет собой средство для создания картографических произведений и его работа ассоциируется только с созданием карт. В первую очередь функционирование ГИС-пакетов

связано с созданием и управлением базами данных, сформированных из географически распределенных характеристик объектов, явлений, процессов, географической, экологической, природопользовательской и прочей тематики и, если возникает необходимость, визуализация пространственных особенностей полученных сведений в виде карт.

На факультете географии, геоэкологии и туризма воплощен подход сквозного освоения информационных технологий в виде практикума, объединяющего несколько учебных курсов [9].

До введения на факультете двухуровневого обучения в 2011 г. цифровое моделирование географических полей (далее геополя) [4, 8] рассматривалось только в разделе тематического картографирования средствами ГИС-пакетов, что исключало возможность детального знакомства с возможностями анализа реальных и абстрактных геополей.

В 2012 году на кафедре геоэкологии и мониторинга окружающей среды разработана рабочая программа «Цифровые модели геополей» (ЦМГ) вариант, которой рассматривался в рамках IV шко-

лы-конференции «Информатика в образовании» XII международной научно-методической конференции [5]. Программа реализуется в учебном процессе с 2014-2015 учебного года на 4 курсе подготовки бакалавров по направлению «Экология и природопользование». При этом предусматривается одновременное знакомство студентов с двумя проблемами: знакомством с одним из наиболее абстрактных понятий в современной географии и геоэкологии с одной стороны и наименее разработанных в теоретическом отношении с другой [2, 3] а также изложение теоретических основ создания ЦМГ как реальных географических и геоэкологических объектов и явлений, так и абстрактных геополей.

Основные задачи дисциплины состоят в том, что студенты изучают процесс создания ЦМГ, используя различные методы от оцифровки сканированных или иных растровых изображений до трехмерных моделей. Студенты знакомятся с историей создания ЦМГ, методами расчета, построением карт важнейших морфометрических показателей геополей: рельефа поверхностей, направления потоков геохимической миграции элементов, зон затопления, полей загрязнения атмосферного воздуха, полей загрязнения почвенного покрова основными загрязнителями, вычисления границ геоморфологических образований и т.д.

Дисциплина относится к профессиональному циклу. Знания студентов, предшествующие изучению дисциплины, предполагают владение математическим аппаратом статистической обработки данных, основами компьютерной графики, географических информационных систем, картографии, топографии, геоэкологического картографирования и других смежных географических и геоэкологических дисциплин. Студенты должны приобрести навыки работы с программными комплексами, которые используются в работе по созданию ЦМГ, строить цифровые модели, уметь их анализировать и давать квалифицированную географическую и геоэкологическую интерпретацию. Важно знать аппарат построения и специфику полученных геополей в связи с особенностями массивов данных. Как показал опыт преподавания дисциплины в течение 2014-2015 учебного года результативность работы преподавателя в учебных группах в значительной мере зависит от подготовленности студентов по смежным дисциплинам, а также их персональной заинтересованности в получении новых знаний. Таким образом, наиболее продуктивная работа осуществляется с учебной

группой высокого уровня подготовки, в которой студенты ориентированы на профессиональную деятельность. Студенты этой категории заинтересованы в получении качественного образования, имеют высоко мотивированную познавательной активностью, которая вызвана желанием и перспективами реализовать себя в качестве специалиста либо в производственной, либо в научно-исследовательской работе. Обычно эта категория составляет в учебной группе не более 3-8 % контингента, периодически (раз в 5-7 лет) этот показатель возрастает до 12 %. Такие студенты легко обучаются, быстро усваивают материал на основе его глубокого осмысления [7].

При изучении дисциплины особое внимание уделяется географически грамотной интерпретации данных ЦМГ и представлению об относительной ограниченности применения ЦМГ для решения научных, прикладных задач, а также для составления рекомендаций и прогнозов развития явлений. При проведении практических занятий соблюдается принцип исторической динамики развития науки, технологий и теории познания мира от созерцательного: «внешние природные признаки», до математического – создание моделей прогнозов развития явлений.

Собственно рабочая программа включает следующие разделы.

Введение. Представление о географических полях, их особенности и свойства. Понятие о цифровых моделях геополей. Цифровые модели рельефа. Исторический опыт создания цифровых моделей геополей.

