

Численное моделирование наката длинных волн¹

Бернацкий Антон Владимирович²

студент

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, физический факультет,
Москва, Россия
dfgtopol@rambler.ru

При распространении волны цунами в открытом океане амплитуда её много меньше глубины, что обеспечивает возможность применения линейной теории. Однако при применении решений таких задач к моделированию реальных природных волн возникают существенные трудности, связанные с постановкой граничных условий вблизи береговой линии. В прибрежной области амплитуда волны соизмерима с глубиной бассейна, что делает линейную теорию неприменимой. Дополнительные сложности создаёт подвижность линии уреза воды. Разрешение связанных с этим затруднений суть решение проблемы наката длинных волн на берег. Анализу проблемы наката цунами на берег посвящено довольно много публикаций, однако от разрешения она ещё довольно далека.

В рамках данной работы создана численная модель, предназначенная для проведения исследований проблемы наката, направленных на создание граничных условий для моделей распространения, использующих конечно-разностные схемы. Модель построена на основе одномерных нелинейных уравнений мелкой воды. Динамическое уравнение дополнено членом, учитывающим донное трение. Уравнения решаются на сетке с постоянным шагом по пространству в вычислительной области с переменным числом узлов. На границе области, обращённой к морю, ставятся условия свободного прохода. На линии уреза воды используются граничные условия, получаемые непосредственно из законов сохранения массы и импульса. В расчетах используется явная конечно-разностная схема, в результате чего для обеспечения устойчивости схемы в динамическое уравнение оказывается необходимым ввести искусственную вязкость. Значение коэффициента искусственной вязкости выбирается таким, чтобы её влияние на основной динамический процесс было пренебрежимо малым. Результаты численных расчетов сопоставляются с данными известных лабораторных экспериментов и с аналитическими решениями.

Литература:

1. Carrier G.F., Greenspan H.P. (1958), Water waves of finite amplitude on a sloping beach. J.Fluid Mech. V. 4. P. 97 – 109
2. Левин Б.В., Носов М.А. Физика цунами и родственных явлений в океане. М.: «Янус-К», 2005. 360 с.
3. Пелиновский Е.Н. Гидродинамика волн цунами. ИПФ РАН. Нижний Новгород, 1996. 276 с.
4. Федотова З.И., Чубаров Л.Б. Численное моделирование наката цунами. Proceedings of International Conference RDAMM-2001, Vol. 6, Pt. 2, Special Issue

¹ Тезисы доклады основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта РФФИ № 07-05-00414

² Автор выражает признательность профессору, д.ф.м.н. Носову М.А. за помощь в подготовке тезисов

Взаимозависимость частоты тропических циклонов и солнечной активности

Волочай Марина Александровна
аспирантка

Ставропольский государственный университет, Ставрополь, Россия

E-mail: vol.marina@mail.ru

Частота ураганов непостоянна, их активность то затухает, то повышается. Как и другие погодные явления, ураганы могут инициироваться Солнцем. Известен 11-летний цикл, характеризуемый числом темных пятен на диске Солнца (числа Вольфа W) и показывающий изменение солнечной активности во времени.

Мы выявили зависимость ураганов в Северной Атлантике от солнечной активности, что можно увидеть, сравнивая временные последовательности ураганов и среднегодовые числа Вольфа W (рис. 1), воспроизведенные по архивным данным (1611 – 1850), отдельным наблюдениям (1750 – 1850) и непрерывному мониторингу Солнца (1850 – 2000) [1, 2].

Там, где амплитуда циклов W была больше, возрастал и темп ураганов. Среднегодовые числа главных ураганов прошлого века составляли: $n = 1,4 \pm 0,3$ (1900 – 1925); $n = 2,7 \pm 0,3$ (1930 – 1965); $n = 1,6 \pm 0,3$ (1970 – 1990). Максимальные амплитуды чисел Вольфа для тех же временных дат были $W_{\max} = 105, 201$ и 164 – корреляция видна, хотя из-за статистических ошибок не очень значима.

Лучшая корреляция солнечной активности и числа ураганов наблюдается при сдвиге последовательности ураганов примерно на 20 лет. «Холодные» земные процессы как бы запаздывают относительно «горячих» солнечных. То, что солнечная активность ответственна за изменение темпа ураганов, отчетливо видно по одновременному возрастанию темпа ураганов и их числа в последнее десятилетие (1996 – 2005) по сравнению с предыдущими циклами.

По анализу собранных нами данных об амплитуде циклов чисел Вольфа – W и количеству возникших тропических циклонов за 30-летний период в Атлантике была выявлена между ними следующая зависимость, представленная на графике[3]:



График 1 – Зависимость количества возникших тропических циклонов от максимальных значений чисел Вольфа

Литература

1. Витинский Ю.И. Прогноз главных параметров 23-го цикла солнечных пятен. //Солнечные данные. Статьи и сообщения 1995-1996. – СПб., 1997;
2. Analysis Archive – http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html;
3. <http://www.meteoinfo.ru/news/19>.

Сравнительный обзор моделей магнитного поля Земли

Дмитриева Алина Владимировна, аспирант

Ульяновский государственный университет, филиал в г. Димитровграде

E-mail: aldw@mail.ru

На данный момент времени существует несколько моделей, описывающих магнитосферу Земли. Все эти модели носят полуэмпирический характер и основаны на данных наблюдений за магнитным полем Земли, полученных как искусственными спутниками Земли, так и наземными обсерваториями. Очевидно, что самая полная модель магнитосферы Земли должна включать в себя составляющие, учитывающие генерацию магнитного поля различными источниками: внутриземными источниками (электрические токи внутри и на поверхности Земли), поле магнитосферных токов, внешнее межпланетное магнитное поле. Учесть все эти слагаемые в рамках одной модели оказывается достаточно сложным, в связи с чем был проведен анализ существующих моделей и их сравнение.

