

na niebiesko powoduje w przyjętej kombinacji, że wody są niebieskie, a lasy zielone. Zakres 5 wyświetlony na zielono jednocześnie z wyświetlonym na czerwono zakresem 7 pokazują zabudowania kolorem różowym.

5. Wnioski

Przeprowadzona ocena zdjęć satelitarnych pod kątem ich przydatności w prezentacji walorów przyrodniczych tak obszernego regionu, jakim jest Puszcza Białowieska, wskazała na zdjęcia satelitarne Landsat 7 ETM, jako podstawę opracowania mapy obrazowej. Przeprowadzone modelowanie kompozycji barwnego obrazu mapy i połączenie go z danymi podkładowymi i tematycznymi zwiększyło jego wartość informacyjną. Zakres treści tematycznej mapy obrazowej to przede wszystkim: parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerваты, obszary krajobrazu chronionego, pomniki przyrody, obszary leśne o bogatej faunie i florze, zespoły parkowe. Wynikiem prac jest mapa obrazowa obszaru transgranicznego w skali 1:150 000.

Rola zdjęć satelitarnych jako źródła informacji dla map tematycznych jest obecnie niekwestionowana. W wyniku wizualnej interpretacji i przetwarzania zdjęć można uwypuklić żadaną treść tematyczną. Odpowiednio modelowane zdjęcia mogą być często same uznane za mapy tematyczne, a dodatkowo wzbogacone o treść kreskową i informacyjną stanowią doskonały produkt dla prezentacji walorów przyrodniczych i kulturowych w turystyce (Podlacha, 2003).

1. Ciołkosz A., 2000, *Technologiczne aspekty wykorzystania zdjęć satelitarnych w opracowaniach map obrazowych i tematycznych. Główne problemy współczesnej kartografii: złożoność, modelowanie, technologia*. Wrocław. 2. Drachal J., 1994, *Podniesienie rozdzielczości obrazu barwnego w wyniku syntezy z panchromatycznym obrazem czarno-białym o wyższej rozdzielczości. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*. Warszawa. 3. Linsenbarth A., 2003, *Europejska Infrastruktura Danych Przestrzennych w świetle finalnej wersji programu INSPIRE. Roczniki Geomatyki. T. 1, z. 1, Warszawa*. 4. Pawlak W., 1998: *Metodyczno-techniczne problemy map krajobrazowych. Koncepcja mapy - wybór tekstów*. Toruń. 5. Podlacha K., Rudnicki W., Wrochna A., 2003, *Tonalno-kreskowe mapy obrazowe opracowywane na potrzeby turystyki wiejskiej – podstawy metodyczne. Woda – Środowisko – Obszary wiejskie. T. 3, z. 1(7), IMUZ*. Warszawa. 6. Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. PPWK Warszawa-Wrocław. 7. Siwek J., 2000, *Polskie mapy środowiska przyrodniczego – spojrzenie kartografa. Kartografia Polska u progu XXI wieku. Materiały XXVII Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej*. Warszawa

T. Гусева, Л. Латынина

Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта, РАН

РЕШЕНИЕ НОВЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО GPS ДАНЫМ

© Гусева Т., Латынина Л., 2009

Последние достижения в области геодинамики связаны с развитием новых методов изучения длиннопериодических колебаний Земли и с созданием новой инструментальной техники. Проводится сравнение перспектив использования широкополосных сейсмических и GPS станций для регистрации сейсмических волн. Рассматриваются результаты изучения крупнейшего землетрясения на Суматре на базе новых геодезических и сейсмологических технологий

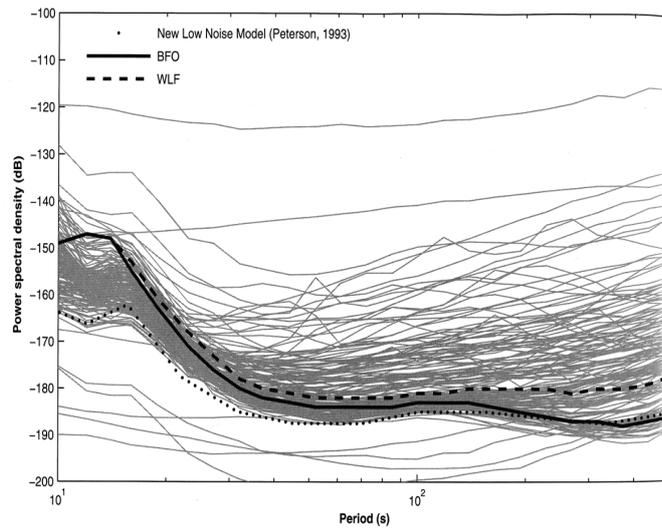
Last achievements in the field of the geodynamics are connected with the new methods and new instrumental techniques It is possible now to study long period fluctuations of the Earth crust. The comparison of the broadband seismic equipment and GPS stations nets for the seismic works are carried out. The results of study of the largest Sumatra earthquake on the basis of new geodetic and seismological technologies are considered.

