Заключение. Масштабы космического пространства всегда казались неразгаданными и вызывали у учёных интерес к изучению. По мере развития наших знаний о вселенной, освоения космоса и проникновения человека в ближайшие окрестности солнечной системы и за её пределы будут появляться всё новые и новые тайны, требующие новых усилий в их разгадке. Гравитация всегда была и будет загадкой для изучения. И сколько бы ни было споров, в итоге это всё равно останется неразгаданным до тех пор, пока мы не исследуем весь космос на практике. Наука не стоит на месте, в нашу жизнь внедряются всё новые и новые технологии. Пройдёт десяток, а может несколько десятков лет, и мы всё-таки получим ответы на все наши вопросы.

Список цитируемых источников

1. *Ландау, Л. Е.* Теория поля / Л. Е. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под рук. Л. П. Пигаевского. — М. : Наука, 1986.
2. *Дикке, Р.* Гравитация и Вселенная / Р. Дикке. — М. : Мир, 1972.
3. Гравитация [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://oko-planet.su . — Дата доступа: 12.03.2017.
4. Иллюзия гравитации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://oko-planet.su . — Дата доступа: 12.03.2017.

УДК 519.1

Ю. В. Кохович, А. В. Горгун, Ю. П. Нерода
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ

Введение. В данной статье приведены примеры использования математических методов в задачах географического содержания. В силу доступности и полезности этого материала возможно его рассмотрение на аудиторных занятиях по высшей математике, а также на факультативных и внеурочных занятиях.

Математические методы уже давно и с успехом применяются в географии и геологии. Построение курса математики на факультетах нематематического профиля должно опираться на концепции профессиональной направленности преподавания математики. Студенты, изучающие высшую математику, должны интересоваться её приложениями к своей специальности, а курс лекций должен дополняться элементами математического моделирования некоторых геолого-географических процессов и явлений [1].

Основная часть. Приведем примеры, иллюстрирующие применение некоторых разделов высшей математики в решении задач профессиональной направленности.

***Применение алгебры и аналитической геометрии*:**

– аналитическая геометрия используется при описании строения земной коры, в частности, можно осуществлять аппроксимацию складок земной коры линиями первого и второго порядков;

– векторное и тензорное исчисления используются в целях пространственного описания тектонических движений, деформаций и напряжений в земной коре;

– векторная и матричная алгебра широко используются для решения задач кристаллографии;

– векторы применяются в климатологии при рассмотрении ветровых движений и в геоморфологии, где с их помощью оценивают влияние наклона долины на степень размыва речного русла;

– в задачах о возрастном составе населения и оценке миграции населения возможно использование матриц.

Пример. Рассмотрим ситуацию с четырьмя районами. Предположим, что матрица перераспределения в данном случае имеет вид:

$$\begin{bmatrix} 20 & 31 & 22 & 19 \\ 13 & 14 & 17 & 9 \\ 24 & 8 & 17 & 10 \\ 41 & 5 & 34 & 5 \end{bmatrix}.$$

Здесь цифра 20 в первом столбце первой строки означает число людей, переехавших в пределах района 1, а цифра 17 третьего столбца второй строки — количество населения, переехавшего из района 2 в район 4. Общее количество переехавших из некоторого района получаем суммированием всех чисел соответствующей строки, а количество приехавших в район — суммированием чисел соответствующего столбца. Так, из района 2 выехало 53 человека ($n_2 = 13 + 14 + 17 + 9$), а въехало в него 58 человек ($k_2 = 31 + 14 + 8 +5$). Аналогично $n_1 = 92$, $n_3 = 59$, $n_4 = 85$, $k_1 = 98$, $k_3 = 90$, $k_4 = 43$. Количество всех переехавших в течение исследуемого промежутка времени $M = 289$, что несложно получить, просуммировав все элементы матрицы перераспределения либо все n_i, либо все k_j.

Применение математического анализа. К понятию функции приводит изучение разнообразных явлений в окружающем мире: каждому моменту времени в данной местности соответствует определенная температура воздуха; атмосферное давление изменяется в зависимости от высоты местности; продуктивность водоема зависит от продолжительности солнечного освещения, морские приливы и отливы периодически повторяются в зависимости от фазы Луны и т. д. Во всех этих случаях значению одной величины ставится в соответствие определенное значение другой величины по определенному закону. Основные способы задания функции: аналитический, табличный и графический.