Методы расчета и построения ЦМГ. Интерполяция, экстраполяция и аппроксимация данных. Локализация модели. Качество данных. Триангуляция, средневзвешенная интерполяция, интерполяция по ближайшему соседству, кригинг, кусочно-полиномиальное сглаживание.

Модели представления данных в ЦМГ. Регулярная сеть данных (GRID) определение достоверного размера ячейки грида, нерегулярная сеть данных (TIN). Сравнение моделей.

Информационное обеспечение для создания ЦМГ. Источники создания ЦМГ. Картографические источники: особенности отечественных топографических карт. Данные дистанционного зондирования. Наблюденные и аналитические данные. Материалы полевых съемок. Использование приемников глобального позиционирования.

Программное и аппаратное обеспечение для создания ЦМГ. Обзор основных программных про-

дуктов для построения ЦМГ. Основные ГИС-пакеты: Spatial Analyst, 3D Analyst, Geostatistical Analyst ГИС-пакета ArcGIS (ESRI Inc.); Vertical Mapper ГИС-пакета MapInfo (MapInfo Corp.), Autodesk Map 3D системы Auto CAD (Autodesk Inc.). пакеты для обработки материалов дистанционного зондирования Земли ENVI и Erdas Imagine. Программы для создания образов виртуальной реальности Surfer, 3D field Pro. Программное обеспечение узкой специализации. Открытое программное обеспечение ГИС-пакеты SAGA, GRASS GIS, gvSIG, Quantum GIS, GDAL и др. Аппаратное обеспечение.

Трехмерные модели и виртуальные геоизображения. Программное обеспечение для визуализации трехмерных эффектов: CAD-пакеты, программное обеспечение для трехмерной графики и визуализации, ГИС-пакеты.

Прикладное использование ЦМГ. Построение ЦМГ и основных морфометрических показателей геополей. Карты уклонов и экспозиций. Карты вершинных, базисных и остаточных поверхностей. Карты градиентов морфометрических характеристик. Построение профилей поперечного сечения геополей. Интерпретация полученных данных и выявление пространственных закономерностей реальных или вычисленных (абстрактных) геополей. Совместное использование нескольких карт геополей для расчета коэффициентов корреляции, построение карт изокоррелят, вычисление отклонений рассчитанных величин от реальных значений и построение карт аномалий.

Ниже рассмотрим несколько примеров заданий, которые в равной степени могут оказаться полезными в профессиональной подготовке не только бакалавров по направлению «экология и природопользование», но и направлению «география».

Сквозную реализацию рабочей программы можно проследить на примере темы «Корреляционный и регрессионный анализ. Территориальные особенности формирования стоковых характеристик». Исходными данными выступают средние многолетние данные по осадкам и слою стока на территории Воронежской области. В данном случае рассматривается только зависимость стока от осадков без оценки «третьих» факторов [6]

Геополя осадков и слоя стока строятся по точечным данным, которые обеспечивают возможность оценки их качества и достоверности и позволяют выбрать оптимальный тип интерполяции. Возможны варианты построения изолинейной карты по сканированному изображению с последую-

щим извлечением данных в узлах изолиний. Этот вариант используется для закрепления полученных навыков регистрации растровой основы в географических или геодезических координатах. Далее оценивается оптимальный размер ячейки грида. Собственно геополя строятся, для последующего сравнения, при помощи мастера создания тематических карт (способ – «поверхность») MapInfo, в приложении Vertical Mapper и ПО Surfer. Выявляются сходства и различия полученных ЦМГ, проводится попытка географической интерпретации полученных геополей с точки зрения выявления пространственных закономерностей.

Примененный на исходных растровых картах способ изолиний позволяет осуществить корреляционный анализ пространственного распределения элементов водного баланса либо средствами, встроенными в ГИС-пакеты, что не всегда представляется удобным, либо путем составления SQL-запросов для получения выборок исходных данных для расчета коэффициента корреляции. На лабораторных занятиях рассматриваются оба варианта. В предложенной авторской методике использования второй путь решения задачи. Он более трудоемкий, чем встроенные средства, но позволяет контролировать ход вычислительных операций на всех этапах решения.

Для анализа были выбраны характеристики стока и осадков в пределах Воронежской области за весь период наблюдений (1928-2008 годы), период климатической нормы (1961-1990 годы) и период мониторинга (1991 по 2008 годы). Ниже, в качестве примера, приводится только порядок построения карт за весь период наблюдений. Данные за периоды климатической нормы и период мониторинга обрабатывались по тому же алгоритму.