Введение. Создание глобальной сети широкополосных сейсмических станций GSN и систем GPS открыло новые перспективы исследования геофизических явлений. Традиционной задачей GPS измерений является изучение медленных вековых процессов в форме современных движений земной коры и других их проявлений. Интенсивное развитие GPS технологий в комплексе с высокоточными измерениями в подземных геофизических обсерваториях обеспечило увеличение точности определения как тектонических, так и экзогенных явлений и характеристик движения на малых интервалах времени. Особую важность приобрели задачи о движениях земной поверхности техногенного происхождения в аспекте сохранения окружающей среды, ландшафтов и экологического мониторинга. Актуальными явились задачи изучения геодинамики сейсмически-активных зон на территории наших стран, исследования процессов деформации на стадии разрушения, механизма разрушения, косейсмических и постсейсмических деформаций.

Регистрация сейсмических волн. До недавнего времени регистрация колебаний с периодами минуты и мониторинг монотонных деформаций земной коры со скоростью, до 10^{-10} в час, не могли быть выполнены ни сейсмическими, ни геодезическими методами. Усовершенствование сейсмической аппаратуры, рост ее разрешения, модернизация в диапазоне длинных волн изменило ситуацию. Система IRIS, используемая в России, позволяет регистрировать сейсмические колебания с периодами до 5 минут. С помощью этой аппаратуры удалось выделить микросейсмические предвестники некоторых сильных землетрясений Тихоокеанской зоны. Эти предвестники имеют вид 5 - 40 минутных периодичностей в интенсивности микросейм и появляются за несколько суток до землетрясений (Г.А.Соболев и др. 2006). Глобальная сейсмическая сеть GSN оборудована сейсмографами с полосой пропускания до 10 минут. Для регистрации собственных колебаний Земли, возбуждаемых сильными землетрясениями, последние десятилетия успешно используются станции GPS, а сетью герцовых GPS станций получены хорошие записи сейсмических волн (Park J et al. 2005). Высококачественная запись землетрясения Denali на Аляске 3.11.2002г с $M=7.9$ получена сетью односторонних GPS станций на расстояниях от очага от 180 км до 3800 км. [Larson K.M.et al. 2003]. В работе (Т.В.Гусева и др. 2007) помещены рисунки из указанной работы, где приведены схемы расположения сейсмических и GPS станций. Смещения на расстоянии от очага до 4 тыс. км. достигают 7 см, а на расстоянии 2500 тыс.км. - 15 см. Четко и детально на расстояниях от сотен до 3 тысяч километров от очага записаны поверхностные волны. Их аномально большие амплитуды, видимо, связаны и с методом регистрации, и с особенностями очага.

Сравнение сейсмических и GSP записей. В общих чертах GPS и сейсмические записи одного и того же землетрясения совпадают, но первые менее зашумлены. Качество записи длиннопериодических волн деформационными инструментами выше, чем сейсмическими. Нередко амплитуды сейсмических волн по деформационным данным несколько больше, чем по сейсмическим. Все это можно объяснить более высоким уровнем помех при сейсмической записи. Сейсмические станции регистрируют скорости смещений. Смещения получаются интегрированием сигнала, искаженного помехами. Уровень помех отражают соотношения J.Peterson. На рисунке 1 дан сравнительный уровень помех на всех сейсмических станциях глобальной сети относительно уровня шума на самой малошумной станции. Он по существу совпадает с расчетными величинами..

В 10-минутном диапазоне спектральная плотность помех велика. Шум при регистрации 15 – минутной волны порядка сантиметра. Кроме того, имеют место ограничения, связанные с пределами динамического диапазона сейсмографов. В настоящее время отмечается широкое использование деформационных приборов - наклономеров, деформографов для записи длинных сейсмических волн (Л.А.Латынина и др., 2005). На рис. 2 дан пример записи поверхностных волн водотрубным наклономером на станции Люксембург.(Ferreira A.M.G. et al.2006) Как показывает запись землетрясения на разломе Denali и другие примеры, велики перспективы использования геодезических и деформационных методов при регистрации сильных землетрясений.. Вопрос о совершенствовании методов регистрации длиннопериодических колебаний широко обсуждается в связи с предполагаемой модернизацией глобальной широкополосной сейсмической сети GSN. Она устарела физически, т. к. работает более 20 лет, и морально, т.к. повысились требования к применяемой технике.