Пример линейной зависимости. Рыхлые грунты в свежих выемках или насыпях располагаются под углом естественного откоса на склонах терриконов. Зная угол естественного откоса, под которым располагается рыхлый материал, нетрудно определить высоту любой точки выемки или насыпи относительно подошвы.

Примеры нелинейных функций. Функция $y = a + bt^{-0,5}$ связывает скорость инфильтрации воды в почву со временем t. Возможность применения этой функции к конкретной ситуации зависит от минимальной скорости a, с какой вода просачивается в почву до состояния ее полного насыщения. Эта минимальная скорость зависит, в свою очередь, от типа почвы. Постоянная b характеризует степень влажности почвы.

Похожие по виду уравнения можно найти в некоторых областях гидрометеорологии. Например, для большинства конвективных ливней общее пространственное распределение интенсивности дождя относительно центрального максимума характеризуется тем, что интенсивность падает в радиальном направлении от центра ливня [2].

Применение интегрирования. Природные объекты, в отличие от технических, имеют, как правило, сложные формы. В связи с этим необходим расчет площади неправильной формы. Здесь применяют интегрирование, т. е. деление общей площади на составные части, приближающиеся к строгим геометрическим формам, к которым можно применить законы математики. Интегрирование также применяется и при вычислении объёмов, площадей поверхностей, центров тяжести и др.

Пример. Найти общее количество воды, проникшей в грунт за период времени 0,1—0,5 часа, если скорость инфильтрации изменяется по закону $y = 15 + 5t^{-0,5}$.

Решение. Искомое количество воды $Q = \int\limits_{0,1}^{0,5}(15 + 5t^{-0,5})dt \approx 9,91.$

Применение дифференциальных уравнений. Изменение природных процессов во времени может быть выражено с помощью математического аппарата в виде дифференциальных уравнений. Особенно часто они используются, когда не удаётся установить непосредственную связь между переменными величинами и описать поведение системы в целом. Поэтому обычно выделяется часть системы и рассматривается её динамика в течение бесконечно малого промежутка времени, а также определяются зависимости, описывающие элементарный процесс. При этом оперируют бесконечно малыми величинами и их отношениями, поэтому полученные зависимости будут включать переменные величины, их дифференциалы и производные, т. е. дифференциальные уравнения. Затем используется операция интегрирования: изучение тепловых потоков от пласта к окружающим породам и задачи движения газа в пористой среде решаются через дифференциальные уравнения; задача о траектории полета стаи; задача об истощении ресурсов планеты; задача о росте дерева.

Пример. В настоящее время для обеспечения пищей одного человека необходима площадь 0,1 га. Всего на Земле 4 000 млн га пахотной земли. Поэтому население должно быть, если не учитывать появления новых источников пищи, ограничено количеством в 40 000 млн человек. Найти время достижения критического уровня народонаселения.

Решение. Простейшую модель роста населения можно построить, предположив, что скорость его прироста пропорциональна количеству, т. е. $\frac{dP}{dt} = kP$. Здесь $P = P(t)$ — количество населения в данный момент времени t. Проинтегрировав каждую часть по своей неизвестной, получим $\ln P = kt + \ln C$, или $P = Ce^{kt}$. Считая, что в начальный момент времени $t = 0$ население насчитывало P_0 человек, находим $C = P_0$ и окончательно $P = P_0e^{kt}$. Определим коэффициент P_0 и k данного закона, исходя из следующих данных: в 1980 году население составляло 4 458 млн человек, а в 1999 году — 6 000 млн человек, т. е. за 19 лет население Земли увеличилось на 1 542 млн человек. Отсюда получим, что $6\,000 = 4458e^{19k}$. Из этого равенства легко находим искомый коэффициент: $k = \frac{1}{19}\ln\frac{6\,000}{4\,458} \approx \frac{\ln 1,3459}{19} \approx 0,0156,$ т. е., взяв за начальный момент времени 1999 год, получим закон роста народонаселения Земли в виде $P = 6\,000e^{0,0156t}$.

Подставляя в левую часть критический уровень численности населения 40 000 млн человек, находим $t = \frac{1}{0,0156}\ln\frac{40\,000}{6\,000} \approx \frac{\ln 6,6667}{0,0156} \approx 121,6.$

Из этого можно сделать вывод о том, что если не изменится ситуация с приростом населения и источником пищевых ресурсов, то планета истощит свои возможности уже к 2121 году.