По данным годового количества осадков и годового стока в пакете Mapinfo 9.0 и приложении Vertical Mapper 3.0 были получены соответствующие гриды с пространственным разрешением 0,5*0,5 км, всего 532 точки для каждого показателя, которые для последующего формирования выборок для корреляционного анализа были экспортированы в файлы типа «MapInfo point table». Особенности этой операции заключаются в следующем: пространственное положение точек выборки для характеристик осадков и стока пространственно совпадают, что дает основание к последующему проведению корреляционного анализа. Однако расположение исходных данных для построения гридов осадков и стока приводит к построению поверхностей с различным количеством

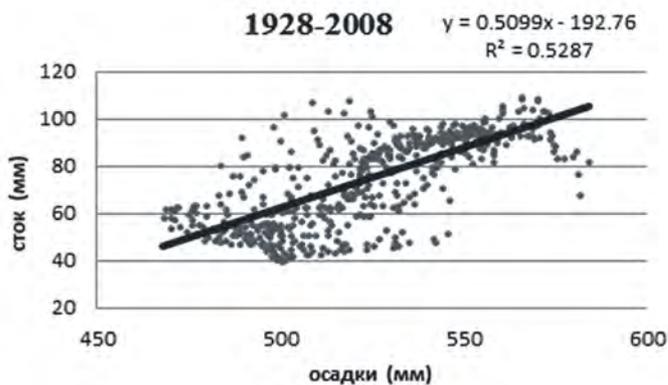


Рис. 1. График зависимости стока от годового количества осадков и уравнение регрессии за период 1928-2008 годы

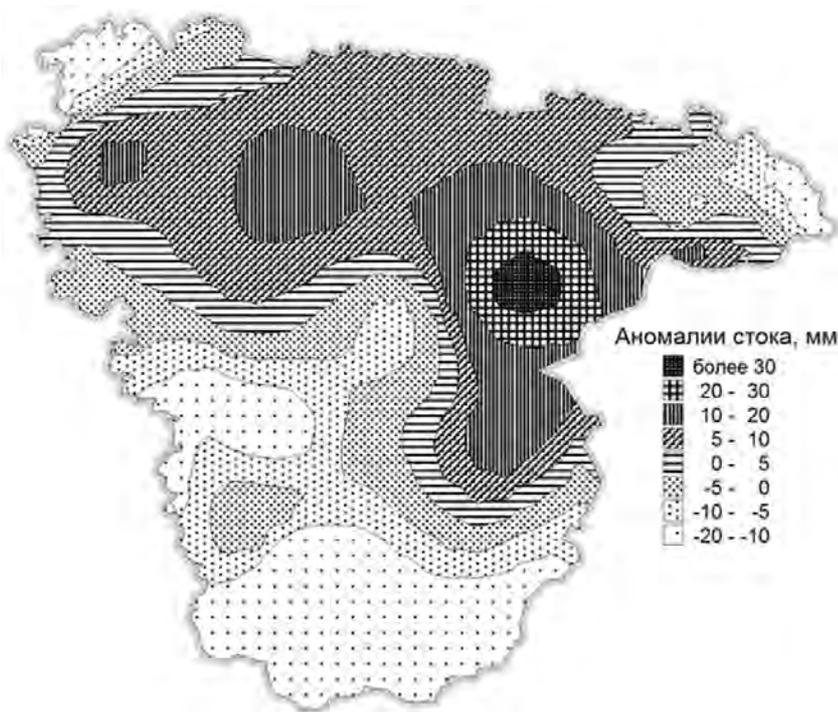


Рис. 2. Изаномалы стока за период 1928-2008 годы

ячеек, которые располагаются на границе картографируемой территории. Такие несовпадающие точки выборок были удалены через SQL-запрос следующего вида:

```
Select columns: (a.X_a, a.Y_a, aA_quantity, bB_quantity)
```

```
From tables: (a,b)
```

```
Where condition (a.X_a=b.X_b and a.Y_a=b.Y_b).
```

По данным выборки в MS Excel рассчитывается коэффициент корреляции как средняя величина тесноты связи между стоком и осадками для территории Воронежской области и вычислялось уравнение регрессии (рис. 1).