В России действуют ГОСТы по расчету индукции магнитного поля в магнитосфере Земли: ГОСТ 25645.126–85 представляет собой модель магнитного поля внутриземных источников (учитываются только токи в ядре Земли), ГОСТ 25645.127–85 представляет собой модель магнитосферных токов, и отражает сжатие магнитосферы из-за взаимодействия с солнечным ветром.

World Magnetic Model (WMM2005) – фактически является аналогом ГОСТ 25645.126–85, только разложение по сферическим гармоникам в ней выполнено до 12 порядка. Существующие расширения модели: Enhanced Magnetic Model (EMM) и Potsdam Magnetic Model of the Earth (ПОММЕ4) фактически только уточняют порядок разложения по сферическим гармоникам до 720 порядка. Модель EMM учитывает уже скорость изменения амплитуд гармоник до 16 порядка, а модель ПОММЕ4 помимо скорости учитывает еще и ускорения для амплитуд гармоник. Очевидно, что область применимости данных моделей – только околоземное пространство (до 1000 км. над поверхностью Земли), т.к. они не учитывают влияния токов в магнитосфере.

Влияние магнитосферных токов на магнитосферу Земли учитывают ГОСТ 25645.127–85 и модели Цыганенко (Т96, Т02). Данные модели основаны на эмпирических данных и фактически представляют собой функции, аппроксимирующие значения компонент магнитного поля в солнечно-магнитосферных координатах.

Данная работа посвящена сравнительному анализу указанных моделей.

Литература

1. Магнитосфера Земли. Модель магнитного поля магнитосферных токов. ГОСТ 25645.127-85.
2. Поле геомагнитное. Модель поля внутриземных источников. ГОСТ 25645.126-85
3. N. A. Tsyganenko. A model of the near magnetosphere with a dawn-dusk asymmetry JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 2002, VOL. 107, № A8,
4. The World Magnetic Model //www.ngdc.noaa.gov/seg/WMM/DoDWMM.shtml. 20.12.2008.
5. POMME 4, Potsdam Magnetic Model of the Earth. //geomag.org/models/pomme4.html. 20.12.2008.
6. Прист Э., Форбс Т. Магнитное пересоединение: магнитогидродинамическая теория и приложения / Пер. с англ. под ред. В.Д.Кузнецова, А.Г.Франк. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, 592 с.

**Эволюция циркуляционного стратифицированного течения,
индуцированного ветром
Долгополов Ю. М.**

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: sea251@phys.msu.ru

В динамике стратифицированных водоёмов важную роль играют течения, вызванные влиянием ветра. Эти течения относятся к классу стратифицированных потоков, устойчивость и во многом динамика которых определяются разностью плотностей вод в толще течения и в окружающей его водной среде. Потоки такого типа при скорости ветра до 11 м/с исследовались с участием автора в Петрозаводской губе Онежского озера в сентябре 2007 года. В данной работе представлены выявленные закономерности эволюции структур течений и переноса примесей.

Анализируются результаты суточной серии зондирований на линии максимальных глубин Петрозаводской губы перед выходом из неё в открытое озеро (глубина места – 26 м). Профили скорости течения по всей глубине регистрировались через каждые 10 мин с дискретностью по вертикали 0.5 – 1 м при одновременной регистрации с той же частотой температуры, электропроводности, мутности и удельного содержания растворенного кислорода на высоте 1 м над уровнем дна доплеровским профилографом RDСP600. Профилограф работал в режиме донной постановки на автономной буйковой станции. Параллельно измерялись профили тех же параметров зондами RСM 9 LW, СТD90M, кондуктометром и оксиметром «Эксперт» и отдельным прозрачномером.

Структура течений определялась в основном сильными дрейфовыми потоками, обусловленными ветром со стороны открытого озера. Практически постоянно наблюдались максимумы скорости течения в приповерхностном и придонном слоях. По итогам проведенного анализа наиболее вероятный механизм появления такой структуры течения связан со следующим процессом. Возникавшая под влиянием ветра циркуляция вод вызывала их движение из открытой части губы к её вершине. Эти холодные воды, поступавшие из открытого озера, возвращались из верхней части губы вдоль левого (вниз по губе) защищённого от ветра берега. У подветренного берега температура поверхностных вод обычно несколько выше её значения для вод, поступивших из открытого озера. Поэтому воды, возвращавшиеся из верховьев губы, погружались под более лёгкие у левого берега и двигались по вдольбереговой ложбине в виде придонного стратифицированного потока. Вблизи выхода из губы это течение спускалось по склону в поперечном сечении от левого берега к правому на линию максимальных глубин и вновь попадало в начальную стадию циркуляции. Такая гипотеза, неплохо объясняющая полученные распределения скорости, согласуется с рельефом дна в губе, с распределениями температуры и концентрации растворённого в воде кислорода.

На высоте 1,5 м над уровнем дна была зарегистрирована вспышка концентрации взвеси почти в три раза. В это время скорость течения на данном уровне превышала минимальную размывающую скорость для грунтов типа пыль-ил.

Основные результаты 1. Выявлена циркуляция в Петрозаводской губе, вызванная усилением ветра и включающая приповерхностную и придонную части с одинаковыми направлениями течений. Предложена гипотеза о природе этого явления. 2. Обнаружен эффект размыва дна циркуляционным течением.

3. Получена связь скоростей дрейфового течения и ветра, содержащая минимум при скорости ветра около 8 м/с. Согласно результатам из публикаций по дрейфовым течениям в озёрах, эта особенность связана с перераспределением энергии ветра на стадии обрушения волн.