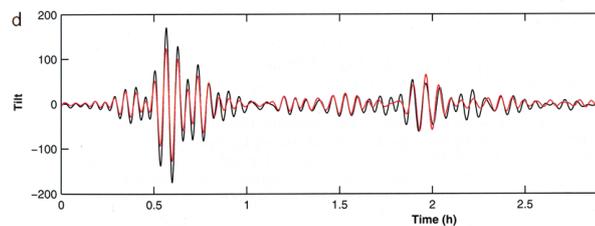


Теоретическая кривая шумов J.Peterson, Сейсмические станции сети GSN. Диапазон от 10 до 600 сек

Спектральная мощность шумов для серии сейсмических станций.

Рис.1

Новые геодинамические задачи. Задачи, решаемые по данным о длиннопериодических колебаниях Земли многообразны. В основном это вопросы о структуре и свойствах крупных литосферных образований. Изучение собственных колебаний Земли дало информацию о ее глобальных характеристиках, которые отражает основная мода колебаний с периодом 53 ми. Более высокие обертоны отражают резонансные свойства оболочек. Широкополосная инструментальная база – сейсмическая и геодезическая, позволила с большой детальностью изучить процесс разрушения в период землетрясения на Суматре, когда за 9 мин была взломана система тектонических разломов длиной 1200 – 1500 км (J.Pietrzak 2007). По данным сети сейсмических станций и данным систем GPS построен ряд моделей развития разрушения в период (9 мин) землетрясения. Совместный анализ всех имеющихся данных позволил выбрать наиболее вероятную модель распространения сдвига по разломам очаговой зоны. Сдвиговая подвижка 20 метровой длины (максимум) возникла на юге разлома, на о-ве Суматра, через 1 мин после этого такая же подвижка возникла на соседних островах в северной части разлома. Эти участки разлома генерировали волны цунами. При учете GPS данных магнитуда Суматринского землетрясения была увеличена на 0.2, что соответствует увеличению его энергии в 6 раз.



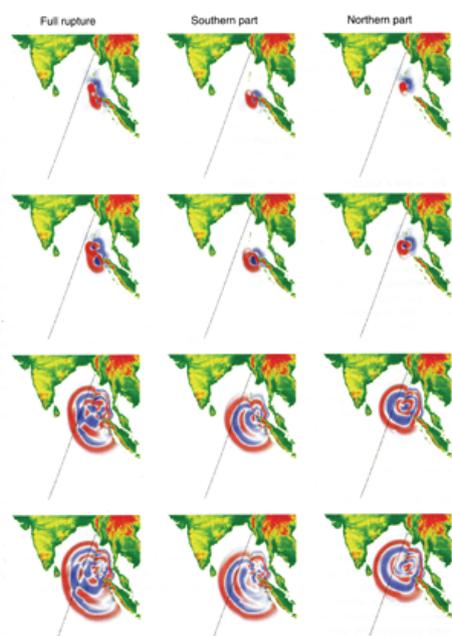
Запись Сум. землетрясения водотрубным наклономером в обсерватории Люксембурга. Черным наблюдаемый сигнал, красным - сумма теоретического угла наклона и смещения, вызванного горизонтальными инерционными силами.

Рис.2

Сети GPS станций могут играть важную роль в системах предупреждения цунами. Известно, что при сильнейших землетрясениях Тихоокеанского пояса большая доля человеческих потерь вызвана цунами. Такая ситуация имела место при землетрясении на Суматре. Надо вспомнить, что

цунами высотой до 30 м, сопровождающее Камчатское землетрясение 4.10.1952 с магнитудой 9.0, уничтожило в одночасье весь Тихоокеанский флот России Проблема предсказания цунами остается одной из важнейших в современной геодинамике

Цунамигенные землетрясения называются медленными. Длительность разрыва, в среднем, - 100 сек, большие периоды колебаний, малая скорость сдвига – их отличительные особенности. Одно из наиболее характерных цунамигенных землетрясений, Никарагуанское землетрясение 1992 г с магнитудой 7.6, с первой волной длительностью 500 сек, которую не маскируют короткие волны. Дефицит коротких волн - это тоже признак цунамигенного землетрясения. Детально исследован процесс образования цунами для Суматринского землетрясения. Длительность разрыва около 500 секунд. По данным альтиметра спутника Jason-1, пересекающем в эти минуты Индийский океан, а также по данным приливных береговых станций построены модели развития цунами Интерференция волн, распространяющихся от южного и северного частей разлома, привела к мощному цунами в Южной Индии и Шри Ланке. На рис.3 показаны стадии развития цунами.



Последовательные стадии образования цунами :от северного, южного и обоих разрывов на острове Суматра и на о-вах Никобар и Андаман

Рис.3

Результаты Смещения в окрестности разлома и на разломе продолжались после землетрясения в течение еще 1.5 – 2 месяцев. Исследованы все последовательные стадии развития разрывов и сдвигов. Важнейшим достижением проведенных исследований механизма землетрясения на Суматре и механизма образования цунами представляется следующий практически важный вывод. Первая стадия развития сейсмических процессов дает всю необходимую информацию для предсказания цунами. При соответствующем уровне автоматизации данных измерений и существования моделей строения и развития региона, цунами можно было предсказать. Оперативно действующая региональная GPS система является обязательным дополнением к традиционной сейсмической службе предсказания цунами. Таково заключение о возможности предсказания цунами и значительного снижения масштаба катастрофы.

