

**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. Междисциплинарные связи географии с другими науками [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fb.ru/article/197216/mejzpredmetnyie-svyazi-geografii-s-drugimi-naukami-svyaz-geografii-s-fizikoym-himiyematematikoy-biologiyekologiyey/> . — 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 ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛИ

**Введение.** Изучение тепловых процессов, протекающих в Земле, — один из самых умозрительных разделов в геофизике. 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 обуславливаемые 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

общей величины приливной энергии выделилось в катархее (гадее) 4,6—4,0 млрд лет назад, и в это время только за счёт этой энергии Земля дополнительно могла прогреться на ~500°C. Начиная с позднего архея лунные приливы вносили лишь ничтожно малое влияние в развитие энергоёмких эндогенных процессов [1].

Аккреционное тепло — это тепло, сохранённое Землёй с момента её формирования. В процессе аккреции, которая продолжалась в течение нескольких десятков миллионов лет, благодаря соударению Земля испытала существенный разогрев. При этом по поводу величины этого разогрева нет единого мнения. В настоящее время исследователи склоняются к тому, что в процессе аккреции Земля испытала если не полное, то значительное частичное плавление, что привело к начальной дифференциации.

Ещё до 1990-х годов практически общепризнанной считалась модель относительно холодной первичной Земли, которая постепенно разогревалась за счёт процессов, сопровождавшихся выделением значительного количества тепловой энергии.

Радиогенное тепло обусловлено распадом нестабильных изотопов. Более энергоёмкими, с периодом полураспада, равным возрасту Земли, являются изотопы  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Основной их объём сосредоточен в континентальной коре [3]. Современный уровень генерации радиогенного тепла:

– по американскому геофизику В. Вакье —  $1,14 \cdot 10^{20} \frac{\text{Эрг}}{\text{с}}$  ( $1,14 \cdot 10^{13}$  Вт) [1];

– по российским геофизикам О. Г. Сорохтину и С.А. Ушакову —  $1,26 \cdot 10^{20} \frac{\text{Эрг}}{\text{с}}$  ( $1,26 \cdot 10^{13}$  Вт) [3]. От величины современного теплового потока это составляет ~ 2 730%.

Из общей величины тепла радиоактивного распада  $1,14 \cdot 10^{20} \frac{\text{Эрг}}{\text{с}}$  ( $1,14 \cdot 10^{13}$  Вт) в земной коре выделяется  $0,91 \cdot 10^{20} \frac{\text{Эрг}}{\text{с}}$ , а в мантии —  $0,35 \cdot 10^{20}$ . Следовательно, доля мантийного радиогенного тепла не превышает 10% от суммарных современных теплопотерь Земли и не может являться основным источником энергии активных тектономагматических процессов, глубина зарождения которых может достигать 2 900 км; а радиогенное тепло, выделяющееся в коре, относительно быстро теряется через земную поверхность и практически не участвует в разогреве глубинных недр планеты. В прошлые геологические эпохи величина радиогенного тепла, выделяемого в мантии, должна была быть более высокой. Её оценки на момент образования Земли (4,6 млрд лет назад) дают  $6,95 \cdot 10^{20} \frac{\text{Эрг}}{\text{с}}$ . С этого времени происходит неуклонное снижение скорости выделения радиогенной энергии.

**Заключение.** Величина приливной энергии прямо связана с расстоянием между космическими объектами. И если для расстояния между Землёй и Солнцем не предполагается каких-либо существенных изменений в геологическом масштабе времени, то в системе Земля—Луна этот параметр является переменной величиной. Однако изучение теплового режима весьма важно, поскольку потеря тепловой энергии Земли может быть прямо или косвенно причиной большей части тектонических и магматических процессов. Земля постепенно теряет тепло, отдавая его в мировое пространство. За один только век она расходует столько тепла, сколько его могут дать, если их сжечь, все мировые запасы нефти, угля, леса и других видов топлива. Следует заметить, что горячие воды и пары во многих случаях содержат ценные вещества. Поэтому крайне желательно использовать новый источник энергии не только для электрификации и теплофикации, но и для извлечения химического сырья.

Проблема использования тепловой энергии Земли имеет большое значение для нашего государства. Научиться применять ее в интересах развития экономики и культуры — задача большая и благородная. В первую очередь эта задача должна быть решена применительно к наиболее благоприятным условиям [2].

#### Список цитируемых источников

1. *Магницкий, В. А.* Общая геофизика : учеб. пособие / В. А. Магницкий. — М. : МГУ, 1995.
2. Источники энергии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://zilant.kpfu.ru/kek/geotektonika/3\\_1.php](http://zilant.kpfu.ru/kek/geotektonika/3_1.php) . — Дата доступа: 12.03.2017.
3. Справочник по геохимии / Г. В. Войткевич [и др.]. — М. : Недра, 1990. — 480 с.

УДК 532.6

А. Л. Полюх, Г. В. Качкар

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

## УПРАВЛЯЕМОЕ ДВИЖЕНИЕ КАПЛИ ЖИДКОСТИ НА ТВЁРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Введение.** В последние годы активно изучаются разнообразные способы воздействия на вещество на микро- и наноуровне, в том числе для управляемого перемещения микрообъектов. Одним из вариантов такого воздействия может быть изменение межмолекулярных сил взаимодействия микрочастиц между собой, с жидкостью или поверхностью, на которой они находятся.