Области наибольшего выделения энергии космических лучей в атмосфере

Кропотина Юлия Андреевна, Блинов Александр Всеволодович

студентка, профессор

Санкт-Петербургский государственный Политехнический Университет, физико-технический факультет, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: juliett.k@gmail.com

Одна из актуальных задач современной науки о Земле состоит в объяснении и предсказании изменений климата. Известно, что наблюдается корреляция изменения среднегодовой температуры Земли с солнечными циклами. Поэтому существует задача поиска механизмов, способных объяснить связь климата Земли с солнечной активностью. Одной из обсуждаемых гипотез является влияние Солнца на Землю через модуляцию интенсивности космических лучей (КЛ) (заряженных частиц, приходящих из Галактики). Проникая в атмосферу, КЛ взаимодействуют с молекулами воздуха и образуют каскад вторичных частиц. Высказывается мнение, что ионизация атмосферы под действием КЛ может оказывать влияние на образование облаков.

Важно знать, на какой высоте находится максимум выделения энергии КЛ, чтобы определить, могут ли там образовываться облака, и к какому типу они относятся. Вследствие отклонения заряженных частиц магнитным полем Земли возникает широтная зависимость потока КЛ. Важно определить в каких зонах атмосферы и насколько изменяется выделение энергии КЛ в зависимости от фазы солнечного цикла. Это позволит уточнить объекты анализа метеорологических данных.

Данная работа посвящена решению проблемы локализации основного ионизационного эффекта КЛ. Для этого был использован программный пакет для расчета прохождения каскада частиц высокой энергии через вещество **Geant** (версия 4.8.0) и с его помощью создана математическая модель прохождения КЛ через атмосферу Земли.

Результатом работы является зависимость выделения энергии КЛ от высоты и геомагнитной широты для периодов солнечного минимума и максимума, позволяющая определить области, соответствующие максимальному эффекту солнечной модуляции потока КЛ. Также в работе осуществляется переход от геомагнитных координат к географическим, и найденные области отмечаются на географической карте для совместного анализа наших результатов с метеорологическими данными.

Оказывается, что наибольшее влияние КЛ возможно на геомагнитных широтах 55-75° с максимумом вблизи 65°. Для этих широт толща, где разница потерь энергии максимальна, составляет 70-80 г·см⁻², что соответствует высоте около 20км. На этой высоте облака уже почти не образуются. Однако, если считать существенной разницу энергопотерь, составляющую не менее 10% от максимальной на данной широте, области, которые следует принять во внимание, лежат на толще от 0 до 350 г·см⁻², то есть на высотах более 8 км. Если существует корреляция между солнечными циклами и облачностью, то это касается в первую очередь облаков, расположенных на высоте 8-10 км и выше в области $\lambda=65\pm 10^\circ$, где λ – геомагнитная широта.

Литература:

- 1) Brun, R., Caillat, M., Maire, M., Patrick, G.N. and Urban, L. GEANT3 User's Guide. European Report DD/EE/84-1. CERN, 1987.
- 2) Foukal P., Frohlich C., Spruit H., Wigley T. M. L. Variations in solar luminosity and their effect on the Earth's climate // Nature. V. 443. P. 161-166. 2006.
- 3) Marsh N., Svensmark H. Solar influence on the Earth's climate // Space Sci. Rev. V. 107. № 1. P. 317-325. 2003.

- 4) Masarik J., Beer J. Simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in the Earth's atmosphere // *J. Geophys. Res.* V. 104. No D10. P. 12099-12111. 1999.
- 5) Seinfeld J. H. Clouds, contrails and climate // *Nature*. V. 391. P. 837-838. 1998.
- 6) Tanaka H.K.M. Cosmogenic ion production rate in the high-middle-low altitude troposphere and its influence on the terrestrial cloud properties // *J. Atmospheric Solar-Terrestrial Physics*. V. 67. P. 1544-1558. 2006.
- 7) Usoskin I.G., Alanko-Huotari K., Kovaltov G.A. Mursula K. Heliospheric Modulation of cosmic rays: Monthly reconstruction for 1951-2004 // *J. Geophys. Res.* V. 110.A12108. P. 1-10. 2005.
- 8) Usoskin I.G., Gladysheva O.G., Kovaltsov G.A. Cosmic ray-induced ionization in the atmosphere: spatial and temporal changes // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* V. 66. P. 1791-1796. 2004.

Сопоставление профилей скорости ветра и температуры в городском пограничном слое

Курбатов Г.А., Юшков Е.В.

сотрудник, студент

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail gavriy@mail333.com

На физическом факультете МГУ в течение нескольких лет проводятся наблюдения за изменчивостью ветра в городском атмосферном пограничном слое (АПС) методом акустического зондирования. Наблюдения проводятся с помощью моностатического доплеровского акустического локатора ЛАТАН-3, разработанного в ИФА РАН [1]. Рост скорости ветра с высотой зависит от типа стратификации (устойчивости) атмосферы. Температурную стратификацию атмосферы можно косвенно оценить по интенсивности сигнала обратного рассеяния.

Стратификацию атмосферного пограничного слоя можно в целом разделить на 3 типа: устойчивая, характеризующаяся наличием слоя с инверсионным распределением температуры (проявляется в основном в ночные часы), неустойчивая, характеризующаяся хорошо развитыми конвективными течениями (проявляется как правило в часы дневного прогрева) и нейтральная, характеризующаяся изотермической структурой (проявляется в основном в вечерние и утренние часы). Для анализа в данной работе были выбраны интервалы с устойчивой стратификацией.

В работе представлены результаты измерений на физическом факультете МГУ вертикального профиля температуры с помощью СВЧ температурного профилера МТП-5 [3] и сопоставления их с профилями скорости ветра по данным акустического зондирования в АПС. Приведены временные ходы температуры на различных высотах, распределение градиентов температуры и средние профили температуры. Проведено сравнение высот слоя отражения по данным акустического зондирования и градиент температуры в приземном слое АПС. Сопоставлены вертикальные профили температуры и скорости ветра. Отмечены особенности профиля ветра при различных подтипах устойчивой стратификации АПС.