1. Гусева Т.В., Латынина Л.А. GPS измерения косейсмических и постсейсмических деформаций сильных землетрясений.// Геодинамика, Львов, 2007, N 1(6), С.5-10. 2. Латынина Л.А, Милюков В.К, Васильев И.М., Миронов А.П. Максимальные смещения земной поверхности в районе Подмосковья при Суматранском землетрясении 26.12.200 4 г.//В сб..трудов Геофизика XXI столетия, 2007 г. 3. Соболев Г.А., Любушин А.А. Микросейсмические импульсы как предвестники землетрясений.// Физика Земли, 2006, N 9, С. 5- 17. 4. Ferreira A.M.G., d'Oreye N.F., Woodhouse J.H., Zurn W. Comparison of fluid tiltmeter data with long period seismograms. Surface waves and Earths free

oscillations. // J. Geophysical research. 2006. v. 111, N B11, B 11307, pp. 4-17. 5. Larson K.M., Bodin P., Gombert J. Using 1-Hz GPS data to measure Deformations caused by the Denali fault Earthquake. // Science 300, 30 V, 2003, pp 1421- 1424. 6. Park J., Song T., Kanamory H., Berger J., Braitenberg C. et al. Earth's free Oscillations excited by the 26 December 2004 Sumatra-Andaman Earthquake. // Science, 2005, v. 308, pp. 1139- 1144. 7. Pietrzak J., Socquet A., Ham D., Simons W., Vigny C., Labeur R. J., Schrama E., Stelling G., Vatvani D. Defining the source region of the Indian Ocean Tsunami from GPS, altimeters, tide gauges, and tsunami models. // ScienceDirect. 2007, Earth and Planetary Science Letter, 261, pp. 49-64.

УДК 528.33:551.24

М. Фис, В. Нікулішин
 Національний університет "Львівська політехніка"

ПРО ЄДИНИЙ АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧЕНЬ ГУСТИНИ, ПОТЕНЦІАЛУ ТА ЕНЕРГІЇ ОДНОВИМІРНОГО РОЗПОДІЛУ МАС ЕЛІПСОЇДАЛЬНОЇ ПЛАНЕТИ

© Фис М., Нікулішин В., 2009

Приведен алгоритм аппроксимации одномерных распределений масс планеты по полиномам Лежандра и на его основе поданы формулы определения потенциала и энергии для эллипсоидальной планеты, апробированные на конкретном примере.

The algorithm of 1D density distribution approximation by Legendre polynomials is presented. Based on this approximation the internal gravity potential and potential gravity energy of ellipsoid was estimated.

Постановка проблеми

Основою для досліджень внутрішньої будови планет τ є функція розподілу мас δ , яка визначає інтегральні характеристики (потенціал, прискорення сили ваги, гравітаційна енергія). На сучасному етапі створені одновимірні моделі розподілу мас $\delta(\rho)$, які достатньо добре описують структуру в середині тіла τ . Наприклад, для сферичної поверхні Землі побудовані моделі PREM[6], PREM[7], в яких густина подається поліномами за змінною ρ . Для інших небесних тіл існують гіпотетичні сферично-симетричні моделі мас, в яких враховано їхню практику побудови моделі Землі. Отже, є можливість за даним розподілом δ знайти потенціал U і гравітаційну енергію E .

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Обчислення значень внутрішнього потенціалу U і сили ваги g всередині планети дозволяє встановити їх особливості не тільки за глибиною, а і в довготно-широтних напрямках, наприклад, знаходити поверхні, так званих, максимальних значень g . Інтерпретація вимірених похідних функції U в середині планети (в глибоких шахтах або на океанічному дні) неможливе без урахування їх поведінки в тілі τ , а визначення гравітаційної (потенціальної) енергії навіть для модельних розподілів є інструментом для дослідження геодинамічних процесів, що дозволяє розглядати планету як цілісний динамічний об'єкт.

Аналіз останніх досліджень та публікацій присвячених вирішенню цієї проблеми

Побудові алгоритмів визначення потенціалу в середині еліпсоїдальної планети присвячено ряд робіт, зокрема в монографії [1] розроблено методика знаходження внутрішнього потенціалу і нормальної сили ваги еліпсоїдальних планет, яка враховує структуру Землі. В роботах [1, 3, 5] отримані формули, в яких потенціали U і E подано для одновимірних і трьохвимірних розподілів