Далее по уравнению регрессии создается массив данных расчетного стока без влияния прочих

географических факторов, кроме годовой суммы осадков, и рассчитывается разница с наблюдаемыми стоковыми характеристиками. Таким образом, создается база пространственных характеристик для построения грида аномалий стока с последующим построением изолинейной карты (рис. 2). По аналогии с приведенными расчетами могут быть вычислены множественные корреляционные коэффициенты с учетом поправок на площадь нулевого стока в пределах бассейнов, формы и размеров бассейнов и особенностей их рельефа, а также поправки на наличие прудов, лесных полос и естественных лесов, несовпадение подземного и поверхностного водосборов, развитие карстовых

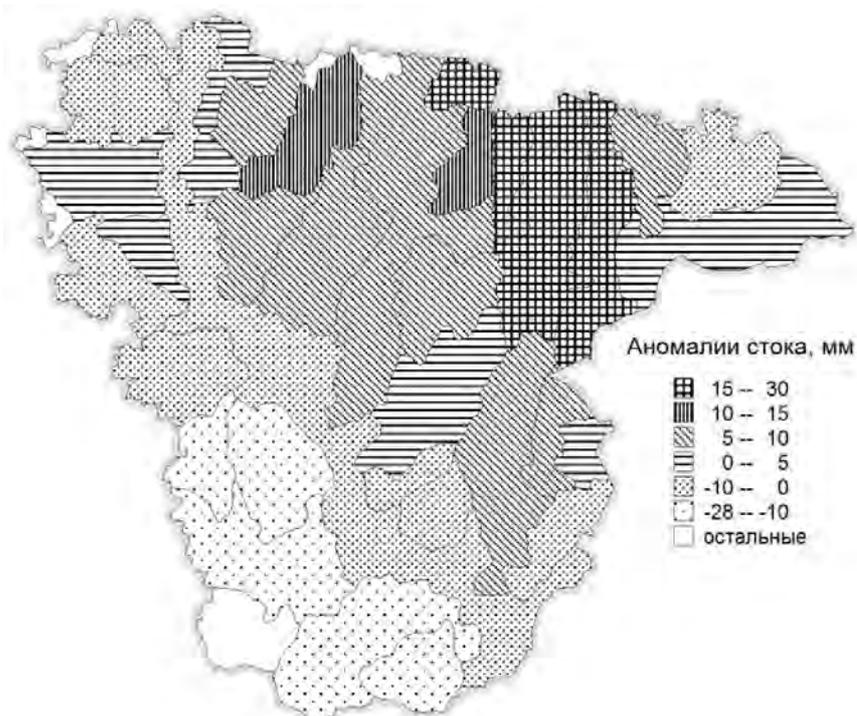


Рис. 3. Средние значения аномалий стока по речным бассейнам за период 1928-2008 годы

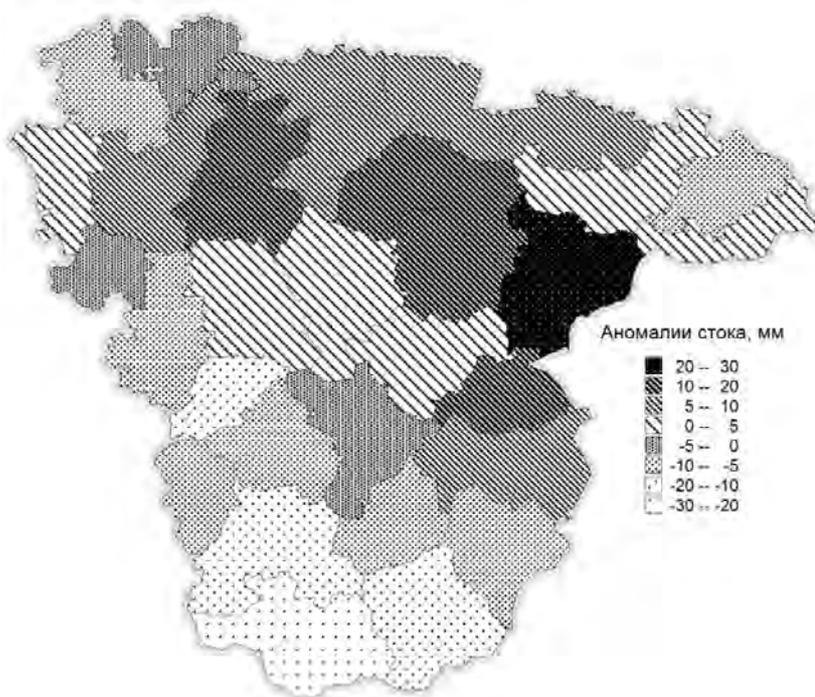


Рис. 4. Средние значения аномалий стока по муниципальным районам за период 1928-2008 годы

процессов, особенности почвенного покрова и его гранулометрического состава, неполного дренирования подземных водоносных горизонтов и особенностей хозяйственной деятельности человека.