Проведение исследований поддержано грантом РФФИ 07-05-13610

Литература

1. Юшков В.П., Каллистратова М.А., Караваева Е.В., Кузнецов Р.Д., Курбатов Г.А., Перепелкин В.Г., Тарасова О.А., Шурыгин Е.А. Измерение поля ветра над городом методом акустического зондирования. Вестник МГУ, 2003, Сер. 3, № 5, 47-52.
2. Кузнецов Р.Д. Акустический локатор ЛАТАН-3 для исследований атмосферного пограничного слоя. *Оптика атмосферы и океана*, 2007, 20, № 8.
3. Кадыгров Е.Н., Кузнецова И.Н., Голицын Г.С. Остров тепла в пограничном слое атмосферы над большим городом: новые результаты на основе дистанционных данных. Доклады Академии Наук, 2002, том 385, № 4, с.541-548.

Сопоставление Модели Глобальной Ассимиляции Ионосферных Измерений (GAIM) с результатами лучевой радиотомографии в районе Аляски

Леонтьева Елена Александровна

аспирантка

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,

leon-03@bk.ru

Для исследования динамики и структурных особенностей ионосферной плазмы на протяжении последних 15 лет успешно применяется спутниковая радиотомография (РТ) [1-2]. С другой стороны, для получения необходимой или недостающей информации об ионосфере многие научные группы используют непрерывно развивающуюся модель Глобальной Ассимиляции Ионосферных Измерений GAIM (Global Assimilation of Ionospheric Measurements), поэтому задача сопоставления модельных данных с РТ-реконструкциями ионосферы, представляет особый интерес для многих радиофизических и геофизических приложений. Данные модели GAIM представляют собой 4D распределения (три пространственные координаты и время) электронной концентрации. Модель GAIM использует в качестве основы для ассимиляции различного вида измерений физическую модель ионосферы IFM (Ionospheric Forecast Model) и фильтр Кальмана [3-6].

В данной работе проведен сравнительный анализ модельных данных с экспериментальными РТ-сечениями ионосферы над Аляской с 26 октября по 1 ноября 2003 года. Исследуемый период интересен тем, что магнитные бури 29-31 октября 2003г. относятся к классу исключительно больших ($K_p=9$). Кроме того, подобных систематических исследований ранее не проводилось. Целью сопоставления было выяснить применимость исследуемых моделей для прогнозирования состояния ионосферы в периоды низкой и экстремально высокой геомагнитной возмущенности.

Результаты исследований показали, что наблюдаемое методом радиотомографии поведение ионосферы в спокойных и слабо возмущенных геомагнитных условиях адекватно описывается моделью глобальной ассимиляции GAIM и неудовлетворительно физической моделью IFM (значения модели IFM, как правило, завышены). Погрешности данных модели GAIM относительно РТ-сечений варьируются от 8% до 40%, для модели IFM - от 15% до 100%. Исследования показали, что в период сильнейшей магнитной бури ($K_p = 9$) модель GAIM, в отличие от IFM, удовлетворительно описывает уровень и область максимума электронной концентрации, однако не воспроизводит квазиволновые, волновые, «стеночные» структуры, провалы ионизации, наблюдающиеся в РТ-сечениях. Таким образом, модели IFM и GAIM описывают усредненную сглаженную ионосферу. Проведено сопоставление критических частот (f_oF2), вычисленных по РТ-реконструкциям, по данным модели GAIM и по данным ионозонда в Гаконе. Работа выполнена при поддержке РФФИ (№07-05-01120).

Литература

1. Куницын В.Е, Терещенко Е.Д, Андреева Е.С. (2007) Радиотомография ионосферы. М.: Наука.
2. Kunitsyn V.E. and E.D.Tereshchenko. Ionospheric Tomography. Springer-Verlag. 2003.
3. Schunk R.W., Scherliess L., Sojka J.J., and Thompson D., Global Assimilation of Ionospheric Measurements (GAIM), Radio Science, 39, 2004.
4. Scherliess L., Schunk R.W., Sojka J.J., and Thompson D.C., Development of a Physics-Based Reduced State Kalman Filter for the Ionosphere, Radio Science, 39, 2004
5. Zhu L., Schunk R.W., Jee G., Scherliess L., Sojka J.J., and Thompson D.C., Validation study of the Ionospheric Forecasting Model (IFM) using TOPEX TEC Measurements, Radio Science, 2006.

6. <http://ccmc.gsfc.nasa.gov> (Community Coordinated Modeling Center)

Динамика вод и перенос примесей под влиянием стратифицированного течения и внутренних волн

Литвинов Е.А.

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: sea251@phys.msu.ru

Стратифицированные течения с термической, суспензионной и соленостной стратификацией, относятся к числу основных форм переноса растворенных и взвешенных примесей в водохранилищах, озерах и морях. Для прогноза распространения этих течений и распределений концентраций примесей необходимо проведение комплексных натурных и теоретических исследований структур термогидродинамических полей в стратифицированных потоках. В данной работе представлены результаты таких исследований, экспериментальная часть которых выполнялась в экспедиции физического факультета МГУ в сентябре 2007 г. на Онежском озере.

Цели работы: 1. Выявление механизмов развития течений в Петрозаводской губе и закономерностей воздействия этих потоков на перенос примесей. 2. Проверка методов математического моделирования стратифицированных потоков в губе глубокого озера.