Применение математической статистики. В процессе математизации географии большое применение получила математическая статистика. Традиционные географические описания при стандартизации легко сводятся в таблицы, а полученный обширный материал легко «свертывается» с помощью статистического анализа [3].

Заключение. Рассмотрение различных задач географического содержания повышает интерес студентов к изучению высшей математики. Такие задачи обладают и психологическим фактором, так как убедительно показывают студентам, насколько важна математика для изучения географии, и настраивают их на серьезное отношение к ее изучению.

Список цитируемых источников

1. Высшая математика. Примеры и задачи [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://diss.seluk.ru/m-informatika/1081498-1-mateyko-plaschinskiy-visshaya-matematika-primeri-zadachi-uchebno-metodicheskoe-posobie-dlya-studentov-geograficheskogo-fakulteta-sp.php/ . — Дата доступа: 10.03.2017.

2. Межпредметные связи географии с другими науками [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://fb.ru/article /197216/mejpredmetnyie-svyazi-geografii-s-drugimi-naukami-svyaz-geografii-s-fizikoy-himiey-matematikoy-biologiey-ekologiey/ . — Дата доступа: 10.03.2017.

3. *Волчек, А. А.* Математические методы в природообустройстве / А. А. Волчек. — Минск : Изд. центр БГУ, 2003. — 340 с.

УДК 550.367

Ю. В. Кохович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛИ

Введение. Изучение тепловых процессов, протекающих в Земле, — один из самых умозрительных разделов в геофизики. Объясняется это тем, что данные о наблюдаемом на поверхности тепловом потоке и температуре в недрах Земли можно интерпретировать различными способами. Источниками тепловой энергии Земли являются тепло приливного трения, аккреционное тепло, радиогенное тепло.

Основная часть. Тепло приливного трения выделяется при гравитационном взаимодействии Земли в первую очередь с Луной как ближайшим крупным космическим телом. Благодаря взаимному гравитационному притяжению в их телах возникают приливные деформации — вздутия или горбы. Приливные горбы планет своим дополнительным притяжением оказывают влияние на их движение. Так, притяжение обоих приливных горбов Земли создаёт пару сил, действующих как на саму Землю, так и на Луну.

Однако влияние ближнего, обращённого к Луне вздутия несколько сильнее, чем дальнего. Это объясняется тем, что угловая скорость вращения современной Земли ($7{,}27 \cdot 10^{-5}\text{с}^{-1}$) превышает орбитальную скорость движения Луны, а вещество планет не является идеально упругим, то приливные горбы Земли как бы увлекаются её вращением вперед и заметно опережают движение Луны. Это приводит к тому, что максимальные приливы Земли всегда наступают на её поверхности несколько позже момента кульминации Луны, а на Землю и Луну действует дополнительный момент сил [2].

Абсолютные значения сил приливного взаимодействия в системе Земля—Луна сейчас относительно невелики, а обусловливаемые ими приливные деформации литосферы могут достигать лишь нескольких десятков сантиметров, но они приводят к постепенному торможению вращения Земли и, наоборот, к ускорению орбитального движения Луны, а также к её удалению от Земли. Кинетическая энергия движения земных приливных горбов переходит в тепловую энергию вследствие внутреннего трения вещества в приливных горбах. Доля приливной энергии, вызванной взаимодействием Земли с Луной и рассеиваемой в твёрдой Земле (в первую очередь в астеносфере), не превышает 2% полной тепловой энергии, генерируемой в её недрах, а доля солнечных приливов не превышает 20% от воздействия лунных приливов.

Поэтому твёрдые приливы не играют теперь практически никакой роли в питании тектонических процессов энергией, но в отдельных случаях могут выступать в качестве «спусковых механизмов», например, землетрясений [1].

Анализ современных источников научной литературы показывает, что вне зависимости от представлений об образовании Луны практически все исследователи признают, что на ранних стадиях развития Земли расстояние до Луны было существенно меньше современного, в процессе же планетного развития, по мнению большинства учёных, оно постепенно увеличивается, а по Ю. Н. Авсюку, это расстояние испытывает долгопериодические изменения в виде циклов «прихода-ухода» Луны [2].

Отсюда исходит, что в прошлые геологические эпохи роль приливного тепла в общем тепловом балансе Земли была более значительной. В целом за всё время развития Земли в ней выделилось $3{,}3 \cdot 10^{37}$эрг ($3{,}3 \cdot 10^{30}$ Дж) энергии приливного тепла (это при условии последовательного удаления Луны от Земли). Более половины