Выявление особенностей стока для принятия управленческих решений в водопользовании воз-

можно по речным бассейнам (рис. 3) или наиболее привычным территориям муниципальных районов (рис. 4), которые осуществляются оператором Region Inspection в приложении Vertical Mapper 3.0. С помощью этого приложения по каждому бассейну или муниципальному району авто-

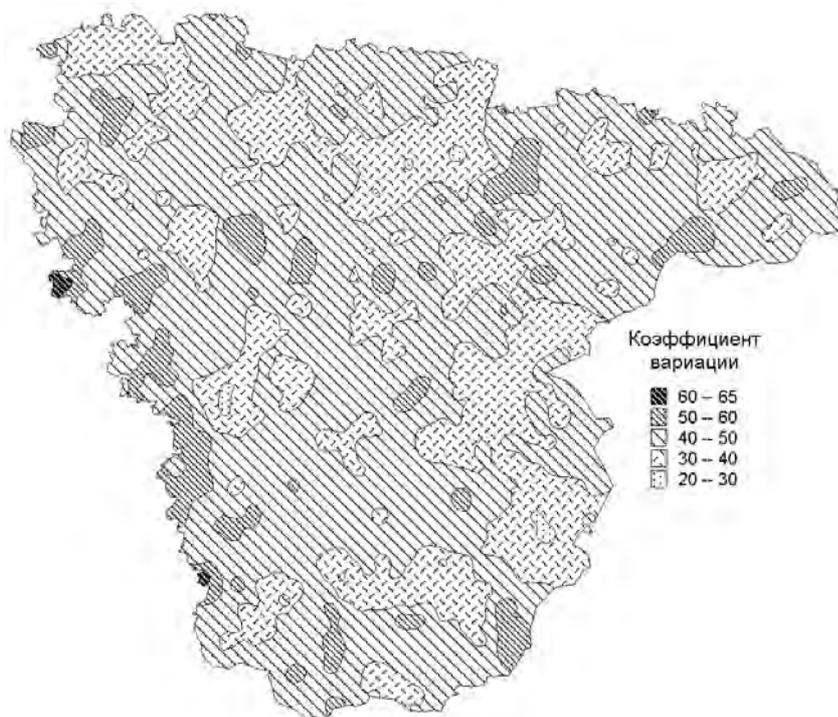


Рис. 5. Вариация размещения населенных пунктов Воронежской области

матически рассчитываются средние значения аномалий стока, а также их максимальные и минимальные значения.

Далее, средствами MapInfo Vertical Mapper из построенных геополей, по регулярной сетке точек делается выборка характеристик осадков и стока, позволяющая рассчитать коэффициент корреляции и вывести уравнение регрессии, по которому в тех же точках вычисляются рассчитанные значения слоя стока. Определяется отклонение рассчитанных значений от величин слоя стока на исходном геополе. По этим данным строится карта аномалий стоковых характеристик в изолинейной форме, показывающая, что в формирование стока вмешиваются «третьи» факторы либо увеличивающие слой стока, либо уменьшающие его по сравнению с расчетным.

Следующим шагом в анализе карты аномалий стока является поиск причин формирования аномалий и объяснение их появления. Таким образом, обеспечивается межпредметная связь с курсами «Ландшафтоведение», «Геоморфология», «Учение о гидросфере» и другими дисциплинами, позволяющая оценивать остаточные знания по учебным дисциплинам, пройденным ранее.

Аналогично рассматриваются темы «Анализ особенностей строения рельефа как фактора ландшафтной дифференциации территории», «Анализ

особенностей строения рельефа как фактора экологической дифференциации территории». Наиболее «выигрышными» в дидактическом отношении являются аналитические операции вычисления по геопоям базисных и вершинных поверхностей, глубины вреза эрозионной сети, энергии рельефа, формы склонов, а также расчеты крутизны склонов и их экспозиции, соотношения уклонов и экспозиционных параметров, которые обеспечивают значительные отклонения в приходе солнечной радиации по сравнению с зональным.