Применявшийся комплекс аппаратуры включал следующие приборы. Зонд RCM 9 LW (Aanderaa Instruments) с датчиками для измерений распределений скорости течения, температуры, электропроводности, мутности и содержания растворенного кислорода. Фотоэлектрический прозрачномер, сконструированный на физическом факультете МГУ. Регистраторы концентрации кислорода и электропроводности воды фирмы «Эксперт». Зонд STD90M (Sea-Sun) позволявший измерять профили концентрации хлорофилла-а.

В верховьях губы зарегистрированы плотностное течение в придонном слое, промежуточная струя и приповерхностное течение. Все эти потоки направлены преимущественно от устья р. Шуя в сторону открытого озера. Придонное плотностное течение распространялось на 13 километров у дна практически по всей длине губы. На границе губы и открытого озера этот поток отрывался от дна, сливался с вышележащей промежуточной струей и уходил в открытое озеро в виде промежуточного течения над водами большей плотности как по жидкому грунту. Гидродинамическая устойчивость увеличивалась в области формирования придонного течения, а затем резко спадала на вертикали, соответствующей выбросам облаков мутности к открытой поверхности. Для выяснения природы появления облаков проведены оценки скорости их подъема двумя методами: 1) по скорости течения, длине участка и высоте подъема, 2) по стандарту вертикальной компоненты пульсаций скорости придонного течения. Эти оценки неплохо согласуются между собой. Сравнение продольного распределения скорости течения с полученным по математической модели, показало что: 1. теоретическое распределение пригодно для описания данного потока до его отрыва от дна, 2. методики расчёта толщины течения и его скорости в зоне перехода этого потока в струю нуждаются в дальнейшей разработке.

Основные результаты 1. Обнаружен придонный плотностной поток в Петрозаводской губе, прослежено его развитие и преобразования распределений параметров течения и состава воды. 2. Установлено, что течение обусловлено впадением вод р. Шуя и гравитационным потоком холодных вод, поступивших в губу из открытого озера в предшествующий период усиления ветра. 3. Измеренные распределения скорости течения согласуются с теоретическими, полученными по математической модели плотностного потока. 4. Установлено, что данное течение обеспечивало вынос примесей из губы в открытое озеро. 5. Обнаружены выбросы облаков мутности из придонного потока к открытой поверхности и предложена гипотеза о природе этого явления, связанной с боковой адвекцией взвеси и снижением устойчивости течения.

ВАРИАЦИИ ВСЕСТОРОННЕГО ДАВЛЕНИЯ В ОЧАГОВЫХ ЗОНАХ ПЕРЕД СИЛЬНЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Лукьянов Илья Владимирович

инженер

Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

E-mail: Lukyanov@bk.ru

В настоящее время, для прогноза землетрясений используются модели, основанные на применении косвенных предвестниковых аномалий. Под косвенными предвестниками следует понимать величины, не являющиеся параметрами нагружения среды, но опосредованно связанными с процессом разрушения горных пород. К таким параметрам относятся, например, электропроводность и скорость сейсмостектонических деформаций.

Данная работа предлагает строить прогноз сильных землетрясений, в рамках модели хрупкого разрушения среды, на основе анализа эволюции прямых предвестников, а именно параметров напряженного состояния.

Фактически, разрушение горных пород будет определяться величиной внутреннего сцепления τ_c и сопротивлением, создаваемым силами трения $k_c p^*$. Наблюдение за эволюцией уровня касательных напряжений, с целью прогноза сильных землетрясений, и составляет основную задачу настоящего исследования.

Выражение, определяющее зависимость максимальных касательных напряжений от вида напряженного состояния, определяемого коэффициентом Лоде-Надаи μ_σ , имеет следующий вид [Ребецкий, 2007]

$$\tau = \frac{(\tau_c + k_c p^*)}{\operatorname{cosec} 2\alpha_c - k_c ((1 - \mu_\sigma) l_{1z}^2 - (1 + \mu_\sigma) l_{3z}^2 + \mu_\sigma)}$$

Где τ_c - сцепление горных пород, α_c - угол между нормалью к площадке, совпадающей с плоскостью внутреннего скола, и осью алгебраически максимального напряжения, p^* - эффективное напряжение, которое представляется как разность литологического напряжения и давления флюида. Таким образом. Оценка всестороннего давления может быть произведена по следующей формуле:

$$p^* = \rho g_z H + \tau ((1 - \mu_\sigma) l_{1z}^2 - (1 + \mu_\sigma) l_{3z}^2 + \frac{2}{3} \mu_\sigma)$$

В работе была проведена также проверка экспериментальных результатов [Byerlee, 1967] согласно которым, максимальные касательные напряжения связаны со всесторонним давлением линейной зависимостью.

Анализ эволюции уровня всестороннего давления был произведен по данным гарвардского каталога землетрясений, для очаговых зон сильнейших землетрясений 2000-07 гг. Для каждой очаговой зоны были построены зависимости всестороннего давления от времени и моментной магнитуды от времени. Анализ этих зависимостей позволяет говорить о том, что перед сильными землетрясениями значения всестороннего давления резко снижаются, что может быть использовано как прогностический признак.

Экспериментальная проверка результатов Байерли, для очаговых зон сильнейших землетрясений показало справедливость применения этих положений для геофизической среды.

Литература

1. Ребецкий Ю.Л. Напряженно – деформированное состояние и механические свойства природных массивов по данным о механизмах очагов землетрясений и структурно – кинематическим характеристикам трещин: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. М., ОИФЗ, 2003, 56с.

2. Byerlee J.D. Frictional Characteristics of granite under hidt confining pressure // J. Geoph. Res. 1967. V.72, N 14. P. 3639-3648

Самообращение термоостаточной намагниченности никеля.

Максимочкина Анастасия Валерьевна³

аспирантка

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Самообращением намагниченности называется намагничивание ферромагнитных материалов антипараллельно намагничивающему полю. Изучение эффекта самообращения намагниченности в магнитоупорядоченных веществах имеет большое значение с точки зрения понимания физики явления и получения информации об особенностях обменного взаимодействия между атомами в реальных кристаллах. Эффект самообращения интересен также для геофизики, так как он является альтернативным по отношению к инверсиям геомагнитного поля механизмом образования обратной намагниченности горных пород.

Известно, что при нагреве до точки Кюри и охлаждении образца ферромагнетика в поле меньшем, чем поле насыщения наблюдается магнитный гистерезис. Несовпадение кривых $I_H(T)$ при охлаждении и при нагреве обусловлено тем, что образуется дополнительная намагниченность, которая называется термоостаточной ($I_{гТ}$). В данной работе исследовалось явление самообращения термоостаточной намагниченности в поликристаллическом никеле, подвергнутом пластической деформации.

Эксперименты показали, что при нагреве никеля до $T=370^{\circ}\text{C}$ и его последующем охлаждении до комнатной температуры в слабом магнитном поле ($B < 1$ мТл) действительно наблюдается термомагнитный гистерезис, причем, кривая охлаждения $I_H(T)$ идет выше кривой нагрева за счет образования термоостаточной намагниченности, которая также образуется по направлению действующего магнитного поля. Если внешнее магнитное поле действует не во всем интервале температур при охлаждении образца, то образуется так называемая парциальная термоостаточная намагниченность ($I_{гТ}$).

Было обнаружено, что если внешнее магнитное поле действует на образец в температурном интервале $\Delta T = (365-355)^{\circ}\text{C}$, то при последующем охлаждении образца до $T = T_{\text{комн}}$ образуется остаточная намагниченность, направление которой противоположно направлению действовавшего магнитного поля (см. рис.1). Последующий нагрев образца в $H=0$ также показал обращение полученной парциальной термоостаточной намагниченности при $T > 350^{\circ}\text{C}$.

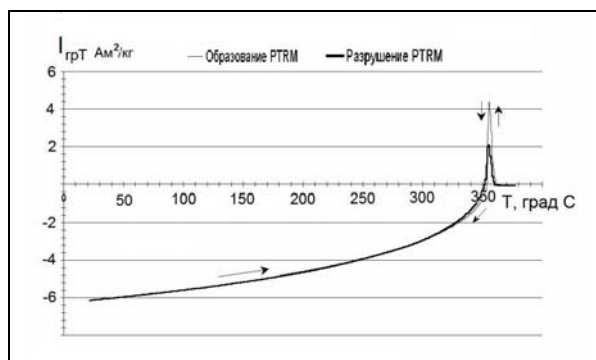


Рис 1. Образование PTRM в поле $B=0.1$ мТл в интервале $T=(365-355)^{\circ}\text{C}$

Было также установлено, что если в процессе охлаждения магнитное поле было включено при $T < 350^{\circ}\text{C}$, то образовывалась $I_{гТ}$ по направлению действовавшего поля, причем ее величина линейно зависит от поля в интервале $B=(0.05-0.7)$ мТл. При нагреве образцов в $H=0$ $I_{гТ}$ разрушалась только при достижении температуры $T=355^{\circ}\text{C}$ независимо от температурного интервала ее образования. Зависимость $I_{гТ}$, образованной в температурном интервале $\Delta T=(365-355)^{\circ}\text{C}$ от поля нелинейна, причем при увеличении поля

эффект самообращения термоостаточной намагниченности уменьшается и при $B > 0.35$ мТл в результате охлаждения образуется $I_{гТ}$, совпадающая с направлением магнитного поля.

Остается открытым вопрос о природе самообращения намагниченности в никеле. Возможно, наличие явления связано с возникновением слабой магнитной подрешетки образующейся в ферромагнетике в результате пластической деформации и появления дополнительно магнитоупругой энергии.

³ Автор выражает признательность профессору Трухину В.И. за помощь в подготовке тезисов.

Возможные источники свечения в УФ диапазоне под радиационными поясами Земли в районе экватора

Малышкин Ю.М.

студент

ННИЯФ им. Д.В. Скобельцына, Московский государственный университет E-mail: na3gul@mail.ru

В последних работах по исследованию свечения в ультрафиолетовом и видимом диапазонах на высотах низкоорбитальных космических аппаратов (~500 км) (Хренов Б.А. и др. по данным научно-образовательного спутника МГУ «Университетский- Татьяна»), вблизи геомагнитного экватора обнаружена полоса всплесков потоков гамма-квантов, происхождение которой пока достоверно не объяснено.

Ближнее ультрафиолетовое излучение (УФ) было обнаружено с помощью аппаратуры на борту спутника, который активно существовал в течение 2005-2006 гг. Высота орбиты была приблизительно круговой с высотой 950 км, наклонение 82°. Детектор был направлен в надир и имел поле зрения 15° (диаметр 250 км на уровне Земли). На входном окне детектора использовался фильтр УФС-1, который непрозрачен для длин волн более 400 нм. Аппаратура позволяла проводить измерения при изменении сигнала от минимальных значений интенсивности свечения ночной атмосферы (~10⁷ фотонов/(см² с ср)) до значений ~10¹³ фотонов/(см² с ср) рассеянного света на дневной стороне и при этом наблюдать слабые сигналы с высокой точностью.

Существует возможность, что эти гамма-кванты порождаются при ионизационных потерях в атмосфере какими-то заряженными частицами, которых достаточно много в этой приэкваториальной области. Однако, как известно, радиационные пояса Земли не простираются до области геомагнитного экватора на этих высотах. Одним из возможных источников этого свечения могут служить так называемые приэкваториальные протоны (Storm-time equatorial belt) с энергией от десятков кэВ до нескольких МэВ, которые наблюдаются в узкой приэкваториальной области L<1.15 и являются продуктом двойной перезарядки протонов радиационного пояса и кольцевого тока [1]. Другим возможным источником свечения могут служить спорадические всплески потока электронов, которые наблюдаются на L<1.2 [2]. Представляется интересной оценка числа гамма-квантов, которые эти протоны могут породить.