Особый интерес вызывает применение геополей в пространственном анализе экономико-географических явлений и процессов. Примером, который рассматривается на лабораторных занятиях, выступают пространственные закономерности расселения сельского населения и расчет полей тяготения к городским поселениям, транспортной сети, лесистости, обводненности, оценке эколого-хозяйственного баланса и т.д.

В качестве показателя равномерности использовался коэффициент вариации V :

$$V = \frac{100s}{\bar{d}},$$

$$\bar{d} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} d_i, s = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (d_i - \bar{d})^2},$$

где d_i – кратчайшее расстояния между шестью окружающими центральным пункт точками.

Величина коэффициента вариации в любом узле гексагональной решетки будет равна нулю. Иными словами, нуль – показатель полной равномерности сети. Степень увеличения коэффициента вариации может быть принята за величину неоднородности размещения точек. В пределе величина V может достигать значения 100 [1]. Для автоматического расчета данного коэффициента последовательно решаются две задачи: вычисление по координатам X и Y кратчайшие расстояния между первым населенным пунктом и окружающими его другими шестью пунктами (в этом случае рассматриваются центроиды поселений) и кратчайший замкнутый путь между окружающими точками, тем самым вычисляются еще шесть расстояний. Операция повторяется для каждого пункта и представляет собой очень трудоемкий процесс для ручного вычисления. Для автоматического расчета в среде MapInfo был написан авторский макрос с помощью языка программирования MapBasic и получена изолинейная карта вариации размещения населенных пунктов Воронежской области (рис. 5).

Большинство полученных на лабораторных занятиях материалов можно рассматривать как конечный продукт, оптимально представленный в картографической форме или в виде базы данных, пригодных для дальнейшего использования, как в учебном процессе, так и в научных и прикладных исследованиях [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов С. К. Система интегральных индексов для обеспечения комплексного картографического мониторинга арктического региона России / С. К. Белоусов, С. С. Карпунин // Геодезия и картография. – 2014. – № 11. – С. 12-20.
2. Зырянов А. И. Географическое поле туристского кластера / А. И. Зырянов // Географический вестник. – 2012. – № 1 (20). – С. 96-98.
3. Зырянов А.И. Регион: пространственные отношения природы и обществ / А. И. Зырянов. – Пермь : Издательство Пермского государственного университета, 2006. – 372 с.
4. Мусин О. Р. Цифровые модели «рельефа» континуальных и дискретных географических полей / О. Р. - Мусин, С. Н. Сербенюк // Банки географических данных для тематического картографирования / под ред. К. А. Салищева. – Москва : Московский государственный университет, 1987. – С. 156-170.
5. Нестеров Ю. А. Курс «Цифровые модели геополей» в подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Экология и природопользование» и «География» / Ю. А. Нестеров // Информатика : проблемы, методология, технологии : материалы 13 Международной научно-методической конференции, Воронеж, 7-8 февраля 2013 г. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. – Т. 4. – С. 321-325.
6. Нестеров Ю. А. Геоинформационное моделирование стоковых характеристик: бассейновый подход / Ю. А. Нестеров, Ч. Х. Нгуен, Е. А. Акулова // Эколого-географические исследования в речных бассейнах : материалы 4 всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 26-28 сентября 2014 г. – Воронеж : Воронежский государственный педагогический университет, 2014. – С. 93-98.
7. Нестеров Ю. А. Научно-исследовательская работа студентов и активизация учебного процесса / Ю. А. Нестеров // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2014. – № 4. – С. 127-133.
8. Новаковский Б. А. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей / Б. А. Новаковский, С. В. Прасолов, А. И. Прасолова. – Москва : Научный мир, 2003. – 64 с.
9. Практикум по информационным технологиям / С. А. Куролап [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2008. – 266 с.

Нестеров Юрий Анатольевич
кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, т. (473) 266-56-54, E-mail: nland58@mail.ru

Нгуен Чунг Хиеу
магистрант Российского университета дружбы народов, г. Москва, т. +7 9663881429, E-mail: hieugeo@mail.ru

Nesterov Yuriy Anatol`yevitch
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Chair of Geoecology and environment monitoring, Voronezh State University, Voronezh, tel. (473) 266-56-54, E-mail: nland58@mail.ru

Nguyen Chung Hieu
Master of the Peoples Friendship University of Russia, Moscow, tel. +7 9663881429, E-mail: hieugeo@mail.ru