Для оценки потока гамма-квантов, которые порождаются приэкваториальными протонами или электронами была проведена оценка их пробега, после чего было рассчитано количество гамма-квантов, порождаемых одной частицей, и умножено на их энергетический спектр.

Заряженная частица при своем движении в атмосфере, как было отмечено, теряет энергию на ионизацию окружающих ее молекул. Ионизационные потери рассчитывались по формуле Бете-Блоха

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ion} = \frac{4\pi}{m_e c^2} \frac{nz^2 e^4}{\beta^2} \left(\ln\left(\frac{2m_e c^2 \beta^2}{I(1-\beta^2)}\right) - \beta^2 \right)$$

Для нахождения длины пробега частицы, т.е. пройденного пути до момента полной потери энергии на ионизацию, использовался численный метод Эйлера. Далее был оценен поток фотонов, рождающихся при ионизации от всех протонов и электронов при L<1.2 вблизи экватора. Энергетический спектр электронов показан на Рис. 1. Протоны вносят существенно меньший вклад в свечение и, в конечном счете, ими можно пренебречь.

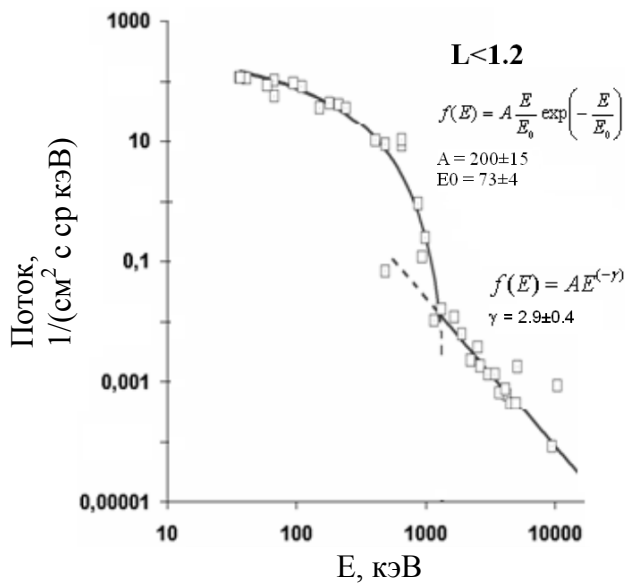


Рис. 1. Энергетический спектр электронов на $L < 1.2$

свечения, порожденного электронами (Рис. 2). На высоте порядка 50-60 км наблюдается максимум, объясняющийся тем, что низкоэнергичные частицы не долетают до меньших высот, что исключает их вклад в интегральный поток высвечиваемых фотонов.

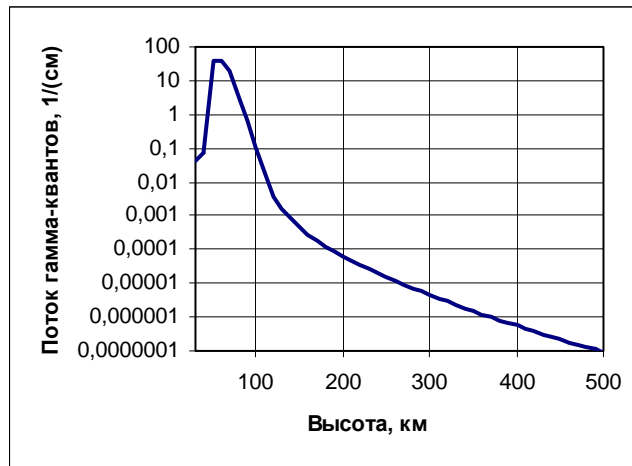


Рис. 2. Распределение интенсивности свечения на единицу длины от высоты.

Потоки протонов на $L < 1.15$ и электронов на $L < 1.2$ могут объяснить около 3% потока гамма-квантов, наблюдаемых в приэкваториальной области.

Литература.

1. Petrov A.N., Grigoryan O.R., Panasyuk M.I., Energy spectrum of proton flux near geomagnetic equator at low altitudes, Adv. Space Res., doi:10.1016/j.asr.2007.08.007.
2. Grigoryan O.R., Panasyuk M.I., Petrov V.L., Sheveleva V.N., Petrov A.N., Spectral characteristics of electron fluxes at $L < 2$ under the Radiation Belts, Adv. Space Res., doi:10.1016/j.asr.2007.12.009.

Число фотонов, которое протон успеет высветить на некоторой длине L , определяется формулой:

$$N_{\gamma} = 0.011(dE/dx)L$$

где 0.011 – доля энергии, которая уходит на флюоресценцию от протонов (коэффициент взят из расчетов для числа фотонов в широких атмосферных ливнях).

Число фотонов, которое высвечивается от электронов на $L < 1.2$ получилось равным $2.9 \cdot 10^7 / (\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср})$, а от протонов на $L < 1.15$ составил $3.1 \cdot 10^6 / (\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср})$. Однако, в эксперименте наблюдался поток фотонов порядка $10^9 / (\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср})$.

Кроме того, было рассчитано высотное распределение интенсивности

Процесс генерации уединенных волн в кольцевом аэрогидроканале.

Мочулин Павел Владимирович

ведущий инженер

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: mochulin@phys.msu.ru

Процесс формирования ветровых уединенных волн проходит следующие стадии: развитие капиллярных (длина волн λ до 0,2 см), гравитационно-капиллярных ($0,2 \text{ см} < \lambda < 20 \text{ см}$), гравитационных волн ($\lambda > 20 \text{ см}$), в том числе трохoidalных и кноидальных волн. Поэтому при исследовании уединенных волн необходимо учитывать влияние всех предыдущих этапов развития поверхностного волнения.

Известно, что кроме сейсмических волн цунами имеют место метеоцунами [1], то есть волны, возникающие под действием метеорологических факторов, в том числе ветра. Как правило, метеоцунами слабее наиболее мощных сейсмических цунами. Тем не менее, они также представляют серьезную опасность. При распространении волн цунами, в определенных условиях, когда нелинейность становится сопоставимой с дисперсией, возможно формирование уединенной волны. Для определения профиля таких волн может быть использована теория Кортевега - де Вриза. В этом случае уравнение КДВ [2] имеет два стационарных решения, соответствующих кноидальным и уединенным волнам.

Исследование ветровых уединенных волн в лабораторных условиях [3] является важным для понимания механизма развития метеоцунами, поскольку в природных условиях их наблюдение сопряжено с большими техническими трудностями.

Эксперименты проводились нами в кольцевом аэрогидроканале с помощью соответствующей аппаратуры регистрации волнения и видеосъемки.

Наиболее интересным и важным этапом является взаимодействие нескольких уединенных волн между собой, в результате чего формируется один единственный солитон. Параметры этого солитона зависят как от скорости ветра, так и от глубины жидкости. Нами показано, что при глубине жидкости в канале 10 см высота солитона составляла 6 см, его длина 40 см, а скорость распространения 1,4 м/с. Кроме того, на параметры солитона существенное влияние оказывают поверхностно-активные вещества и флотация на поверхности жидкости. Согласно полученным данным время формирования солитона в этих условиях увеличивается, его амплитуда уменьшается, а длина увеличивается. Особый интерес представляет зависимость параметров солитона от угла атаки ветра. По нашим данным с его увеличением время формирования солитона существенно возрастает.

При избыточной подаче энергии ветра в кольцевой канал, при определенных условиях вместо солитона может сформироваться ударная волна. На этом этапе происходит интенсивная диссипация энергии за счет турбулизации. Это конечная стадия развития ветрового волнения в аэрогидроканале.

Литература

1. А Пелиновский Е.Н. Гидродинамика волн цунами. ИПФ РАН, Ниж. Новгород, 1996г.
2. Левин Б.В. Носов М.А. Физика цунами и родственных явлений в океане. М: «Янус-К», 2005.
3. Korteweg D.J., de Vries G. "On the change of form of long waves advancing in a rectangular canal and on a new type of long stationary waves", Philos. magazine and J. of Scienc. 1895. V. 39. Ser. 5 p. 422—443.
4. Шелковников Н.К. Вынужденный солитон в жидкости // Письма в ЖЭТФ, 2005 г. том 82, вып. 10, с. 720-723

Геофизическая оценка устойчивости объектов оздоровительного комплекса в условиях карстовой опасности

Финогенов Сергей Александрович

старший преподаватель

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, Муром, Россия

E-mail: finiasm@mail.ru

В современных условиях часто возникает проблема вероятного воздействия карста на объекты жизнедеятельности человека, поэтому важное значение имеет детальное изучение развития карста при планировании строительства и эксплуатации данных объектов. Причем в некоторых случаях необходима геофизическая оценка устойчивости объектов в условиях карстовой опасности, исходя из того, что использование объектов на подобных территориях является экономически выгодным.

Объектом данного научно-практического исследования было выбрано Озеро Святое Дедовское, расположенное в Навашином районе Нижегородской области, которое является самым крупным озером карстового происхождения в регионе и играет немаловажную водоохранную роль, так как во время половодья в него впадают три ручья и вытекает река Исток, впадающая в реку Оку. На его берегах расположены базы отдыха промышленных предприятий Нижегородской и Владимирской областей [1]. Непосредственно, само исследование проводится на территории оздоровительного комплекса «Буревестник», принадлежащего МИ ВлГУ.

Для достижения поставленной задачи используется эквипотенциальный метод геомониторинга, принцип которого заключается в измерении временных вариаций удельного сопротивления поверхности Земли над местом их дислокации с использованием измерительных электродов, расположенных по касательной к эквипотенциальной линии создаваемого электрического поля [2]. Также необходимо отметить влияние температурного фактора, имеющего место при проведении работ на открытом воздухе. Поэтому, во избежание получения недостоверных результатов, принимается во внимание модифицированный метод геоэлектрического мониторинга, представленный в работе [3], где проанализирована возможность выделения температурных деформаций в геодинамических изменениях для исследуемых объектов.

Результаты исследования показывают, что относительная чувствительность предложенного эквипотенциального метода к геодинамике карстовой области является высокой и составляет $K = 1$ и $K = 0,7$ для продольной и поперечной составляющей смещения воронки. На основании данных можно сделать вывод о целесообразности его использования для геофизической оценки объектов оздоровительного комплекса. Он позволяет осуществить круговое зондирование и круговое профилирование при использовании многополюсной установки, что дает возможность разобраться в общих вопросах геологического строения района и определить наиболее опасные участки.

Литература

1. Баканина Ф.М., Воротников В.П., Лукина Е.В., Фридман Б.И. Озера Нижегородской области. – Нижний Новгород: Издание ВООП, 2001.
2. Волкова Е.Н., Камшилин А.Н., Кравченко В.Б. Способ измерения временных вариаций удельного сопротивления Земли: А.с. СССР №10484396, 1983.
3. Камшилин А.Н., Кузичкин О.Р., Калинкина Н.Е., Финогенов С.А. Метод обработки данных геоэлектрического мониторинга с учетом температурного фактора. В сб. «Методы и устройства передачи и обработки информации». Вып.4 / Под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. С. 147-153